

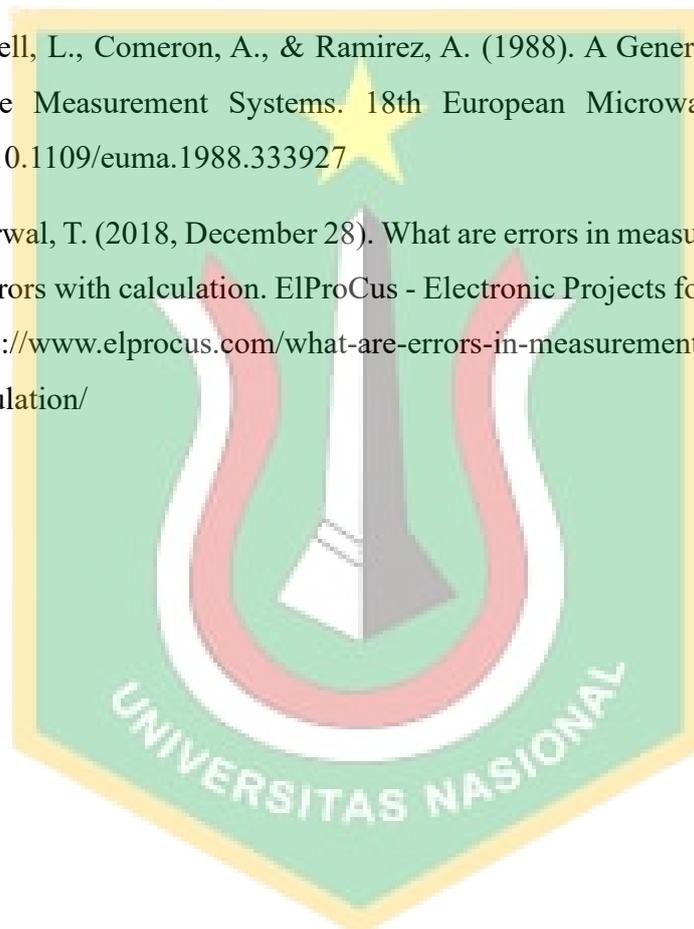
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schwab, K. (2019). Revolusi Industri Keempat. Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Gillis, A. S. (2020, February 11). What is IoT (Internet of things) and how does it work? IoT Agenda. <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>
- [3] Priambodo, A. S., & Nugroho, A. P. (2021). Design & implementation of solar powered automatic weather station based on ESP32 and GPRS module. *Journal of Physics: Conference Series*.
- [4] Kahimpong, R. L., Umboh, M., & Maluegha, B. (2017). Rancang Bangun Penggerak Alat Jemur Pakaian Otomatis Berbasis Arduino Uno ATmega328. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*.
- [5] Pathan, M. S., Wu, J., Lee, Y. H., Yan, J., & Dev, S. (2021). Analyzing the Impact of Meteorological Parameters on Rainfall Prediction. *arXiv: Atmospheric and Oceanic Physics*.
- [6] Calvin Adrianto, C., Calvinus, Y., & Mardjoko, P. B. (2020). Design of CO, CO₂, temperature, humidity, and weather monitoring system based on Internet of things (IoT) & Android. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- [7] Merriam-Webster. (n.d.). Weather. In Merriam-Webster.com dictionary. Retrieved March 20, 2022, from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/weather>
- [8] Korpella, Robert. (2022, March 29). Does Barometric Pressure Rise or Fall When It Rains?. *sciencing.com*. Retrieved from <https://sciencing.com/barometric-pressure-rise-fall-rains-23043.html>
- [9] Brown, E. (2016, September 20). 21 open source projects for IoT. *Linux.com*. <https://www.linux.com/NEWS/21-OPEN-SOURCE-PROJECTS-IOT/>
- [10] Esp32. (n.d.). <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- [11] Temperature humidity sensor HDC1080. (2020, March 26). *circuitrocks*. <https://circuit.rocks/temperature-humidity-sensor-hdc1000-grove.html>
- [12] Barometric pressure & altitude sensor BMP280 I2C or SPI. (2020, March 26). *circuitrocks*. <https://circuit.rocks/barometric-pressure-and-altitude-sensor-adafruit-bmp280-i2c-or-spi.html>
- [13] Tsao, Y., Tsai, Y. T., Kuo, Y., & Hwang, C. (2019). An implementation of IoT-based weather monitoring system. *2019 IEEE International Conferences on Ubiquitous*

Computing & Communications (IUCC) and Data Science and Computational Intelligence (DSCI) and Smart Computing, Networking and Services (SmartCNS).

- [14] Bajrami, X., & Murturi, I. (2018). An efficient approach to monitoring environmental conditions using a wireless sensor network and NodeMCU. *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*.
- [15] Santos, T. F., & Ferreira, V. H. (2020). Building a low-cost weather station. *IEEE Potentials*.
- [16] Pauzi, A. F., & Hasan, M. Z. (2020). Development of IoT based weather reporting system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- [17] Carlos-Mancilla, M. A., Luque-Vega, L. F., Guerrero-Osuna, H. A., Ornelas-Vargas, G., Aguilar-Molina, Y., & González-Jiménez, L. E. (2020). Educational mechatronics and Internet of things: A case study on dynamic systems using MEIoT weather station. *Sensors*.
- [18] Estévez, J., Gavilán, P., & Giráldez, J. (2011). Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations. *Journal of Hydrology*.
- [19] Guerrero-Osuna, H. A., Luque-Vega, L. F., Carlos-Mancilla, M. A., Ornelas-Vargas, G., Castañeda-Miranda, V. H., & Carrasco-Navarro, R. (2021). Implementation of a MEIoT weather station with exogenous disturbance input. *Sensors*.
- [20] Megantoro, P., Aldhama, S. A., Prihandana, G. S., & Vigneshwaran, P. (2021). IoT-based weather station with air quality measurement using ESP32 for environmental aerial condition study. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*.
- [21] Theisen, A., Ungar, M., Sheridan, B., & Illston, B. G. (2020). More science with less: Evaluation of a 3D-printed weather station. *Atmospheric Measurement Techniques*.
- [22] Tuross, L., Csernath, G., & Csenteri, B. (2018). Power management in IoT weather station. *2018 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE)*.
- [23] Kumari, N., Sakshi, Gosavi, S., & Nagre, S. S. (2020). Real-time cloud based weather monitoring system. *2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)*.
- [24] Parida, D., Behera, A., Naik, J. K., Pattanaik, S., & Nanda, R. S. (2019). Real-time environment monitoring system using ESP8266 and ThingSpeak on Internet of things platform. *2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS)*.

- [25] Kodali, R. K., & Gorantla, V. S. (2017). Weather tracking system using MQTT and SQLite. 2017 3rd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT).
- [26] Costa, H., Sprout, E., Teng, S., McDaniel, N., Hunt, J., Boudreau, D., Ramroop, T., Rutledge, K., & Hall, H. (n.d.). Altitude. Education | National Geographic Society. <https://education.nationalgeographic.org/resource/altitude/>
- [27] Pradell, L., Comeron, A., & Ramirez, A. (1988). A General Analysis of Errors in Noise Measurement Systems. 18th European Microwave Conference, 1988. doi:10.1109/euma.1988.333927
- [28] Agarwal, T. (2018, December 28). What are errors in measurement? Different types of errors with calculation. ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students. <https://www.elprocus.com/what-are-errors-in-measurement-types-of-errors-with-calculation/>



LAMPIRAN A

Data Pengukuran Parameter Cuaca - Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara Oleh Alat
23 Januari -29 Januari 2023

SENIN, 23 JANUARI 2023				
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
01.00.17	29.81	63.9004	995.7712	0
02.00.00	27.28	72.3691	995.3638	0
03.00.00	27.31	72.6309	994.7406	0
03.59.59	27.21	73.5059	994.9246	0
04.59.59	26.69	73.833	994.7053	0
05.59.54	26.34	73.5293	995.625	0
06.59.57	27.08	72.0908	996.6191	0
08.00.03	28.45	69.1895	997.2272	0
09.00.08	29.69	65.207	997.0801	0
10.00.08	28.77	73.0186	997.0954	0
11.00.20	32.15	58.1934	995.9713	0
12.00.23	32.36	56.957	994.9854	0
13.00.22	33.17	56.1367	994.2025	0
14.00.36	30.6	64.9805	993.301	0
15.00.51	33.86	52.667	992.4707	0
16.00.49	33.61	53.8945	992.1316	0
17.00.42	31.28	61.4922	992.7169	0
18.00.40	29.78	65.8447	993.3486	0
19.00.22	29.19	68.3936	994.6443	0
20.00.21	29	67.0918	995.36	0
21.00.20	28.91	68.5156	996.2619	0
22.00.11	29.57	65.9688	996.3527	0
23.00.26	29.91	66.42	996.289	4.191

SELASA, 24 JANUARI 2023				
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.00.32	30.48	64.479	995.938	4.191
01.00.28	27.82	73.888	995.44	4.191
02.00.35	27.57	74.998	995.134	4.191
03.00.44	27.48	75.711	995.045	4.191
05.01.04	26.39	77.529	995.13	4.191
06.01.06	26.21	77.73	995.727	4.191
07.01.06	26.66	77.481	996.049	4.191

08.01.16	28.46	73.533	996.354	4.191
09.01.26	29.81	65.152	996.333	4.191
10.01.33	30.96	62.008	996.219	4.191
11.01.34	31.36	61.242	995.636	4.191
12.01.38	31.9	59.899	995.004	4.191
13.01.44	32.84	57.398	994.074	4.191
14.02.06	36.46	45.441	993.402	4.191
15.02.10	37.36	43.788	992.843	4.191
16.02.04	33.36	52.082	992.855	4.191
17.02.07	33.54	51.947	993.099	4.191
18.01.53	30.41	61.625	994.209	4.191
19.01.49	29.53	63.303	995.369	4.191
20.01.49	29.16	65.296	995.945	4.191
21.02.01	30.81	59.768	996.143	4.191
22.02.02	30.62	61.285	996.039	4.191
23.02.03	30.02	63.383	995.902	4.191

RABU, 25 JANUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.02.04	29.79	62.962	995.475	4.191
01.02.05	29.53	63.303	995.298	4.191
02.02.03	29.2	65.243	995.003	4.191
03.02.03	28.52	68.952	995.001	4.191
04.02.01	26.5	77.593	995.224	4.191
05.02.00	25.73	80.146	995.441	4.191
06.02.02	25.74	81.068	995.917	4.191
07.02.05	25.98	82.735	996.736	4.191
08.02.08	26.03	83.059	997.327	4.191
09.02.07	26.39	81.045	997.53	4.191
10.02.13	27.76	70.154	997.596	4.191
11.02.25	28.75	66.759	997.398	4.191
12.02.20	28	73.635	996.917	4.191
13.02.24	27.36	76.123	996.356	4.191
14.02.18	25.86	80.111	996.484	4.191
15.02.14	25.02	82.094	995.699	4.026
16.02.25	26.43	80.588	995.243	4.191
17.02.23	26.17	80.446	994.973	4.191
18.02.24	25.88	81.271	995.717	4.191
19.02.27	25.66	82.746	996.212	4.191
20.02.27	25.7	79.289	996.591	4.191
21.02.43	28.03	67.69	996.534	4.191

22.02.44	27.75	66.706	996.586	4.191
23.02.46	27.18	71.344	996.766	4.191

KAMIS, 26 JANUARI 2023				
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.02.48	26.91	71.83	996.781	4.191
01.02.48	27.02	70.228	996.704	4.191
02.02.48	26.65	71.213	995.873	4.191
03.02.47	26.15	72.995	995.641	4.191
04.02.48	25.1	77.354	995.828	4.191
05.02.46	24.51	79.746	996.148	4.191
06.02.48	24.25	81.592	996.749	4.191
07.02.54	25.19	79.41	997.601	4.191
08.03.05	27.18	74.64	997.922	4.191
09.03.14	28.83	69.553	997.901	4.191
10.03.24	30.6	61.65	997.573	4.191
11.03.35	31.8	55.338	996.85	4.191
12.03.44	32.92	51.543	996.13	4.191
13.03.52	33.52	50.294	995.318	4.191
14.03.55	33.4	53.223	994.501	4.191
15.04.22	39.32	37.869	993.424	4.191
16.04.07	34.38	44.251	993.902	4.191
17.03.56	31.56	52.319	994.443	4.184
18.03.54	30.09	57.622	995.14	4.191
19.03.51	29.38	62.538	996.069	4.191
20.03.51	28.66	64.056	996.968	4.171
21.03.53	29.1	61.318	997.251	4.177
22.04.06	30.05	58.708	997.564	4.176

JUM'AT, 27 JANUARI 2023				
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.04.13	29.35	63.409	996.258	4.14
01.04.15	28.41	66.461	995.781	4.154
02.04.17	28.44	66.1	995.113	4.143
03.04.18	28.11	68.397	994.976	4.111
04.04.23	28.09	71.793	995.597	4.132
05.04.17	26.57	79.23	996.195	4.097
06.04.21	26.43	81.184	996.659	4.117
07.04.22	26.78	79.946	997.384	4.08
08.04.30	27.55	76.437	997.751	4.076

09.04.39	28.73	71.587	997.596	4.103
10.04.50	30.3	65.909	996.969	4.072
11.04.50	29.71	66.628	996.464	4.087
12.04.53	30.53	65.268	995.487	4.083
13.05.10	33.58	54.573	994.4	4.067
14.05.14	33.31	54.613	993.725	4.061
15.05.16	33.84	53.886	993.194	4.052
16.05.22	32.43	56.238	993.415	4.066
17.05.14	30.39	63.14	993.897	4.055
18.05.13	29.47	66.641	994.646	4.023
19.05.14	29.06	69.142	995.289	4.012
20.05.19	29.13	69.904	995.658	4.011
21.05.19	28.99	71.404	996.039	4.007
22.05.15	29.72	69.843	996.019	3.997
23.05.21	30.11	67.525	995.572	3.988

SABTU, 28 JANUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.05.32	29.87	69.688	995.468	3.984
01.05.33	29.53	71.124	994.864	4.001
02.05.35	29.06	72.1	994.477	4.007
03.05.37	28.59	72.096	994.074	3.963
04.05.37	28.15	73.929	993.897	3.962
05.05.31	27.28	77.423	993.803	3.944
06.05.31	26.72	78.686	994.833	3.944
07.05.38	27	78.851	995.908	3.933
08.05.38	25.75	82.821	996.822	3.946
10.05.49	25.89	84.793	997.042	3.934
11.05.56	26.52	83.697	996.712	3.931
12.05.59	26.75	83.54	995.963	3.9
13.06.08	27.56	78.761	994.828	3.923
14.06.11	27.76	77.938	994.2	3.915
15.06.16	28.58	75.952	993.499	3.913
16.06.19	28.7	72.771	993.21	3.908
17.06.21	27.95	76.224	994.048	3.878
18.06.17	27.25	79.515	994.685	3.865
19.06.18	26.63	82.701	995.292	3.881
20.06.20	27.5	80.519	995.913	3.85
21.06.21	26.66	83.22	996.568	3.874
22.06.25	26.9	81.454	996.499	3.775
23.06.29	26.77	79.652	996.088	3.837

MINGGU, 29 JANUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.06.30	26.5	79.592	995.285	3.843
01.06.50	26.36	79.206	994.691	3.848
02.06.58	26.17	77.97	994.238	3.831
03.07.05	26.17	78.636	994.323	3.846
04.07.08	26.11	79.852	994.608	3.839
05.07.09	26.03	81.413	995.227	3.818
06.07.08	26.01	81.538	995.908	3.832
07.07.12	26.42	81.365	996.533	3.827
08.07.18	27.31	79.678	997.257	3.826
09.07.23	28.03	77.539	997.458	3.823
10.07.23	28.55	74.878	997.238	3.799
11.07.29	29.88	66.109	997.054	3.798
12.07.33	31.39	61.021	996.258	3.818
13.07.42	32.4	57.212	995.69	3.798
14.07.47	33.13	54.735	994.856	3.813
15.07.51	33.11	56.894	994.276	3.808
16.07.48	31.67	59.44	994.242	3.783
17.07.59	31.07	60.172	995.224	3.782
18.07.51	29.18	67.01	995.913	3.772
19.07.44	28.48	71.349	996.718	3.769
20.07.47	28.37	73.919	997.63	3.762
21.07.53	28.06	75.502	997.914	3.757
22.07.52	27.75	76.87	997.77	3.773
23.07.53	27.68	77.491	997.472	3.769

LAMPIRAN B

Data Pengukuran Parameter Cuaca - Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara Oleh Alat
Ukur Manual
31 Januari - 5 Februari 2023

SELASA, 31 JANUARI 2023			
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:01	27.9	73.8	993
7:00	27.9	75.1	994.1
8:01	28.3	74.1	994.8
9:00	30.4	70.3	995
10:03	30.3	70.1	994.7
11:02	33.5	62.1	994
12:00	34.2	57.9	993.3
13:02	32	68.8	992.8
14:00	33.2	65.1	991.6
15:00	34.8	58	990.5
16:01	31.9	66.9	990.5
17:00	29.5	74.8	991.2
18:00	28.7	76.3	996

RABU, 1 FEBRUARI 2023			
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:00	25.2	87.5	993.2
7:01	24.8	90.5	993.2
8:00	25.4	88.8	994.8
9:00	27.2	83.5	995.1
10:03	31.5	70.7	994.9
11:00	30	74.6	993.9
12:08	32.2	67.1	992.6
13:00	30.4	73.9	992.3
14:01	31.5	68.5	991.6
15:00	28.3	80.5	991.1
16:00	29.8	74.1	995.1
17:00	29.6	76.5	991.2
18:00	27.3	82.9	996.1

KAMIS, 2 FEBRUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:00	24.7	91	993.9
7:00	25.8	86	993.7
8:00	28.2	78.6	993.7
9:00	27.2	86.6	994.8
10:00	28.1	85.3	994.4
11:00	26.7	93.6	994.5
12:00	29.3	83	993.8
13:03	29.9	77.4	993.1
14:00	34.4	62.4	993
15:04	33.7	62.6	990.7
16:01	32.6	64.7	990.4
17:00	34.7	60.6	997
18:00	29.3	74.2	994.8

JUM'AT, 3 FEBRUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:02	23.9	93.4	994.7
7:03	24.6	91.5	995
8:00	26.6	84.1	995.4
9:00	28.2	75.2	995.4
10:20	28.1	77.1	994.9
11:02	28.7	76	994.9
12:01	30.3	67.3	994.6
13:04	33	57	992.6
14:00	34.4	53.9	991.4
15:02	32	61.6	990.9
16:00	30.9	66.2	990.5
17:00	30	68.2	991
18:00	28.6	72	991.7

SABTU, 4 FEBRUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:00	25.3	82.7	992.3
7:01	26.6	77.4	993.2
8:01	27.9	70.6	993.7
9:01	29.5	65.8	993.7
10:01	30.3	69	993.6
11:00	31.8	65.7	992.9

12:16	33.9	57.6	991.7
13:00	35	54	990.8
14:00	33.5	57.7	990.5
15:00	33.8	58.6	990
16:00	32.2	63.5	990.1
17:01	30.7	68.3	990.6
18:00	29.3	67.9	991.6

MINGGU, 5 FEBRUARI 2023			
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:00	24.3	78.6	993
7:05	25.7	74.8	993.4
8:00	27.7	73.2	993.5
9:02	31.3	63.7	993.7
10:00	32.3	61	993.7
11:00	32.1	58.6	993.4
12:11	34.7	50.9	991.5
13:02	34.9	48.6	990.9
14:00	36.2	40.8	990.4
15:00	37.2	36.2	990
16:00	39.1	34.7	990
17:00	33.1	47.6	990.9
18:00	30.5	56.9	991.7





ID WMO : 96753
Nama Stasiun : Stasiun Klimatologi Jawa Barat
Lintang : -6.50000
Bujur : 106.75000
Elevasi : 207

Tanggal	Tavg	RH_avg
23-01-2023	26.1	84
24-01-2023	25.5	84
25-01-2023	23.9	93
26-01-2023	25.0	85
27-01-2023	26.2	86
28-01-2023	24.6	92
29-01-2023	25.6	89
30-01-2023	25.9	87
31-01-2023	25.8	90
01-02-2023	25.2	89
02-02-2023	25.9	88
03-02-2023	25.6	82
04-02-2023	27.1	74
05-02-2023	26.0	76

Keterangan :

8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

Tavg: Temperatur rata-rata (°C)

RH_avg: Kelembapan rata-rata (%)

TURNITIN_TA SAPRIZAL

by Saprizal Ibrahim



Submission date: 06-Mar-2023 03:18PM (UTC+0700)

Submission ID: 2030106279

File name: Laporan_Skripsi_Shaprizal_Ibrahim.pdf (4.53M)

Word count: 22513

Character count: 133410



UNIVERSITAS NASIONAL

**PROTOTYPE ALAT PEMANTAU CUACA PORTABEL BERBASIS IOT
MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER ESP32**

SKRIPSI

SHAPRIZAL IBRAHIM

227005436011

UNIVERSITAS NASIONAL

7
PROGRAM STUDI TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
JAKARTA
2023



NASIONAL UNIVERSITY

**IOT-BASED PORTABLE WEATHER MONITORING PROTOTYPE USING
ESP32 MICROCONTROLLER**

UNDERGRADUATE THESIS

SHAPRIZAL IBRAHIM

227005436011

UNIVERSITAS NASIONAL

**DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE & ENGINEERING
NASIONAL UNIVERSITY
JAKARTA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini disusun oleh:

Nama : Shaprizal Ibrahim

NIM : 227005436011

Program Studi : Teknik Fisika

Judul Tugas Akhir : **Prototipe Alat Pemantau Cuaca Portabel Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32**

Telah berhasil dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.

Dewan Penguji,

Pembimbing 1 : Erna Kusuma Wati, S.Pd.Si., M.Sc. (.....)

Pembimbing 2 : Prof. Sunartoto Gunadi, M.Eng. (.....)

Penguji 1 : Fitria Hidayanti, S.Si., M.Si. (.....)

Penguji 2 : Ir. Ajat Sudrajat, M.T., Ph.D. (.....)

Penguji 3 : Fitri Rahmah, S.T., M.T. (.....)

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Fisika



Erna Kusuma Wati, S.Pd.Si., M.Sc.
NIDN. 0322018901

Ditetapkan di : Universitas Nasional, Jakarta
Hari, Tanggal : *Senin, 6 Juni 2023*

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shaprizal Ibrahim

NIM : 227005436011

Program Studi : Teknik Fisika

Judul Skripsi :

Prototipe Alat Pemantau Cuaca Portabel Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan penulis sendiri, dan sepanjang pengetahuan penulis, tidak berisi materi yang dituliskan oleh orang lain sebagai persyaratan penyelesaian studi di Universitas Nasional atau perguruan tinggi lain, kecuali bagian-bagian tertentu penulis ambil sebagai acuan dengan mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah yang benar. Jika ternyata terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Bogor, 6 Maret 2023

Penulis,



Shaprizal Ibrahim
NIM. 227005436011

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai *civitas academica* Universitas Nasional, penulis yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shaprizal Ibrahim

NIM : 227005436011

Program Studi : Teknik Fisika

Fakultas : Teknik dan Sains

Demi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, penulis menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti non-Eksklusif dalam bentuk dokumen fisik dan soft file, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) kepada Universitas Nasional, atas karya ilmiah penulis yang berjudul:

**Prototipe Alat Pemantau Cuaca Portabel Berbasis IoT Menggunakan
Mikrokontroler ESP32**

Maka, setelah serah terima Hak Bebas Royalti non-Eksklusif ini, Universitas Nasional berhak menyimpan dan merawat, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data, serta mempublikasikan dokumen skripsi penulis, selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai penulis/pencipta dan pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat oleh penulis dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bogor, Indonesia
Pada tanggal : 6 Maret 2023

Pihak yang menyatakan,



Shaprizal Ibrahim
NIM. 227005436011

95
KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'aalamin. Segala puji bagi Allah, tuhan seru sekalian alam. Ia yang mengkaruniai manusia akal untuk berpikir, untuk dapat menggunakan kecerdasannya mengolah informasi tentang tanda-tandaNya yang Ia sebar di penjuru langit dan bumi untuk dapat membedakan mana kebenaran dan mana keburukan. Sesungguhnya segala ilmu pengetahuan berasal dariNya dan hanya Ia karuniai pada orang-orang yang Ia kehendaki. Sholawat dan salam semoga tercurahkan kepada suri tauladan kita, nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabatnya, dan seluruh pengikutnya. Umat manusia berhutang banyak kepada Muhammad SAW. Karena dari risalah yang ia bawa, kita dapat merasakan cahaya islam dan ilmu pengetahuan di seantero penjuru dunia. Dan kebangkitan ilmu pengetahuan modern pun berhutang banyak pada ilmuwan-ilmuwan islam di abad keemasannya.

Atas izin Allah, penulis dapat sampai di penghujung masa studi penulis di jenjang strata satu. Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul “Prototipe Alat Pemantau Cuaca Portabel Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32” ini penulis susun dalam rangka untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) dari program studi teknik fisika, fakultas teknik dan sains, universitas nasional. Dalam pengerjaannya, dan sepanjang masa studi penulis di program studi teknik fisika universitas nasional, penulis tak mungkin dapat melaluinya tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, bagian kata pengantar ini penulis dedikasikan untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut di antaranya:

1. Dr. Amry Bermawi Putera, M.A. selaku rektor universitas nasional.
2. Pak Jovi Azman, S.T., M.T., Ph.D. selaku dekan fakultas teknik dan sains.
3. Ibu Erna Kusuma Wati, S.Pd.Si., M.Sc. selaku ketua program studi teknik fisika sekaligus merupakan dosen pembimbing I penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Beliau banyak membantu penulis selama masa studi S1 penulis di program studi teknik fisika semenjak awal masuk hingga akhir masa studi.
4. Prof. Sunartoto Gunadi, M.Eng. selaku dosen pembimbing II. Banyak diskusi penuh makna yang beliau hadirkan baik di dalam ruang kuliah maupun di luar ruang kuliah. Pengalaman serta keilmuan beliau memberikan banyak pencerahan selama masa-masa kuliah penulis. Canda khas beliau juga merupakan memori yang berkesan selama penulis mengambil mata kuliah yang beliau ampu. Penulis mendoakan semoga beliau selalu diberikan kesehatan.
5. Ibu Fitria Hidayanti, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji I dan dosen pembimbing akademik penulis yang banyak memberikan bantuan dan dukungan selama masa studi penulis.

6. Ir. Ajat Sudrajat, M.T., Ph.D. selaku dosen penguji II. Keilmuan beliau memberikan banyak pencerahan kepada penulis terutama pada mata kuliah yang beliau ampu.
7. Ibu Fitri Rahmah, S.T., M.T. selaku dosen penguji III. Keilmuan beliau terutama pada bidang kontrol otomatis banyak menginspirasi penulis agar bisa menjadi ahli di bidang tersebut kelak.
8. Dosen-dosen Teknik Fisika Unas yang saya kagumi: Bapak Dr. V. Vekky Ronald Repi, S.T., M.T., Ibu Kiki Rezki Lestari, S.T., M.Sc., serta seluruh dosen di lingkungan fakultas teknik dan sains serta universitas nasional secara umum yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Sebagai penutup dari kata pengantar ini, penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini tak mungkin luput dari kesalahan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka untuk kritik dan saran terhadap karya tulis ilmiah ini untuk perbaikan dan pengembangan ke depannya. Kritik dan saran dapat disampaikan melalui email penulis yaitu shaprizalibrahim@gmail.com.

Penulis berharap karya tulis ilmiah ini dapat berkontribusi untuk kemajuan ilmu pengetahuan. Terima kasih.

Bogor, 6 Maret 2023

Penulis,



Shaprizal Ibrahim

HALAMAN PERSEMBAHAN

Untuk bidadari-bidadari hebat di belakangku serta para ayah yang juga tak lelah mendukungku:

- *Ibuku tercinta, ibu Yeni Wahyuni,*
- *Istriku satu-satunya yang amat kucintai, Priska Andini,*
- *Putri kecilku, Aisharana Khayra Ibrahim,*
- *Ibu mertuaku ibu Ezy Karuniati,*
- *Alm. Abdul Rachim Sholeh,*
- *Bapak Irmal Vilyang,*
- *Bapak Edi Purwanto.*

Skripsi ini kupersembahkan untuk kalian.

Juga untuk dua adik kecilku, Mia Priliani dan Ihsan Fadillah.

Satu fase di hidupku telah terlewati dan itu semua tidak mungkin tanpa doa dan dukungan kalian selama ini.

Jalan di depan masih panjang dan tentu akan jauh lebih aku butuhkan doa dan dukungan kalian.

Doakan langkahku ke depan karena prioritasku adalah kebahagiaan kalian.

Namun, pada akhirnya, kebahagiaan di dunia ini fana dan Allah-lah tempat kita kembali yang kekal. Maka dari itu semoga Allah kumpulkan kita semua kelak kembali pada kebahagiaan yang abadi, di surga-Nya. Aamiin.

Bogor, 27 Februari 2023,

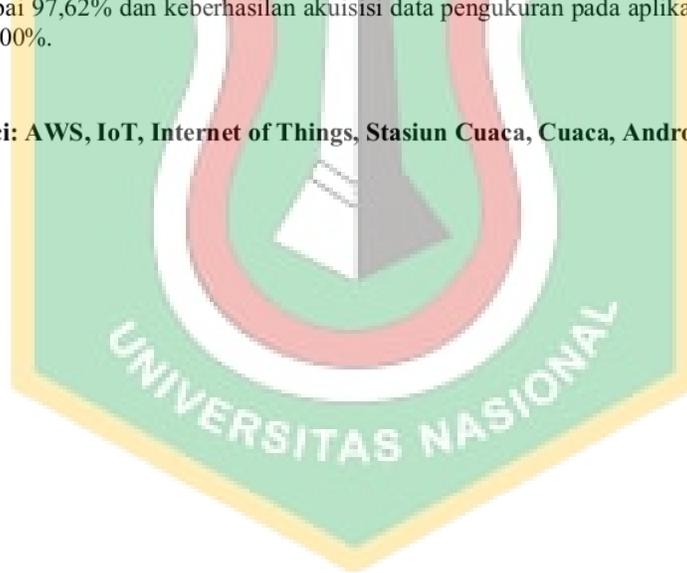
Dengan penuh syukur,

Shaprizal Ibrahim.

ABSTRAK

Automatic Weather Station yang umumnya digunakan merupakan alat yang terpasang pada suatu stasiun pemantauan cuaca yang dapat mengcover pemantauan data cuaca pada radius tertentu. Namun, pada daerah yang tidak tercover, kebutuhan pemantauan data cuaca menjadi tidak dapat terpenuhi atau tidak akurat. Perancangan *portable weather station* dapat menjadi jawaban untuk permasalahan tersebut. Permasalahan selanjutnya adalah bahwa data pengukuran cuaca AWS hanya dapat diakses pada area monitoring dan bisa diakses kapanpun atau dari manapun ketika dibutuhkan. Oleh karena itu, perlu perancangan sistem monitoring data AWS yang lebih baik lagi, salah satunya memanfaatkan jaringan internet. Teknologi IoT yang berbasis jaringan internet sangat kompatibel dengan kebutuhan tersebut di mana data pengukuran parameter cuaca dapat dikirimkan secara real time ke internet. Selanjutnya, data pengukuran tersebut dapat diakuisisi dan ditampilkan melalui aplikasi Android dari manapun dan kapanpun. Penelitian ini adalah untuk menjawab permasalahan pengukuran data cuaca menggunakan AWS seperti yang sudah disebutkan di atas dengan melakukan perancangan prototipe alat pemantau cuaca portabel berbasis IoT dengan menggunakan ESP32. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan pengiriman data cuaca menggunakan alat mencapai 97,62% dan keberhasilan akuisisi data pengukuran pada aplikasi Android mencapai 100%.

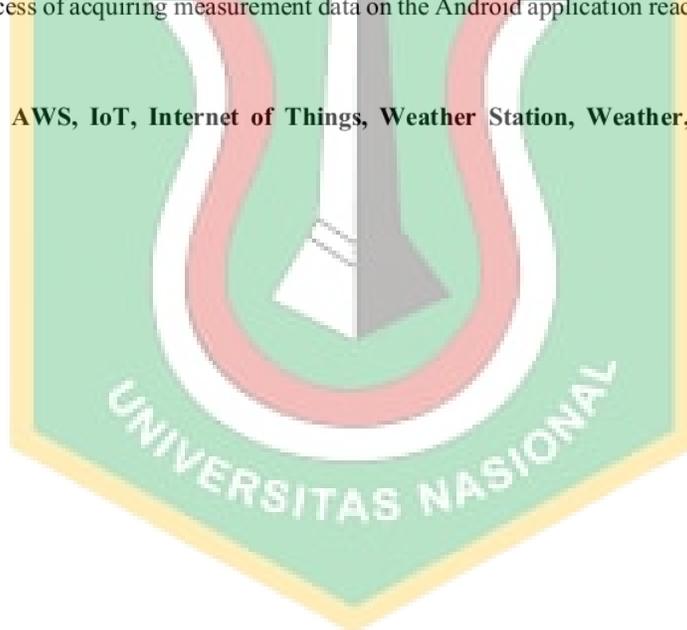
Kata Kunci: AWS, IoT, Internet of Things, Stasiun Cuaca, Cuaca, Android, ESP32



ABSTRACT

The Automatic Weather Station which is generally used is a tool attached to a weather monitoring station that can cover monitoring of weather data at a certain radius. However, in areas that are not covered, the need for monitoring weather data cannot be fulfilled or is inaccurate. The design of a portable weather station can be the answer to this problem. The next problem is that AWS weather measurement data can only be accessed in the monitoring area and cannot be accessed whenever or from anywhere when needed. Therefore, it is necessary to design an even better AWS data monitoring system, one of which is to utilize the internet network. Internet network-based IoT technology is very compatible with these needs where weather parameter measurement data can be sent in real time to the internet. Furthermore, these measurement data can be acquired and displayed through the Android application from anywhere and anytime. This research is to answer the problems of measuring weather data using AWS as mentioned above by designing a prototype of an IoT-based portable weather monitoring device using ESP32. The results showed that the success of sending weather data using a tool reached 97.62% and the success of acquiring measurement data on the Android application reached 100%.

Keywords: AWS, IoT, Internet of Things, Weather Station, Weather, Android, ESP32



10
DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Cover Page	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Pernyataan Orisinalitas	iv
Halaman Persetujuan Publikasi	v
Kata Pengantar	vi
Halaman Persembahan	viii
Abstrak	ix
Abstract	x
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xvii
Bab I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
Bab II Tinjauan Pustaka	6
2.1. Penelitian Sebelumnya	6
2.2. Cuaca	7
2.2.1. Parameter-Parameter Cuaca	8
2.2.2. Pengukuran Cuaca	9
2.3. Internet of Things (IoT)	9

2.4. ESP32	10
2.4.1. Spesifikasi ESP32	11
2.4.2. Pinout ESP32	14
2.4.3. Pemrograman ESP32	15
2.5. Sensor BME280	15
2.5.1. Spesifikasi Sensor BME280	16
2.5.2. Diagram Blok Sensor BME280	19
2.5.3. Alur Pengukuran Sensor BME280	20
2.5.3.a. Alur Pengukuran Kelembaban	21
2.5.3.b. Alur Pengukuran Tekanan	21
2.5.3.c. Alur Pengukuran Suhu	21
2.6. Firebase	22
2.6.1. Cara Kerja Firebase	22
2.6.2. Kapabilitas Kunci Firebase	23
2.7. MIT App Inventor	24
2.7.1. Alur Pengembangan Aplikasi MIT App Inventor	24
2.7.1.a. Desain Tampilan Aplikasi	25
2.7.1.b. Pemrograman Aplikasi	26
2.7.2. Penyimpanan dan Pemrosesan Data MIT App Inventor	26
2.8. Modul Charger TP4056	27
Bab III Metode Penelitian	28
3.1. Diagram Alir Penelitian	28
3.2. Studi Literatur	32
3.3. Penulisan Proposal Penelitian	32
3.4. Alat dan Bahan Penelitian	33
3.5. Diagram Blok Alat	35
3.6. Perancangan Elektronik Alat	35

3.5.1. Skematik Rangkaian Catu Daya	36
3.5.2. Skematik Rangkaian Sensor dan Mikrokontroller	38
3.7. Pemrograman Unit Alat	40
3.8. Pengujian Unit Alat	41
3.8.1. Pengujian Rangkaian Catu Daya	41
3.8.2. Pengujian Rangkaian Sensor dan Mikrokontroller	42
3.9. Penyolderan Rangkaian	43
3.10. Pemrograman Alat	44
3.11. Perancangan Alat	47
3.12. Pemasangan Alat	49
3.13. Pembuatan Aplikasi Android	50
3.14. Pengujian Sistem	53
3.15. Metode Pengukuran	54
3.15.1. Diagram Alir Pengukuran	54
3.15.2. Waktu Pengukuran	55
3.15.3. Lokasi Pengukuran	55
3.15.4. Pengukuran Dengan Alat Ukur Manual	55
3.16. Data Penelitian	56
3.16.1. Data Primer Penelitian	56
3.16.2. Data Sekunder Penelitian	57
3.17. Pengolahan Data Penelitian	58
3.17.1. Olah Data Rata-Rata Suhu Alat	58
3.17.2. Olah Data Rata-Rata Kelembaban Alat	58
3.17.3. Olah Data Rata-Rata Tekanan Alat	61
3.17.4. Olah Data Rata-Rata Suhu Alat Ukur Manual	61
3.17.5. Olah Data Rata-Rata Kelembaban Alat Ukur Manual	62
3.17.6. Olah Data Rata-Rata Tekanan Alat Ukur Manual	63

3.18. Pengujian Keberhasilan Pengiriman Data Alat	64
3.19. Pengujian Keberhasilan Akuisisi dan Display Data Pada Aplikasi Android..	65
3.20. Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data BMKG	66
3.21. Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data BMKG	67
3.22. Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data AUM	68
3.23. Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data AUM	70
3.24. Pengujian Akurasi Data Tekanan Alat Terhadap Data AUM	71
Bab IV Hasil dan Pembahasan	73
4.1. Hasil Pengujian Keberhasilan Pengiriman Data Alat	73
4.2. Hasil Pengujian Keberhasilan Akuisisi dan Display Data Pada Aplikasi	74
4.3. Hasil Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data BMKG	75
4.4. Hasil Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data BMKG	76
4.5. Hasil Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data AUM	77
4.6. Hasil Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data AUM.....	78
4.7. Hasil Pengujian Akurasi Data Tekanan Alat Terhadap Data AUM	79
4.8. Analisa Error Pengukuran Alat Terhadap Data BKMKG	81
Bab V Penutup	83
5.1. Kesimpulan	83
5.2. Saran	84
Daftar Pustaka	85
LAMPIRAN	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2. Parameter-Parameter Cuaca	7
Gambar 2.3. Peranan Internet of Things dalam Berbagai Bidang	10
Gambar 2.4. Mikrokontroler ESP32	11
⁴⁷ Gambar 2.4.1. Diagram Blok ESP32	13
Gambar 2.4.2. Pinout ESP32	14
Gambar 2.5. Modul Sensor BME280	16
Gambar 2.5.2. Diagram Blok Sensor BME280	19
Gambar 2.5.3. Alur Pengukuran Sensor BME280	20
Gambar 2.6. Ilustrasi Alur Layanan Firebase	22
⁵ Gambar 2.7. Logo MIT App Inventor	24
Gambar 2.7.1.a. Tampilan Antarmuka Desain Aplikasi MIT App Inventor	25
Gambar 2.7.1.b. Tampilan Antarmuka Program Aplikasi MIT App Inventor	26
Gambar 2.8. Modul Charger TP4056	⁸¹ 27
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.5. Diagram Blok Alat	35
Gambar 3.6.1.a. Diagram Rangkaian Catu Daya	36
Gambar 3.6.1.b. Skematik Rangkaian Catu Daya dari Baterai ke ESP32	38
Gambar 3.6.2.a. Skematik Rangkaian Sensor BME280 dan ESP32	39
Gambar 3.6.2.b. Skematik Rangkaian Pembacaan Voltase Baterai	40
Gambar 3.8.1.a. Pengujian Rangkaian Catu Daya Sebelum Masuk Rangkaian	41
Gambar 3.8.1.b. Pengujian Rangkaian Catu Daya Setelah Masuk Rangkaian	41
Gambar 3.8.2.a. Pengujian Rangkaian Sensor BME280 dan ESP32	42
Gambar 3.8.2.b. Output Pengujian Rangkaian Sensor BME280 dan ESP32	42
Gambar 3.9.1. Hasil Penyolderan Rangkaian Bagian Belakang	43

Gambar 3.9.2. Hasil Penyolderan Rangkaian Bagian Depan	6 43
Gambar 3.10. Diagram Alir Pemrograman Alat	44
Gambar 3.11.1. Rancangan Enclosure Alat	48
Gambar 3.11.2. Rancangan Stand Alat	48
Gambar 3.12.1. Proses Pemasangan Rangkaian Elektronik Pada Enclosure	49
Gambar 3.12.2. Rangkaian Elektronik Yang Sudah Terpasang Pada Enclosure	49
Gambar 3.12.3. Panel Surya Yang Terpasang Pada Bagian Atas Enclosure	50
Gambar 3.12.4. Enclosure Yang Terpasang Pada Stand	50
Gambar 3.13.1. Diagram Alir Pembuatan Aplikasi Android	50
Gambar 3.13.2. Tampilan Layar “HOME” Android	51
Gambar 3.13.3. Tampilan Layar “PEMANTAUAN CUACA” Android	51
Gambar 3.13.4. Program Aplikasi Android	52
14 Gambar 3.14. Diagram Alir Pengujian Sistem	53
Gambar 3.15.1. Diagram Alir Pengukuran	54
Gambar 3.15.4.a. Pengukuran Suhu dan Kelembaban Udara dengan AUM	56
Gambar 3.15.4.b. Pengukuran Tekanan Udara dengan AUM	56



DAFTAR TABEL

Tabel 2.5.1.a. Spesifikasi Parameter Kelistrikan BME280	14
Tabel 2.5.1.b. Spesifikasi Parameter Kelembaban	16
Tabel 2.5.1.c. Spesifikasi Parameter Tekanan.....	17
Tabel 2.5.1.d. Spesifikasi Parameter Suhu	18
Tabel 2.6.2. Kapabilitas Kunci Firebase.....	23
Tabel 3.4. Alat dan Bahan Penelitian.....	33
Tabel 3.16.2. Data Sekunder Penelitian	57
Tabel 3.17.1.a. Olah Data Rata-Rata Suhu Alat Periode I	58
Tabel 3.17.1.b. Olah Data Rata-Rata Suhu Alat Periode II	59
Tabel 3.17.2.a. Olah Data Rata-Rata Kelembaban Alat Periode I	59
Tabel 3.17.2.b. Olah Data Rata-Rata Kelembaban Alat Periode II	60
Tabel 3.17.3. Olah Data Rata-Rata Tekanan Alat	61
Tabel 3.17.4. Olah Data Rata-Rata Suhu AUM	62
Tabel 3.17.5. Olah Data Rata-Rata Kelembaban AUM	62
Tabel 3.17.6. Olah Data Rata-Rata Tekanan AUM	63
Tabel 3.18. Persentase Keberhasilan Pengiriman Data Pengukuran Alat	64
Tabel 3.19. Persentase Keberhasilan Akuisisi dan Display Data Pada Aplikasi.....	65
Tabel 3.20. Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data BMKG	67
Tabel 3.21. Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data BMKG	68
Tabel 3.22. Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data AUM.....	69
Tabel 3.23. Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data AUM.....	70
Tabel 3.24. Pengujian Akurasi Data Tekanan Alat Terhadap Data AUM	72

BAB I**PENDAHULUAN****1.1. Latar Belakang**

Automatic Weather Station (AWS) atau yang dalam bahasa Indonesia disebut sebagai stasiun cuaca otomatis merupakan suatu alat pemantau cuaca yang dapat digunakan menggantikan stasiun pemantauan cuaca konvensional di mana pengamatan parameter cuaca tidak lagi dilakukan secara manual oleh seseorang, melainkan secara otomatis melalui sebuah sistem elektronik yang terintegrasi. Di dalam sebuah AWS terdapat beberapa komponen untuk melakukan pemantauan parameter cuaca di antaranya sensor-sensor parameter cuaca, *data-logger*, sistem suplai daya, *enclosure*, dan lain-lain.

Pengamatan parameter cuaca yang dilakukan menggunakan AWS biasanya bertumpu pada sebuah sistem elektronik yang terintegrasi berbasis sensor-sensor digital. Sensor-sensor digital ini berperan menggantikan teknik pengukuran parameter cuaca secara konvensional. Oleh karena itu, umumnya sebuah AWS berbentuk sangat kompak dan berpusat pada suatu *enclosure* yang relatif jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan stasiun cuaca konvensional. Selain itu, umumnya sebuah AWS juga mendukung sistem catu daya yang terhubung ke jaringan listrik di mana sistem daya ini berfungsi untuk memasok energi listrik yang diperlukan agar komponen-komponen di dalam AWS dapat berfungsi.

Automatic Weather Station yang umumnya digunakan biasanya merupakan alat yang terpasang pada suatu tempat yang stasioner. Stasiun cuaca semacam ini dapat memenuhi kebutuhan data pemantauan cuaca dalam radius tertentu. Namun, pada kondisi-kondisi tertentu di mana dibutuhkan pemantauan cuaca di daerah yang tidak tercover oleh AWS stasioner, maka dibutuhkan alternatif solusi pemantauan data cuaca yang dapat menjawab permasalahan tersebut. Dalam hal ini, *portable weather station* bisa menjadi jawabannya.

Portable weather station sejatinya merupakan AWS yang dirancang sedemikian rupa sehingga sistem pemantauan cuaca dapat terpasang pada sebuah *stand* yang portabel serta memiliki sistem catu daya mandiri. Sehingga, keseluruhan sistem pemantau cuaca tersebut dapat dibawa ke mana saja sesuai kebutuhan. Dapat dilihat bahwa penekanan pada pembuatan *portable weather station* berada pada rancangannya yang portabel serta kemampuannya untuk memiliki sistem catu daya mandiri. Sistem catu daya mandiri ini digunakan untuk menentagai keseluruhan sistem pengukuran parameter cuaca maupun sistem *monitoring* dan log data yang terdapat di dalamnya.

Umumnya, sistem monitoring data cuaca yang ada pada AWS merupakan sistem *display* digital biasa, di mana data pemantauan cuaca tidak dapat diakses selain hanya pada area *monitoring*. Melihat hal tersebut, penulis melihat sebuah peluang untuk dapat mengimplementasikan arsitektur *Internet of Things* untuk dapat mengirimkan data pemantauan cuaca melalui jaringan internet. Dengan ini, nantinya data pemantauan cuaca pada suatu stasiun cuaca dapat diakses dari belahan dunia mana pun selama terkoneksi ke internet. Hal ini tentu akan sangat mempermudah kebutuhan pengaksesan data cuaca dari suatu stasiun cuaca dibandingkan dengan sistem sebelumnya.

Hal lain yang dapat dijadikan pertimbangan ketika mendesain sistem pemantauan data cuaca dengan memanfaatkan arsitektur IoT serta selaras dengan prinsip mempermudah kebutuhan pengaksesan data cuaca dari suatu AWS adalah untuk mendesain sebuah aplikasi ponsel pintar yang dapat mengakuisisi serta menampilkan data hasil pemantauan cuaca yang dilakukan oleh suatu AWS. Mengingat, dewasa ini kepemilikan terhadap ponsel pintar yang dapat terkoneksi ke jaringan internet cepat sudah sangat lumrah di masyarakat. Sehingga, pembuatan aplikasi ponsel pintar yang dapat mengakuisisi data pemantauan cuaca dapat menjawab kebutuhan pemantauan data cuaca dari manapun dan kapanpun melalui jaringan internet.

Dari kesemua uraian tersebut, dapat penulis sampaikan bahwa ide besar dari penelitian ini adalah untuk mencoba menjawab beberapa permasalahan terkait kebutuhan pemantauan data cuaca, yaitu bagaimana mendesain suatu *portable weather station* yang dapat dibawa kemanapun untuk dapat melakukan pengukuran parameter cuaca di tempat yang tidak terjangkau oleh AWS. Selanjutnya, bagaimana memanfaatkan arsitektur IoT

untuk dapat mengirimkan data pemantauan parameter cuaca melalui internet sehingga data tersebut dapat diakses kapanpun dan dari manapun di belahan dunia. Serta yang terakhir, adalah bagaimana merancang serta membuat sebuah aplikasi ponsel pintar yang dapat digunakan untuk mengakuisisi dan menampilkan data hasil pemantauan parameter cuaca dari alat yang akan dibuat.

72

1.2. Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang coba penulis jawab melalui penelitian ini diantaranya:

1. *Automatic Weather station* yang umum digunakan biasanya merupakan alat yang terpasang pada suatu tempat dan tidak portabel. Pembuatan *portable weather station* bisa menjawab banyak permasalahan terkait kebutuhan pemantauan data cuaca di tempat yang tidak ter-cover AWS.
2. Data pemantauan cuaca yang dilakukan oleh AWS umumnya tidak dapat diakses dari tempat lain selain pada area *monitoring*. Arsitektur IoT dapat diterapkan untuk membuat data pemantauan cuaca AWS bisa diakses dari manapun melalui jaringan internet.
3. Sistem *monitoring* data cuaca pada AWS umumnya masih merupakan sistem *display* yang tidak mendukung portabilitas. Pembuatan aplikasi ponsel pintar yang dapat mengakuisisi data pemantauan cuaca dapat menjawab kebutuhan pemantauan data cuaca dari manapun dan kapanpun melalui jaringan internet.

79

1.3. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tidak semua parameter pengukuran cuaca penulis masukkan dalam rancangan. Namun, hanya parameter pengukuran cuaca yang esensial yang penulis masukkan seperti suhu udara, kelembaban udara, serta tekanan udara.
2. Mikrokontroller yang digunakan adalah ESP32 yang mempunyai kapabilitas untuk terkoneksi ke internet melalui jaringan *WiFi*. Sehingga, hasil akhir alat ini tidak bisa digunakan untuk daerah yang tidak terjangkau konektivitas *WiFi*.

3. Meskipun mengedepankan aspek portabilitas yang berarti bahwa hasil akhir alat akan mudah untuk dibawa dan dipindahkan, namun untuk pengaplikasian di lapangan tetap memerlukan penyesuaian instalasi karena alat yang dibuat masih berupa prototipe.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan dan pembatasan masalah yang ada, dapat dijabarkan beberapa tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Membuat prototipe alat pemantau cuaca portabel yang dapat dengan mudah dipindahkan serta dapat mengirimkan data pemantauannya melalui jaringan internet.
2. Membuat aplikasi ponsel pintar *Android* yang dapat digunakan untuk mengakuisisi serta menampilkan data hasil pemantauan parameter cuaca alat melalui jaringan internet.
3. Melakukan pengukuran parameter cuaca yaitu suhu udara, kelembaban udara, dan tekanan udara dengan alat yang dibuat serta menganalisa hasil pengukurannya untuk dapat mengetahui akurasi pengukuran parameter cuaca dari alat yang telah dibuat.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal skripsi ini terdiri dari tiga bab utama, yaitu pendahuluan, tinjauan pustaka, serta metode penelitian:

BAB I – PENDAHULUAN

Bab ini berisikan mengenai latar belakang penelitian, rumusan permasalahan yang coba dijawab, batasan masalah penelitian, tujuan penelitian yang hendak dicapai, serta sistematika penulisan proposal skripsi.

BAB II – TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan kajian literatur dari berbagai sumber yang berisikan informasi dan teori dari besaran fisis yang akan diukur, prinsip kerja dari komponen yang digunakan, serta hal-hal lain yang digunakan dalam melakukan penelitian.

⁷⁵
BAB III – METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan penelitian ini, dimulai dari pengumpulan referensi sebagai tinjauan Pustaka, perancangan, pengujian alat, hingga pengukuran, termasuk di dalamnya alur penelitian dari awal hingga selesai.

⁹²
BAB IV – HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data hasil pengukuran, pengolahan, serta pembahasannya. Pada bab ini dapat diketahui berdasarkan data apakah prototipe alat yang dibuat sudah bekerja sesuai performa yang diharapkan atau tidak.

BAB V – KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan hasil penelitian, apakah tujuan penelitian dapat terjawab atau tidak. Selain itu, bab ini juga bersikan saran yang ditujukan bagi siapa pun yang ingin mengembangkan penelitian yang dilakukan oleh penulis.



BAB II**TINJAUAN PUSTAKA****2.1. Penelitian Sebelumnya**

Penelitian sebelumnya berfungsi sebagai acuan pengembangan dan sumber kerangka penelitian yang dilakukan oleh penulis. Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya yang dijadikan rujukan, penulis dapat menarik latar belakang penelitian serta rumusan masalah yang coba dijawab melalui penelitian ini. Dengan pertimbangan utama bahwa apa yang hendak penulis teliti secara spesifik belum dilakukan oleh peneliti lain sebelumnya atau penelitian ini merupakan pengembangan dari apa yang peneliti lain sudah pernah coba jawab namun dengan keunikan dan metode yang berbeda. Sehingga, harapannya hasil dari penelitian ini adalah hal yang berbeda dari penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Adapun beberapa penelitian sebelumnya yang penulis jadikan rujukan dan penulis sertakan pada daftar pustaka yang bersumber dari artikel ilmiah beberapa jurnal internasional diantaranya:

1. Penelitian dengan judul, “*Design & Implementation of Solar Powered Automatic Weather Station based on ESP32 and GPRS Module*”, diteliti oleh A. S. Priambodo dan A. P. Nugroho yang berasal dari Indonesia. Diambil dari “*Journal of Physics: Conference Series*” yang dipublikasikan pada tahun 2021. Pada penelitian ini dijelaskan bagaimana membangun *automatic weather station* dengan tujuh parameter pengukuran cuaca pada daerah yang jauh dari sumber listrik dan internet untuk pengaplikasian pada bidang agrikultur [3].
2. Penelitian dengan judul, “*Analyzing the Impact of Meteorological Parameters on Rainfall Prediction*”, diteliti oleh Muhammad Salman Pathan, Jiantao Wu, dan Soumyabrata Dev yang berasal dari *University College Dublin*, Irlandia, serta Yee Hui Lee yang berasal dari *Nanyang Technological University*, Singapura, dan Jianzhou Yan yang berasal dari *Beijing University of Technology*, China. Diambil dari “*arXiv*” yang dipublikasikan pada tahun 2021. Penelitian ini menganalisa lima tahun data meteorologi dari salah satu stasiun

cuaca yang ada di Amerika Serikat. Hal tersebut bertujuan untuk mencari korelasi antara parameter-parameter cuaca yang tercatat selama lima tahun dengan turunnya hujan [5].

- Penelitian berjudul, “*Design of CO, CO₂, Temperature, Humidity, And Weather Monitoring System based on Internet of Things (IoT) & Android*”, diteliti oleh Christopher Calvin Adrianto, Yohanes Calvinus, dan Pono Budi Mardjoko yang berasal dari Indonesia. Diambil dari “*IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*” yang dipublikasikan pada tahun 2020. Penelitian ini menjelaskan bagaimana merancang sistem monitoring cuaca dan kualitas udara berbasis IoT dan aplikasi *Android* [6].

2.2. Cuaca

Menurut kamus Merriam-Webster, cuaca didefinisikan sebagai keadaan atmosfer bumi yang berhubungan dengan panas atau dingin, basah atau kering, tenang atau badai, cerah atau mendung [7]. Dari definisi tersebut, secara tidak langsung dapat kita lihat beberapa parameter-parameter besaran fisis yang terdapat pada cuaca, seperti suhu udara yang terkait dengan panas atau dingin, kelembaban udara yang terkait dengan basah atau kering, kecepatan angin yang terkait dengan tenang atau badai, dan cerah atau mendung yang terkait dengan intensitas sinar matahari yang menyinari bumi.



Gambar 2.2. Parameter-parameter cuaca

Cuaca sejak zaman manusia purba sudah menjadi penentu aktivitas manusia. Di mana cuaca menentukan kapan harus keluar untuk berburu dan kapan harus mencari tempat berlindung. Lalu 7ctual zaman berganti ke era bercocok tanam, cuaca tetap menjadi penentu aktivitas manusia. Namun kali ini, cuaca diperhitungkan dalam jangka waktu yang relatif lebih lama, yang biasa disebut sebagai iklim. Iklim ini menjadi penentu

jenis tumbuhan apa yang cocok untuk ditanam, bagaimana cara menanamnya, serta bagaimana merawatnya hingga panen. Hingga zaman modern, cuaca tetap menjadi penentu berbagai aktivitas manusia, dari mulai kegiatan rumah tangga seperti menjemur pakaian, hingga keselamatan transportasi penerbangan. Karena cuaca merupakan hal yang vital bagi berbagai aktivitas manusia, maka sepanjang sejarah peradaban, manusia sudah melakukan berbagai macam upaya untuk dapat mengendalikan fenomena tersebut, mulai dari pemantauan parameter cuaca serta prediksinya, hingga rekayasa cuaca untuk suatu kepentingan tertentu.

Selain itu, pada banyak daerah di bumi, cuaca juga menjadi penentu keberlangsungan hidup yang ada di sana. Karena cuaca kering berkepanjangan, atau yang biasa disebut musim kemarau, maka sumber-sumber mata air sebagai penopang utama kehidupan akan sulit didapatkan.

2.2.1. Parameter-Parameter Cuaca

Di antara parameter-parameter cuaca yang dalam kehidupan sehari-hari dapat diamati, rasakan, dan diukur adalah suhu udara, kelembaban udara, tekanan udara, serta kecepatan angin. Perbedaan cuaca dari suatu tempat dengan tempat lainnya di bumi terjadi terdapat perbedaan parameter-parameter tersebut satu dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan karena perbedaan sudut datangnya sinar matahari pada permukaan bumi di suatu tempat. Selain itu, perbedaan cuaca, atau iklim secara lebih umum, disebabkan juga karena letak geografis suatu tempat di permukaan bumi. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing parameter cuaca yang dapat kita ukur.

Suhu udara : Suhu udara merupakan derajat panas atau dinginnya udara. Udara yang panas mengindikasikan suhu yang tinggi. Begitu pun sebaliknya, udara yang dingin mengindikasikan suhu yang rendah.

Kelembaban udara: Kelembaban udara adalah persentase intensitas air yang terkandung di dalam udara. Seringkali kelembaban udara juga disebut sebagai presentase uap air yang ada di dalam udara. Udara yang terasa basah mengindikasikan kelembaban yang tinggi. Begitu pun

sebaliknya, udara yang kering mengindikasikan kelembaban yang rendah.

Tekanan udara : Tekanan udara atau disebut juga sebagai *atmospheric pressure* atau *barometric pressure* adalah tekanan yang disebabkan oleh massa udara pada permukaan apapun yang disentuhnya. ⁵ Semakin tinggi suatu benda dari permukaan air laut maka semakin rendah tekanan udara yang menyimpannya. Dalam konteks cuaca, tekanan udara yang rendah mengimplikasikan area yang berawan, berangin, dan hujan. Sedangkan, tekanan udara yang tinggi mengimplikasikan udara yang normal dan tenang [8].

2.2.2. Pengukuran Cuaca

Pengukuran cuaca adalah proses mengamati, menghitung, serta mencatat setiap perubahan fisis yang terjadi pada tiap-tiap parameter cuaca yang diamati dengan menggunakan alat. Tiap parameter cuaca memiliki metode ukur serta alat ukur yang berbeda pula. Hal ini disebabkan oleh perbedaan fenomena fisis dari parameter cuaca yang diamati. Pada penelitian ini tidak dibahas mengenai metode ukur serta alat ukur konvensional dalam memantau parameter-parameter cuaca yang ada, melainkan menggunakan sensor-sensor digital yang dapat dihubungkan ke mikrokontroler untuk kebutuhan pengendalian dan transmisi data. Pembahasan mengenai sensor-sensor yang digunakan dalam penelitian ini akan dibahas kemudian.

2.3. ⁸² Internet of Things (IoT)

Internet of Things atau yang biasa disingkat sebagai IoT adalah sebuah sistem yang menghubungkan alat pemrosesan ³² aktual, mesin-mesin mekanis dan digital, benda-benda, hewan, dan manusia yang masing-masingnya memiliki identifikasi unik (*unique identifiers*), yang mana kesemuanya memiliki kemampuan untuk mengirim data melalui sebuah jaringan tanpa memerlukan campur tangan manusia [9].

Sebuah “*thing*” di dalam ³² *Internet of Things* bisa merupakan sebuah lampu LED pada suatu ruangan di dalam sebuah rumah, atau sebuah alat monitor kondisi aktual tubuh yang terpasang pada seorang pasien, atau bisa merupakan sebuah mesin produksi

di dalam sebuah pabrik yang perlu secara aktif dimonitor baik untuk kebutuhan perawatan, pengukuran performa, dan lain sebagainya. Sebuah “thing” di dalam *Internet of Thing* bisa juga merupakan sebuah mobil otomatis yang sedang berjalan tanpa pengemudi di jalan raya. Segala sesuatu bisa menjadi bagian dalam arsitektur *Internet of Things* selama sesuatu itu bisa terhubung ke jaringan internet. Oleh karena kapabilitas ini, penerapan IoT sangatlah luas pada berbagai bidang, mulai dari 10ctual10r, medis, agrikultur, energi, distribusi, dan lain-lain.



Gambar 2.3. Peranan Internet of Things dalam berbagai bidang

2.4. ESP32

ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler 32bit yang ada di pasaran yang biasa digunakan untuk membuat proyek berbasis *Internet of Things*. Mikrokontroler ini merupakan suksesor dari generasi sebelumnya, yaitu ESP8266. Dibuat oleh pabrik chip asal China, Espressif Systems. ESP32 menawarkan kemudahan untuk membuat berbagai macam proyek IoT karena didukung oleh konektivitas *WiFi* dan *Bluetooth dual-mode* secara langsung pada sistemnya (*system on a chip*) [10].

Inti dari mikrokontroler ESP32 adalah mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6 baik versi *single-core* maupun *dual-core* yang memiliki *clock-rate* sampai 240 MHz. ESP32 sangat terintegrasi dengan sakelar 10ctual10 *built-in*, *RF balun*, *power amplifier*,

amplifier penerima derau rendah, filter, dan modul manajemen daya. ESP32 dapat mencapai konsumsi daya ultra rendah melalui fitur hemat daya.



Gambar 2.4. Mikrokontroler ESP32

2.4.1. Spesifikasi ESP32

Berikut adalah spesifikasi lengkap dari sebuah mikrokontroler ESP32.

Prosesor:

- **Prosesor utama:** Tensilica Xtensa 32-bit LX6 microprocessor
 - Cores: 2 atau 1 (tergantung variasi)
 - Semua chip pada seri ESP32 adalah dual-core kecuali ESP32-S0WD, yang merupakan single-core
 - Frekuensi clock: Sampai sekitar 240 MHz
 - Performa: Sampai sekitar 600 DMIPS
- **Co-Prosesor berdaya ultra rendah:** memungkinkan konversi ADC, komputasi, dan level thresholds 11 ctual mode deep-sleep.

Konektivitas nirkabel:

- **Wi-Fi:** 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz up to 150 Mbit/s)
- **Bluetooth:** v4.2 BR/EDR dan Bluetooth Low Energy (BLE)

Memori:

- **Memori internal:**
 - ROM: 448 KiB

Untuk booting dan fungsi-fungsi inti.

- SRAM: 520 KiB

Untuk data dan instruksi.

- RTC fast SRAM: 8 KiB

Untuk penyimpanan data dan CPU utama selama RTC Boot dari mode deep-sleep.

- RTC slow SRAM: 8 KiB

Untuk pengaksesan co-prosesor selama mode deep-sleep.

- eFuse: 1 Kibit

Di mana 256 bits digunakan untuk sistem (MAC address dan konfigurasi chip) dan sisanya 768 bits dicadangkan untuk aplikasi pelanggan, termasuk Flash-Encryption dan Chip-ID.

- Embedded flash:

Flash terkoneksi secara internal via IO16, IO17, SD_CMD, SD_CLK, SD_DATA_0 dan SD_DATA_1 pada ESP32-D2WD dan ESP32-PICO-D4.

- 0 MiB (ESP32-D0WDQ6, ESP32-D0WD, dan ESP32-S0WD chips)
- 2 MiB (ESP32-D2WD chip)
- 4 MiB (ESP32-PICO-D4 SiP module)

- **Flash eksternal & SRAM:** ESP32 mendukung sampai empat 16 MiB QSPI flash eksternal dan SRAM dengan enkripsi perangkat keras berbasis AES untuk melindungi program dan data pengembang. ESP32 dapat mengakses QSPI flash eksternal dan SRAM melalui *cache* berkecepatan tinggi.

- Sampai sekitar 16 MiB flash eksternal dipetakan ke memori ke ruang kode CPU, mendukung akses 8-bit, 16-bit dan 32-bit. Eksekusi kode didukung.
- Sampai sekitar 8 MiB flash eksternal/memori SRAM dipetakan ke ruang data CPU, mendukung akses 8-bit, 16-bit dan 32-bit. Pembacaan data didukung pada flash dan SRAM. Penulisan data didukung pada SRAM.

- Chip ESP32 dengan flash tertanam tidak mendukung pemetaan alamat antara flash eksternal dan internal.

Input/output: Antarmuka yang kaya dengan DMA yang termasuk capacitive touch, ADC (analog-to-digital converter), DAC (digital-to-analog converter), I²C (Inter-Integrated Circuit), UART (universal asynchronous receiver/transmitter), CAN 2.0 (Controller Area Network), SPI (Serial Peripheral Interface), I²S (Integrated Inter-IC Sound), RMI (Reduced Media-Independent Interface), PWM (pulse width modulation), dan lainnya.

Keamanan:

- Semua fitur keamanan standar IEEE 802.11 didukung, termasuk WPA, WPA/WPA2 dan WAPI
- Secure boot
- Flash encryption
- 1024-bit OTP, sampai sekitar 768-bit untuk pelanggan
- Cryptographic hardware acceleration: AES, SHA-2, RSA, elliptic curve cryptography (ECC), random number generator (RNG)

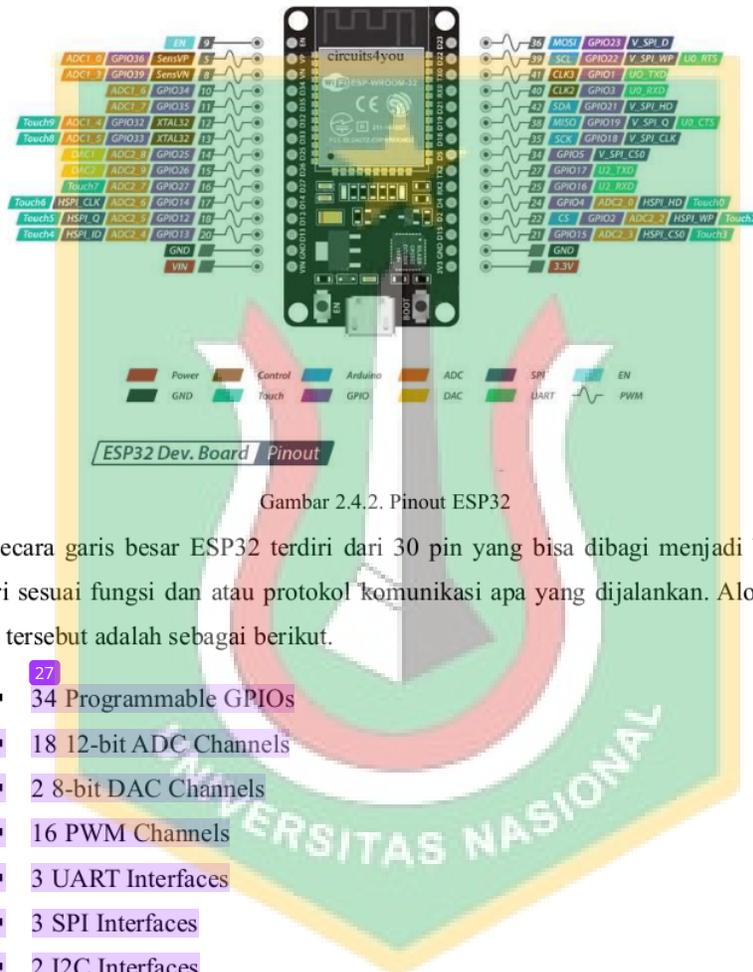
Berikut adalah diagram blok fungsi dari ESP32.



Gambar 2.4.1. Diagram Blok ESP32

2.4.2. Pinout ESP32

Dalam merancang proyek IoT menggunakan ESP32 perlu diperhatikan pinout dari ESP32 sesuai dengan spesifikasi yang ada. Berikut adalah gambar pinout dari ESP32. Versi yang digunakan adalah ESP-WROOM-32.



Gambar 2.4.2. Pinout ESP32

Secara garis besar ESP32 terdiri dari 30 pin yang bisa dibagi menjadi beberapa kategori sesuai fungsi dan atau protokol komunikasi apa yang dijalankan. Alokasi dari pin-pin tersebut adalah sebagai berikut.

- 27
- 34 Programmable GPIOs
- 18 12-bit ADC Channels
- 2 8-bit DAC Channels
- 16 PWM Channels
- 3 UART Interfaces
- 3 SPI Interfaces
- 2 I2C Interfaces
- 2 I2S Interfaces
- 10 Capacitive Touch Sensing GPIOs
- 16 RTC GPIOs

2.4.3. Pemrograman ESP32

Pemrograman ESP32 dapat dilakukan di dalam beberapa lingkungan pemrograman dengan 15ctual pemrograman yang berbeda pula, di antaranya:

- ⁶⁵ Arduino IDE
- Espressif IDF (IoT Development Framework)
- Micropython
- Javascript
- Lua
- dll.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam mengembangkan proyek IoT menggunakan ESP32 adalah dengan menggunakan Arduino IDE, di mana *library* dari ESP32 Devkit perlu di-instalasi terlebih dahulu ke dalam lingkungan pengembangan Arduino. Selanjutnya, program bisa dikembangkan dengan 15ctual pemrograman Arduino yang berbasis 15ctual C. Pengunggahan dan pengujian program pada ESP32 dilakukan menggunakan kabel USB A to USB Micro-B.

2.5. Sensor BME280

Sensor BME280 adalah sensor yang dapat mengukur tiga ²⁸ parameter cuaca sekaligus yaitu suhu udara, kelembaban udara, serta tekanan udara berdasarkan prinsip *sensing* yang sudah teruji. Sensor ini berukuran sangat kecil yang terletak di dalam housing metal-lid yang berdimensi hanya 2,5 x 2,5 mm² dengan ketinggian 0.93mm. Ukurannya yang sangat kecil serta konsumsi daya-nya yang juga kecil membuat sensor BME280 ini sangat cocok digunakan untuk proyek yang berbasis baterai dan juga portabel.

Sensor BME280 dapat mencapai ⁸⁷ performa maksimum pada proyek-proyek yang mengharuskan pengukuran suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Sensor kelembabannya memiliki akurasi keseluruhan yang tinggi pada *range* suhu udara yang lebar. Sensor tekanannya merupakan ⁸⁷ sensor tekanan barometrik absolut dengan akurasi tinggi dan resolusi dan derau sinyal yang lebih rendah bila dibandingkan dengan pendahulunya sensor BMP180. Sedangkan sensor suhunya telah dioptimalisasi dengan derau rendah

serta resolusi yang tinggi. Sensor BME280 yang penulis gunakan merupakan versi yang sudah tertanam pada modul seperti gambar berikut ini.



Gambar 2.5. Modul Sensor BME280

Versi sensor yang sudah tertanam pada modul rangkaian seperti pada gambar memiliki beberapa keuntungan untuk prototipe proyek. Yang paling utama adalah kemudahan penyolderan serta kemudahan *interface* rangkaian.

Sensor BME280 dapat dirangkain dengan antarmuka I2C maupun SPI dengan tegangan kerja antara 1,71 sampai 3,6 V. Pengukuran parameter cuaca menggunakan sensor BME280 dapat dipicu oleh masukan eksternal maupun dengan interval waktu. Ketika sensor ini tidak digunakan, konsumsi arus listrik bisa drop sampai 0,1 uA. Sensor BME280 dapat dijalankan pada tiga mode: mode tidur, mode normal, dan mode paksa.

2.5.1. Spesifikasi Sensor BME280

Subbab ini membahas spesifikasi lengkap dari sensor BME280. Adapun spesifikasi yang dibahas di antaranya: spesifikasi parameter kelistrikan umum, spesifikasi parameter kelembaban, spesifikasi parameter tekanan, serta spesifikasi parameter suhu.

Spesifikasi parameter kelistrikan ⁵ dari sensor BME280 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5.1.a. Spesifikasi Parameter Kelistrikan Umum BME280

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage Internal Domains	V_{DD}	ripple max. 50 mVpp	1.71	1.8	3.6	V
Supply Voltage I/O Domain	V_{DDIO}		1.2	1.8	3.6	V
Sleep current	I_{DDSL}			0.1	0.3	μA
Standby current (inactive period of normal mode)	I_{DDSB}			0.2	0.5	μA
Current during humidity measurement	I_{DDH}	Max value at 85 °C		340		μA
Current during pressure measurement	I_{DDP}	Max value at -40 °C		714		μA
Current during temperature measurement	I_{DDT}	Max value at 85 °C		350		μA
Start-up time	$t_{startup}$	Time to first communication after both $V_{DD} > 1.58$ V and $V_{DDIO} > 0.65$ V			2	ms
Power supply rejection ratio (DC)	PSRR	full V_{DD} range			± 0.01 ± 5	%RH/V Pa/V
Standby time accuracy	$\Delta t_{standby}$			± 5	± 25	%

Selanjutnya, untuk detail mengenai spesifikasi parameter kelembaban, dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.5.1.b. Spesifikasi Parameter Kelembaban

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating range ¹	R_H	For temperatures < 0 °C and > 60 °C see Figure 1	-40	25	85	°C
			0		100	%RH
Supply current	$I_{DD,H}$	1 Hz forced mode, humidity and temperature		1.8	2.8	μA
Absolute accuracy tolerance	A_H	20...80 %RH, 25 °C, including hysteresis		± 3		%RH
Hysteresis ²	H_H	10→90→10 %RH, 25 °C		± 1		%RH
Nonlinearity ³	NL_H	10→90 %RH, 25 °C		1		%RH

Response time to complete 63% of step ⁴	$\tau_{63\%}$	90→0 or 0→90 %RH, 25°C		1		s
Resolution	R _H			0.008		%RH
Noise in humidity (RMS)	N _H	Highest oversampling, see chapter 3.6		0.02		%RH
Long term stability	ΔH_{stab}	10...90 %RH, 25 °C		0.5		%RH/year

74

Selanjutnya, spesifikasi parameter tekanan udara sensor BME280 dapat dilihat secara detail pada tabel berikut ini.

Tabel 2.5.1.c. Spesifikasi Parameter Tekanan

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating temperature range	T _A	operational	-40	25	+85	°C
		full accuracy	0		+65	
Operating pressure range	P	full accuracy	300		1100	hPa
Supply current	I _{DD,LP}	1 Hz forced mode, pressure and temperature, lowest power		2.8	4.2	µA
Temperature coefficient of offset ⁵	TCO _P	25...65 °C, 900 hPa		±1.5		Pa/K
					±12.6	cm/K
Absolute accuracy pressure	A _{P,ext}	300...1100 hPa -20...+65 °C		±1.7		hPa
	A _{P,full}	300...1100 hPa 0...65 °C		±1.0		hPa
	A _P	1100...1250 hPa 25...40 °C		±1.5		hPa
Relative accuracy pressure V _{DD} = 3.3V	A _{rel}	700...900hPa 25...40 °C		±0.12		hPa
Resolution of pressure output data	R _P	Highest oversampling		0.18		Pa
Noise in pressure	N _{P,fullBW}	Full bandwidth, highest oversampling See chapter 3.6		1.3		Pa
					11	cm
	N _{P,filtered}	Reduced bandwidth, highest oversampling See chapter 3.6		0.2		Pa
					1.7	cm
Solder drift		Minimum solder height 50µm	-0.5		+2.0	hPa

Long term stability ⁶	ΔP_{stab}	per year		± 1.0		hPa
Possible sampling rate	f_{sample_P}	Lowest oversampling, see chapter 9.2	157	182		Hz

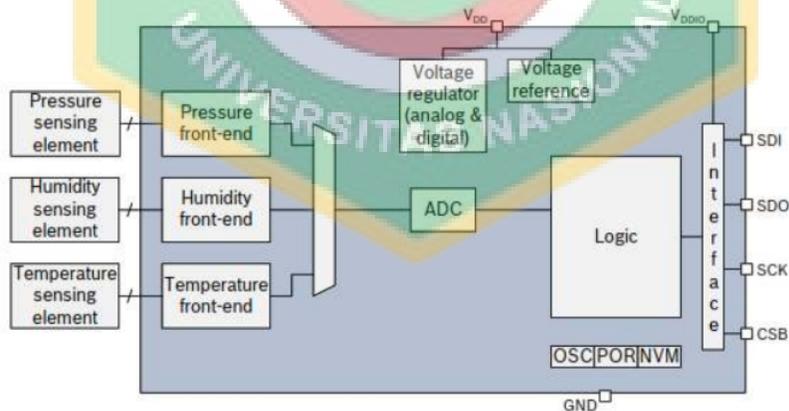
Terakhir, spesifikasi lengkap dari parameter suhu udara dari sensor BME280 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5.1.d. Spesifikasi Parameter Suhu

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating range	T	Operational	-40	25	85	°C
		Full accuracy	0		65	°C
Supply current	$I_{DD,T}$	1 Hz forced mode, temperature measurement only		1.0		µA
Absolute accuracy temperature ⁷	$A_{T,25}$	25 °C		± 0.5		°C
	$A_{T,full}$	0...65 °C		± 1.0		°C
	$A_{T,ext}^8$	-20 ... 0 °C		± 1.25		°C
	$A_{T,ext}^9$	-40 ... -20 °C		± 1.5		°C
Output resolution	R_T	API output resolution		0.01		°C
RMS noise	N_T	Lowest oversampling		0.005		°C

2.5.2. Diagram Blok Sensor BME280

Diagram blok sensor BME280 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



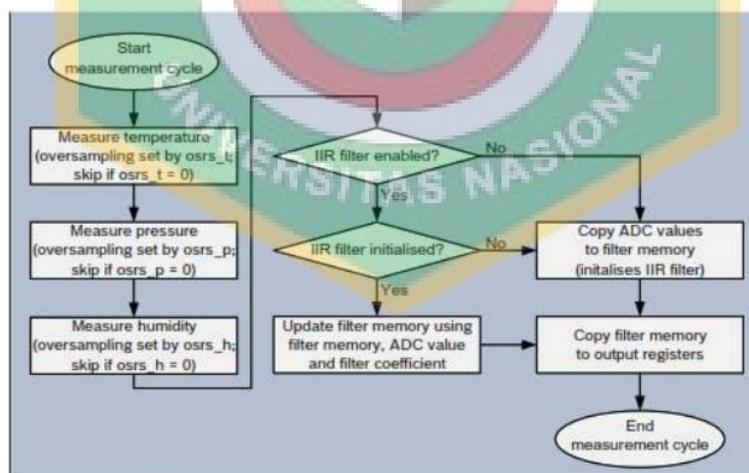
Gambar 2.5.2. Diagram Blok Sensor BME280

Diagram blok sensor BME280 menggambarkan proses yang terjadi pada sensor BME280 ketika melakukan proses pengukuran ketiga parameter cuaca hingga dapat diinterpretasikan ke sinyal digital yang dapat diolah melalui antarmuka. Dapat dilihat pada diagram blok di atas bahwa sensor BME280 memiliki dua pin catu daya yang berbeda yaitu V_{DD} dan V_{DDIO} . Pin V_{DD} merupakan pin catu daya utama sensor untuk semua blok fungsional analog maupun digital yang ada di dalam sensor. Sedangkan, pin V_{DDIO} merupakan catu daya terpisah yang digunakan untuk menenagai antarmuka digital.

Secara keseluruhan alur kerja dari pembacaan sensor BME280 dimulai dari elemen *sensing* dari masing-masing parameter, yaitu *temperature sensing element*, *humidity sensing element*, dan *pressure sensing element*. Dari masing-masing *sensing element*, pembacaan sensor akan diteruskan pada *front-end element* yang mana pada tahap ini sinyal pembacaan parameter fisis masih berupa sinyal analog. Untuk mendapatkan keluaran sinyal digital maka selanjutnya sinyal analog dikonversi ke sinyal digital melalui *ADC: Analog to Digital Converter*. Kemudian sinyal diteruskan ke logic yang mengatur regulasi pembacaan sensor yang dilakukan melalui antarmuka digital.

2.5.3. Alur Pengukuran Sensor BME280

Alur pengukuran sensor BME280 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.5.3. Alur Pengukuran Sensor BME280

Periode pengukuran sensor BME280 terdiri atas pengukuran parameter suhu, kelembaban, dan tekanan udara dengan opsi *oversampling*. Setelah periode pengukuran terjadi, data suhu dan tekanan udara dapat dilewatkan melalui opsi filter IIR, yang mana dapat menghilangkan fluktuasi jangka pendek pada pembacaan tekanan. Namun, pada pembacaan kelembaban opsi ini tidak dibutuhkan. Pembahasan mengenai detail masing-masing alur pengukuran tiap parameter adalah sebagai berikut.

2.5.3.1. Alur Pengukuran Kelembaban

Pengukuran kelembaban pada dasarnya dapat diabaikan pada tiap periode pengukuran. Namun, ketika pengukuran kelembaban dijalankan terdapat beberapa opsi *oversampling* yang muncul. Pada pengukuran kelembaban *oversampling* dapat dilakukan untuk mengurangi derau sinyal. Resolusi pengukuran kelembaban berada tetap pada ADC output 16 bit.

2.5.3.2. Alur Pengukuran Tekanan

Pengukuran tekanan udara dapat dijalankan ataupun dilewati. Ketika pengukuran tekanan dijalankan, terdapat beberapa opsi *oversampling* yang terjadi. *Oversampling* dilakukan untuk mengurangi derau pada sinyal. Resolusi data tekanan tergantung pada filter IIR dan setting *oversampling* yang digunakan:

- Ketika filter IIR digunakan, resolusi tekanan adalah 20 bit.
- Ketika filter IIR tidak digunakan, resolusi tekanan adalah mencapai hingga 18 bit.

2.5.3.3. Alur Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dapat dianggap sebagai opsional, artinya dapat dilakukan atau dapat juga dilewati. Ketika pengukuran suhu tidak dilakukan, maka implikasinya adalah pengukuran tekanan dapat dilakukan jauh lebih cepat. Namun, ketika pengukuran suhu dilakukan, maka ada beberapa opsi *oversampling* yang muncul. *Oversampling* dimaksudkan untuk mengurangi derau sinyal. Resolusi data suhu sangat tergantung pada penggunaan filter IIR:

- Ketika filter IIR digunakan, resolusi suhu menjadi 20 bit.
- Ketika filter IIR tidak digunakan resolusi suhu hanya mencapai 18 bit.

2.6. ⁴ Firebase

Firestore Realtime Database adalah basis data yang disimpan di *cloud*. Data disimpan sebagai JSON dan disinkronkan secara realtime ke setiap klien yang terhubung. Ketika seseorang membuat aplikasi lintas platform dengan platform Apple, Android, dan SDK JavaScript, semua klien dapat berbagi satu instans *Realtime Database* dan secara otomatis menerima pembaruan dengan data terbaru.



Gambar 2.6. Ilustrasi Alur Layanan Firebase

2.6.1. Cara Kerja Firebase

⁴ *Firestore Realtime Database* memungkinkan pengguna membuat aplikasi yang kaya dan kolaboratif dengan mengizinkan akses aman ke database langsung dari kode sisi klien. Data disimpan secara lokal, dan bahkan saat *offline*, peristiwa waktu nyata terus menyala, memberikan pengalaman responsif kepada pengguna. Saat perangkat mendapatkan kembali koneksi, *Realtime Database* menyinkronkan perubahan data lokal dengan pembaruan jarak jauh yang terjadi saat klien sedang *offline*.

⁸ *Realtime Database* menyediakan bahasa aturan berbasis ekspresi yang fleksibel, yang disebut Aturan Keamanan *Firestore Realtime Database*, untuk menentukan bagaimana struktur data pengguna dan kapan data dapat dibaca atau ditulis. Saat terintegrasi dengan *Firestore Authentication*, pengembang dapat menentukan siapa yang memiliki akses ke data apa, dan bagaimana mereka dapat mengaksesnya.

Realtime Database adalah database NoSQL dan karenanya memiliki pengoptimalan dan fungsionalitas yang berbeda dibandingkan dengan basis data relasional. *Realtime Database* API dirancang untuk hanya mengizinkan operasi yang dapat dijalankan dengan cepat. Hal ini memungkinkan pengguna membangun pengalaman waktu nyata yang luar biasa yang dapat melayani jutaan pengguna tanpa mengurangi daya tanggap. Karena itu, penting untuk memikirkan tentang bagaimana pengguna perlu mengakses data di Firebase dan kemudian menyusunnya sesuai kebutuhan.

2.6.2. Kapabilitas Kunci Firebase

Kapabilitas kunci dari Firebase Realtime Database dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.6.2. Kapabilitas Kunci Firebase

Kapabilitas	Penjelasan
<i>Realtime</i>	Alih-alih menggunakan permintaan HTTP biasa, <i>Firestore Realtime Database</i> menggunakan sinkronisasi data. Setiap kali data berubah, setiap perangkat yang terhubung akan otomatis menerima pembaruan itu dalam milidetik.
<i>Offline</i>	Aplikasi <i>Firestore</i> tetap responsif bahkan saat <i>offline</i> karena <i>Firestore Realtime Database</i> SDK menyimpan data pengguna ke <i>disk</i> . Setelah konektivitas terjadi kembali, perangkat klien menerima setiap perubahan yang terlewatkan, menyinkronkannya dengan status server saat ini.
<i>Accessible</i>	<i>Firestore Realtime Database</i> dapat diakses langsung dari perangkat seluler atau browser web dan tidak memerlukan server aplikasi. Keamanan dan validasi data tersedia melalui aturan keamanan <i>Firestore Realtime Database</i> , aturan berbasis ekspresi yang dijalankan saat data dibaca atau ditulis.
<i>Scalable</i>	Dengan <i>Firestore Realtime Database</i> pada paket harga Blaze, pengguna dapat mendukung kebutuhan data aplikasi dalam skala besar dengan membagi data ke beberapa instans basis data dalam

proyek *Firebase* yang sama. Proses autentikasi dapat disederhanakan dengan *Firebase Authentication*. Kontrol akses ke data di setiap basis data dengan aturan *Firebase Realtime Database* khusus untuk setiap instans basis data.

2.7. MIT App Inventor

MIT App Inventor adalah lingkungan pengembangan terintegrasi aplikasi web yang digunakan untuk membuat aplikasi *mobile* berbasis kode blok. Awalnya, MIT App Inventor disediakan oleh Google, namun sekarang dikelola oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT). Aplikasi ini memungkinkan pemula dalam pemrograman komputer untuk membuat perangkat lunak aplikasi *mobile* dengan menggunakan program berbasis blok. MIT App Inventor adalah perangkat lunak gratis dan *open source* yang dirilis di bawah lisensi ganda: lisensi Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0 Unported dan Lisensi Apache 2.0 untuk kode sumber. Untuk dapat memulai pengembangan aplikasi *mobile* menggunakan aplikasi App Inventor, pengguna dapat membuka alamat <http://ai2.appinventor.mit.edu/>.



Gambar 2.7. Logo MIT App Inventor

2.7.1. Alur Pengembangan Aplikasi MIT App Inventor

Pada lingkungan kerja MIT App Inventor, alur pengembangan aplikasi dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian desain tampilan dan bagian kode. Bagian desain tampilan dibuat dengan mengatur komponen-komponen yang akan digunakan pada *screen* sebagai layar utama. Setiap komponen pada *screen*, termasuk gaya dan

penempatannya dapat dikustomisasi sesuai dengan preferensi pengguna. Sedangkan bagian kode, dibuat dengan mengatur perilaku dari komponen atau *event* di dalam program dengan menggunakan blok kode.

2.7.1.1. Desain Tampilan Aplikasi

Desain tampilan aplikasi App Inventor dilakukan dengan menyusun komponen di dalam *screen*. Komponen-komponen yang terdapat pada layar terdiri atas dua jenis yaitu komponen, yaitu komponen yang terlihat dan komponen yang tidak terlihat. Komponen yang terlihat adalah komponen yang tampil pada *screen*, sedangkan komponen tidak terlihat adalah komponen yang hanya menjalankan fungsionalitas tertentu tanpa terlihat di *screen*.

Komponen-komponen tersebut dibagi atas kategori masing-masing. Kategori-kategori komponen pada MIT App Inventor adalah sebagai berikut: *User interface*, *layout*, *media*, *drawing and animation*, *maps*, *charts*, *sensors*, *social*, *storage*, *connectivity*, *experimental*, dan *extension*. Kategori tersebut menunjukkan klasifikasi kegunaan komponen. Misal, pada kategori *user interface*, terdapat segala macam komponen yang mendukung tampilan antarmuka pengguna, baik secara fungsional maupun estetika. Namun, pada kategori sensor tidak memiliki keterkaitan dengan antarmuka pengguna sama sekali.

Tampilan antarmuka MIT App Inventor bagian desain tampilan aplikasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.7.1.a. Tampilan Antarmuka Desain Aplikasi MIT App Inventor

2.8. Modul Charger TP4056

⁸⁸ Modul charger TP4056 merupakan modul elektronik yang dapat digunakan untuk men-charge baterai li-ion bertegangan sekitar 3,7V sampai 5,5V. Komponen inti dari modul ini adalah IC TP4056 yang dapat menerima tegangan listrik AC maupun DC untuk melakukan pengisian baterai DC. Pada modul ini terdapat beberapa fitur terkait proses pengisian baterai di antaranya indikator baterai penuh, indikator proses charging, micro-usb jack, dll.



Gambar 2.8. Modul charger TP4056

Spesifikasi lengkap dari modul charger TP4056 adalah sebagai berikut.

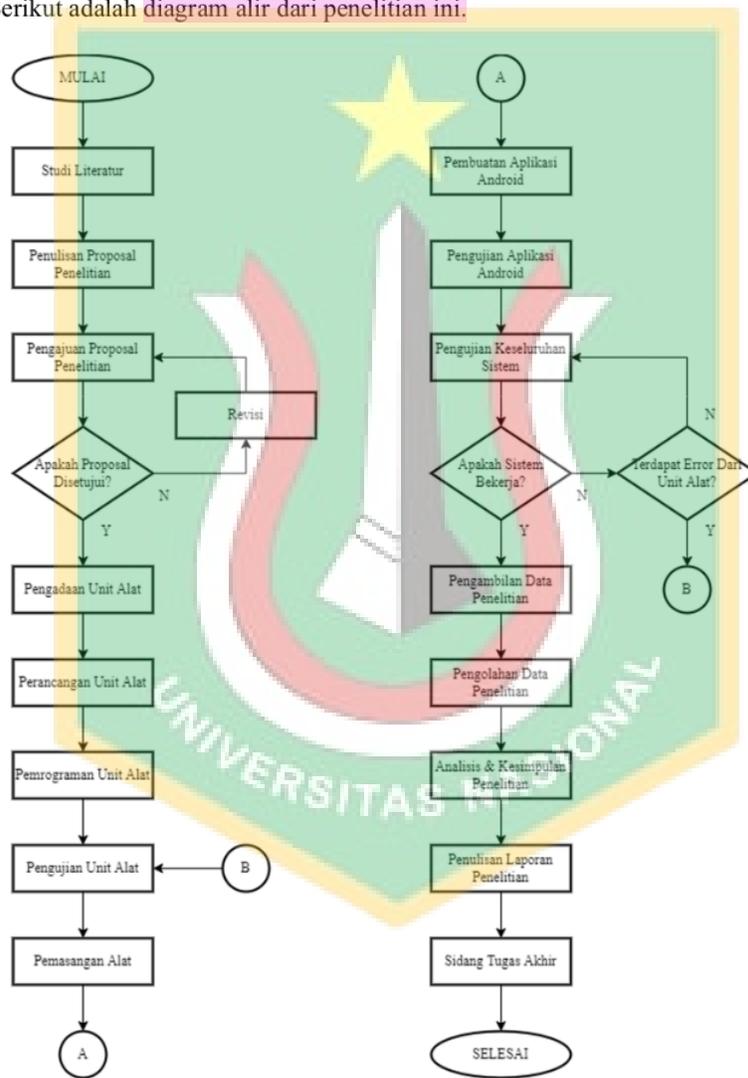
- ²³ • Input voltage : 4.5V ~ 5.5V
- A full charge voltage: 4.2V
- Power: 4.2 w
- Charging accuracy: 1.5%
- Charging indicator: micro LED
- Input Interface: Micro USB port
- Charging method: linear charge
- Operating Temperature: -10 to +85°C

BAB III

2
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

Adapun penjelasan dari tiap proses yang terjadi pada diagram alir penelitian, penulis jabarkan pada penjelasan berikut.

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan yang penting dilakukan berupa pencarian dan pengumpulan referensi penelitian mulai dari penelitian sebelumnya oleh peneliti lain, artikel, jurnal nasional, jurnal internasional, web, dll. yang terkait dengan topik penelitian yang ingin penulis ambil. Seluruh referensi tersebut lalu dikaji secara komprehensif untuk mendapatkan judul penelitian yang penulis ambil.

2. Penulisan Proposal Penelitian

Penulisan proposal penelitian adalah proses pengejawantahan hasil pengkajian penulis terhadap literatur yang ada yang sudah menghasilkan judul penelitian yang akan penulis kerjakan.

3. Pengajuan Proposal Penelitian

Pengajuan proposal penelitian adalah proses ketika penulis mengajukan judul penelitian kepada kepala program studi untuk selanjutnya diuji apakah layak atau tidak untuk dilanjutkan menjadi penelitian. Pada proses ini, ada dua kemungkinan yang terjadi: judul penelitian diterima atau ditolak oleh penguji. Bila judul ditolak, maka perlu dilakukan revisi pada poin-poin yang sudah direview. Bila judul diterima, maka bisa dilanjutkan ke tahap berikutnya.

4. Pengadaan Unit Alat

Pada tahap ini, judul proposal penelitian sudah diterima dan penulis mulai melakukan pengadaan unit alat yang akan digunakan pada penelitian yang penulis kerjakan, seperti mikrokontroler, sensor, dan alat-alat lainnya.

5. Pemrograman Unit Alat

Tahap ini dilakukan dalam satu rangkaian dengan tahap berikutnya yaitu pengujian unit alat. Hal ini untuk mengetahui apakah unit alat yang sudah dipesan bisa digunakan sesuai ekspektasi atau tidak. Hal ini juga menentukan apakah penulis perlu melakukan substitusi dengan unit alat yang lain atau tidak

6. Pengujian Unit Alat

Tahap ini dilakukan untuk menguji kelayakan alat yang sudah dipesan untuk digunakan sebagai alat penelitian.

7. Pemasangan Alat

Bila unit alat sudah diuji, baik secara fisik maupun dengan program, maka tahapan selanjutnya adalah pemasangan alat secara keseluruhan yaitu pengintegrasian seluruh unit alat menjadi alat yang utuh untuk selanjutnya dapat digunakan untuk pengambilan data penelitian. Proses ini meliputi beberapa bagian, yaitu proses perangkaian elektronik, proses unggah program, dan proses pemasangan fisik.

8. Pembuatan Aplikasi Android

Proses pembuatan aplikasi Android merupakan proses pengembangan aplikasi berbasis sistem operasi Android pada ponsel pintar yang mana aplikasi tersebut nantinya digunakan untuk menerima data pembacaan alat secara *real-time* setiap kali terdapat perubahan data.

9. Pengujian Aplikasi Android

Pengujian aplikasi Android yang sudah dibuat bertujuan untuk memvalidasi apakah data pembacaan alat sudah dapat diterima dengan benar oleh aplikasi yang dikembangkan dan juga untuk menguji apakah terjadi error ketika aplikasi dijalankan.

10. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk memastikan apakah keseluruhan sistem berjalan sebagaimana mestinya, mulai dari memastikan apakah alat sudah dapat berjalan secara normal dan dapat mengirimkan data pengukuran ke internet sampai memastikan apakah aplikasi Android yang dikembangkan sudah dapat menerima data pengukuran atau belum. Pada tahap ini ada dua kemungkinan yang terjadi: Alat sudah berjalan sebagaimana mestinya atau alat mengalami malfungsi. Bila alat sudah berjalan sebagaimana mestinya, maka penulis bisa melanjutkan ke tahap pengambilan data. Bila alat belum berfungsi sebagaimana mestinya maka penulis bisa kembali ke tahap pengujian unit alat sampai pengujian keseluruhan sistem untuk memastikan alat bekerja sesuai dengan yang dikehendaki.

11. Pengambilan Data Penelitian

Proses ini adalah proses pengambilan sampel data penelitian yang dilakukan oleh alat yang sudah dibuat. Karena keseluruhan sistem adalah sistem otomatis, maka pada tahap ini penulis hanya perlu memonitor kinerja alat dan memastikan alat tetap fungsional dalam mengirimkan data penelitian pada interval waktu yang sudah diatur.

12. Pengolahan Data Penelitian

Tahap ini merupakan tahap lanjutan setelah penulis mendapatkan sampel data yang cukup dari alat. Pada tahap ini, penulis menguji data terhadap data acuan untuk selanjutnya dapat dianalisa hasilnya. Data yang sudah diolah dan dianalisa kemudian akan dituangkan ke dalam pembahasan.

13. Analisa dan Kesimpulan Penelitian

Data penelitian yang sudah diolah dan diuji pada tahap sebelumnya dapat menunjukkan tercapai atau tidaknya target penelitian. Pada tahap ini, penulis melakukan analisa terhadap hasil uji data. Hasil analisa tersebut dapat menunjukkan tercapai atau tidaknya target penelitian. Dari data yang ada, penulis bisa mulai menyimpulkan hasil penelitian secara keseluruhan.

14. Penulisan Laporan Penelitian

Penulisan laporan penelitian adalah proses pengejawantahan seluruh proses penelitian yang dilakukan penulis menjadi sebuah karya tulis ilmiah yang terstruktur dan dapat dipertanggung-jawabkan. Pada tahap ini penulis memfinalisasi laporan penelitian dari mulai bab pendahuluan hingga bab kesimpulan. Laporan penelitian ini kemudian akan diajukan untuk selanjutnya diujikan pada sidang tugas akhir.

15. Sidang Tugas Akhir

Sidang tugas akhir adalah proses pertanggung-jawaban terhadap karya tulis ilmiah dan proses penelitian secara keseluruhan yang sudah dilakukan oleh penulis. Pada tahap ini, hasil penelitian penulis akan diuji oleh dewan penguji yang hasil akhirnya dapat menentukan layak atau tidaknya karya yang dihasilkan penulis sebagai barometer kelayakan penulis dalam menyelesaikan studi strata satu sebagai sarjana teknik.

3.2. Studi Literatur

Langkah yang pertama kali penulis lakukan dalam proses penelitian ⁵ tugas akhir ini adalah studi literatur. Studi literatur adalah proses pencarian, pengumpulan, dan pengkajian referensi penelitian mulai ¹⁰⁹ dari penelitian sebelumnya yang sudah pernah dilakukan oleh peneliti lain, artikel ilmiah, buku teks, jurnal nasional, jurnal internasional, website sains, dll. yang terkait dengan topik penelitian yang penulis ambil. Selain menjadi sumber informasi utama penulis dalam pertimbangan pengambilan judul penelitian, studi literatur juga yang akan menguatkan teori, rumus, ³⁹ metode yang penulis gunakan dalam penelitian ini yang membuat penelitian ini dapat dipertanggung-jawabkan secara ilmiah.

Studi literatur merupakan salah satu tahapan penting dalam penelitian ini. Studi literatur dilakukan sebelum proses penelitian dimulai, selama penelitian berjalan, hingga penelitian selesai dilakukan. Studi literatur yang dilakukan sebelum proses penelitian berjalan bertujuan untuk mencari topik yang aktual dan relevan dengan bidang yang ingin penulis teliti. Pencarian literatur difokuskan pada artikel dan ¹⁰⁷ jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional yang berkaitan dengan topik penelitian yang ingin penulis teliti. Dalam hal ini, artikel-artikel atau jurnal-jurnal yang penulis cari berpusat pada topik seputar *IoT*, *Automatic Weather Station*, *ESP32*, dan lain-lain. Dari proses ini pula penulis dapat muncul dengan ide dan judul penelitian yang diajukan.

Ketika penelitian berjalan, kegiatan studi literatur memegang peranan penting dalam penelitian yang dilakukan. Dari studi terhadap berbagai macam sumber literatur yang ada seperti buku, artikel ilmiah, jurnal ilmiah, diktat kuliah, artikel ilmiah, dan lain sebagainya, penulis dapat mengumpulkan informasi seperti teori dibalik fenomena fisis yang hendak diteliti, prinsip kerja alat, *datasheet* alat, perancangan alat, pemrograman alat, dan lain-lain.

3.3. Penulisan Proposal Penelitian

Proses penyusunan dan penulisan proposal merupakan prosedur wajib di mana penulis mengaktualisasikan ide penelitian ke dalam suatu dokumen proposal yang kemudian dievaluasi dan diuji melalui seminar proposal penelitian. Dari hasil pengujian ini, dapat disimpulkan kelayakkan ide penelitian untuk masuk ke tahap selanjutnya yaitu

menjalankan penelitian dengan topik yang dipilih. Pada proposal penelitian terdapat bab *timeline* penelitian di mana perkiraan waktu jalannya penelitian dari awal hingga selesai dirincikan. Pada dokumen proposal penelitian juga tercantum metode penelitian yang penulis gunakan dalam menjalankan penelitian ini.

19

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang penulis gunakan dalam penelitian ini terlampir pada tabel berikut.

Tabel 3.4. Alat dan Bahan Penelitian

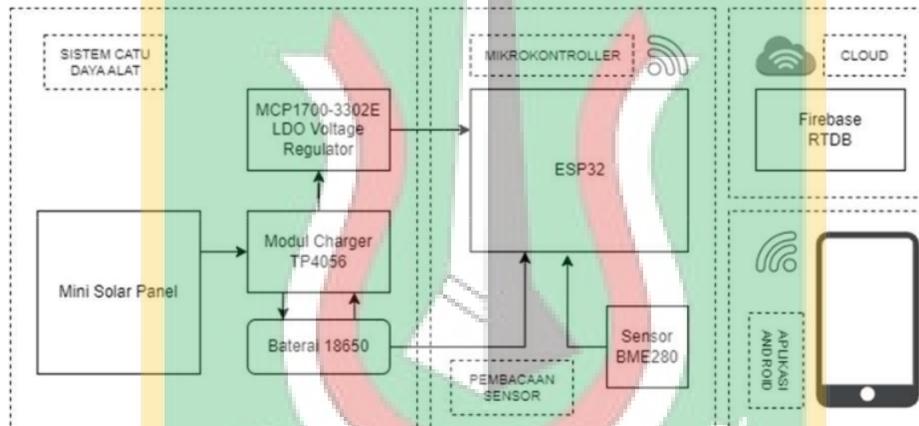
No.	Nama Alat / Bahan	Fungsi
1	Multimeter Digital	Untuk mengukur parameter-parameter listrik seperti resistansi, tegangan, dan kuat arus di dalam rangkaian.
2	Wire Cutter	Untuk memotong kabel jumper yang digunakan untuk menyambungkan rangkaian.
3	Solder	Untuk menyambungkan komponen menjadi rangkaian pada PCB Dot Matrix menggunakan timah gulung.
4	PCB Dot Matrix	Untuk merealisasikan skema rangkaian ke dalam rangkaian sesungguhnya.
5	Breadboard	Untuk melakukan pengujian komponen dan rangkaian sebelum direalisasikan ke dalam rangkaian yang sebenarnya.
6	Kabel Jumper	Untuk menyambungkan sementara rangkaian uji pada breadboard. Terdapat tiga tipe: Male-Male, Male-Female, Female-Female.
7	Timah	Untuk menyambungkan komponen menjadi rangkaian pada PCB Dot Matrix. Hasil pensolderan bersifat semi-permanen.
8	ESP32 Mikrokontroler	Mikrokontroler utama pada projek yang mendukung konektivitas WiFi secara langsung. Seluruh rangkaian dikendalikan oleh mikrokontroler ini.

9	Sensor BME280	Sensor utama yang digunakan pada project tugas akhir ini. Sensor ini dapat membaca 3 parameter cuaca yaitu suhu udara, kelembaban udara, dan tekanan udara.
10	Enclosure	Wadah berbahan ABS tempat bernaung komponen elektronik yang sudah disolder menjadi satu rangkaian sistem.
11	Tripod	Stand utama tempat keseluruhan projek alat dipasang. Tripod ini bersifat portabel sehingga keseluruhan sistem pada projek bersifat portabel.
12	Panel Surya	Sumber pengisian daya untuk baterai 18650 yang menjadi sumber daya utama pada sistem.
13	TP4056 Charger Module	Untuk mengatur energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya agar dapat digunakan untuk mengisi ulang daya baterai 18650.
14	MCP1700-3302E Voltage Regulator	Pengatur tegangan yang berfungsi menurunkan tegangan sistem daya menjadi 3,3V sebelum masuk ke ESP32.
15	Baterai 18650	Sebagai sumber catu daya utama alat. Baterai ini mentenagai keseluruhan sistem alat dan dapat discharge dengan modul TP4056 dengan sumber energi listrik dari panel surya.
16	Resistor	Resistor digunakan untuk mengatur tegangan yang masuk ke sistem mikrokontroler dan juga digunakan untuk membaca voltase baterai.
17	Kapasitor	Kapasitor digunakan sebagai sumber daya cadangan sementara bila baterai suatu ketika mengalami malfungsi atau habis daya.
18	Obeng	Digunakan untuk mengencangkan sekrup yang terpasang pada enclosure.

19	Sekrup	Membuat dua bagian enclosure alat terpasang secara sempurna dan kokoh.
20	Lem Tembak	Merekatkan bagian-bagian tertentu pada enclosure atau alat yang memerlukan perekatan. Mencegah air merembes masuk ke alat pada bagian yang berongga.

3.5. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem memperlihatkan gambaran keseluruhan sistem secara visual di mana termasuk di dalamnya adalah input, proses, serta output dari sistem. Berikut adalah gambar dari diagram blok keseluruhan sistem alat.



Gambar 3.5. Diagram blok sistem

3.6. Perancangan Elektronik Alat

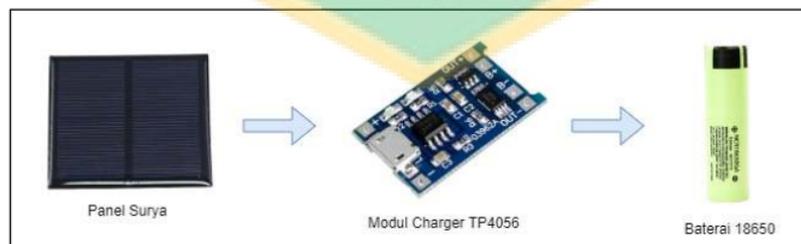
Perancangan alat merupakan tahapan awal sebelum alat direalisasikan menjadi proyek nyata dan kemudian dapat digunakan untuk melakukan pengambilan data penelitian. Perancangan alat dalam penelitian ini bertumpu pada perancangan skematik rangkaian elektronik alat sebelum diaktualisasikan pada rangkaian sebenarnya. Adapun skematik rangkaian elektronik alat dapat dibagi menjadi 2, yaitu skematik rangkaian catu daya dan skematik rangkaian sensor dan mikrokontroler. Pada akhirnya skematik rangkaian akan diintegrasikan sebagai satu rangkaian utuh.

3.6.1. Skematik Rangkaian Catu Daya

Prototipe alat pemantau cuaca yang penulis buat merupakan prototipe alat pemantau cuaca portabel yang nantinya bisa dipindahkan kemana saja dengan mudah sesuai kebutuhan. Aspek portabilitas yang menjadi poin keunggulan dari alat ini memerlukan pertimbangan yang mendalam soal catu daya: bagaimana alat mendapatkan energi listrik dan bagaimana alat akan mendistribusikannya untuk kebutuhan sistem.

Poin pertama adalah soal bagaimana alat mendapatkan energi listrik. Dalam hal ini, sangatlah jelas bahwa bila aspek portabilitas yang ditekankan, maka pilihan catu daya mandiri untuk alat mengerucut pada pilihan catu daya yang juga portabel seperti aki atau baterai. Pertimbangan selanjutnya adalah di antara kedua pilihan tersebut, manakah yang tepat untuk dijadikan sumber catu daya alat. Hal ini perlu mempertimbangkan kebutuhan listrik sistem dan juga dimensi dari alat. Adapun dengan pertimbangan tersebut, penulis telah berkesimpulan bahwa baterai adalah sumber catu daya yang tepat untuk alat yang akan dibuat.

Selanjutnya, ketika menggunakan baterai sebagai catu daya alat, secara logis konsekuensinya adalah dalam beberapa waktu tertentu energi listrik pada baterai akan terus menurun sampai habis. Pada titik ini, tentu alat tidak dapat lagi digunakan. Oleh karena itu perlu mempertimbangkan sumber daya sekunder yang dapat mengisi ulang daya baterai. Pilihan sumber daya sekunder tersebut jatuh pada panel surya yang tetap dapat mendukung aspek portabilitas dari alat. Panel surya memiliki berbagai jenis dan ukuran dan dapat digunakan untuk mengisi daya baterai melalui modul charger TP4056. Adapun baterai yang dapat digunakan untuk keperluan ini adalah tipe baterai 18650. Secara garis besar, diagram rangkaian catu daya alat dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.6.1. a. Diagram rangkaian catu daya

110

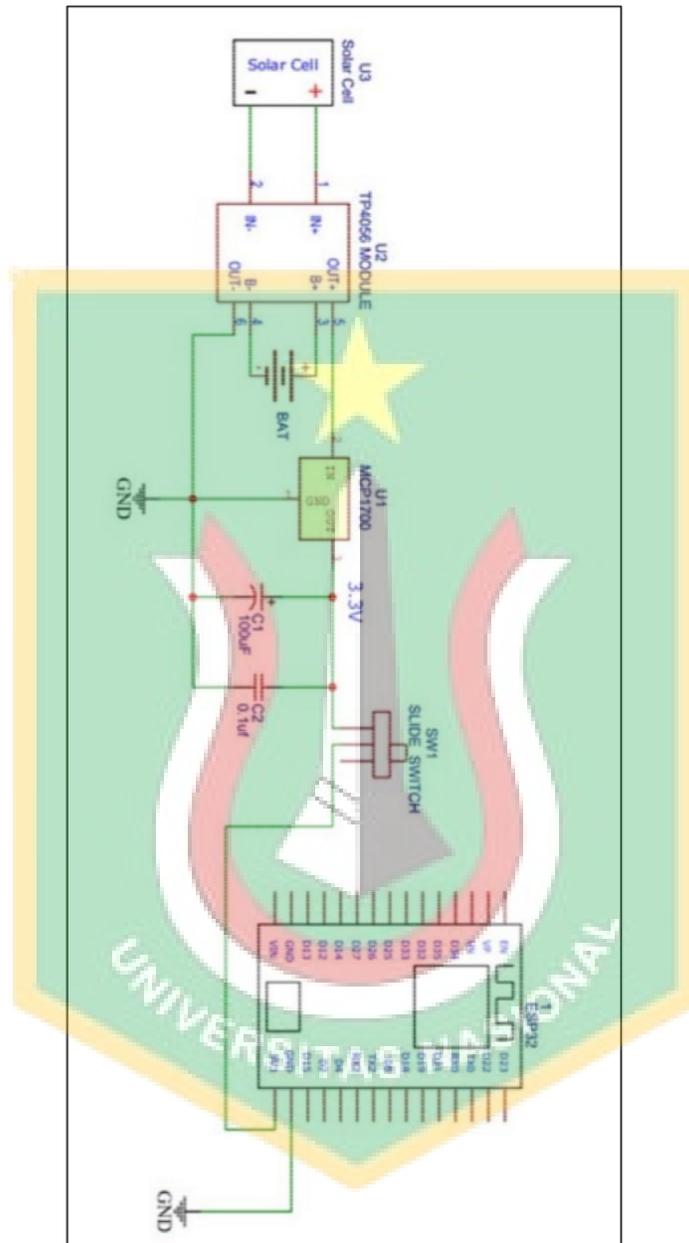
Energi listrik yang dihasilkan oleh baterai dapat digunakan untuk mencukupi kebutuhan listrik dari sistem alat, yaitu dalam hal ini mikrokontroler ESP32 dan sensor BME280 yang digunakan sebagai komponen utama alat.

Pertimbangan selanjutnya yang perlu menjadi perhatian dari perancangan skematik rangkaian catu daya adalah kebutuhan energi listrik sistem untuk dapat beroperasi. Dalam hal ini, berdasarkan *datasheet* dari pabrik pembuat mikrokontroler ESP32, menyatakan bahwa mikrokontroler tersebut bekerja pada tegangan 3,3V. Kemudian untuk sensor BME280 sebagai sensor utama untuk membaca parameter cuaca, tegangan yang diperlukan untuk bekerja adalah 3,3V. Sedangkan, voltase dari baterai 18650 ketika penuh adalah 4,2V. Maka tentu diperlukan rangkaian pengatur tegangan sehingga tegangan keluaran dari baterai bisa sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan sistem yaitu 3,3V.

Di pasaran, banyak terdapat komponen pengatur tegangan yang dapat menurunkan tegangan dari 4,2V menjadi 3,3V. Namun, yang menjadi permasalahan dari pengatur tegangan tersebut adalah komponen-komponen tersebut memerlukan tegangan input minimum yang jauh lebih banyak dari tegangan keluaran yang dikehendaki, yaitu 3,3V. Tegangan minimum tersebut disebut *dropout voltage*. Dalam hal ini, bila *dropout voltage* tidak terpenuhi, misal di kisaran angka 3,7V dari baterai, maka pengatur tegangan tersebut tidak dapat menjaga kestabilan keluaran di 3,3V. Hal tersebut tidak baik untuk sistem yang terisolasi dari jaringan listrik. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengatur tegangan lain untuk dapat mengatasi masalah ini.

Dalam mengatasi masalah pengaturan tegangan, penulis melakukan studi literatur dan menemukan bahwa hal tersebut dapat dipecahkan dengan menggunakan *Low Dropout Voltage regulator* atau yang biasa disingkat menjadi *LDO voltage regulator*. *LDO voltage regulator* dapat menurunkan tegangan sesuai dengan yang dikehendaki dan tetap dapat menjaga kestabilan output pada tegangan input yang rendah atau mendekati tegangan output. Dalam hal ini, untuk kebutuhan voltase sistem yaitu sebesar 3,3V dari keluaran baterai 4,2V, *LDO voltage regulator* yang tepat dapat menjaga kestabilan keluaran tegangan bahkan ketika voltase baterai mendekati nilai terendahnya di 3,3V. *LDO voltage regulator* yang tepat untuk proyek penelitian ini adalah MCP1700-3302E. Rancangan catu daya dari baterai dapat dilihat pada skematik berikut.

131

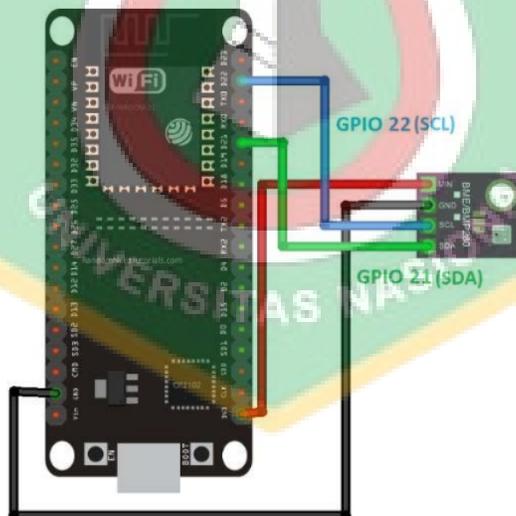


Gambar. 3.6.1.b. Skematik rangkaian catu daya dari baterai menuju ESP32

3.6.2 Skematik Rangkaian Sensor Dan Mikrokontroller

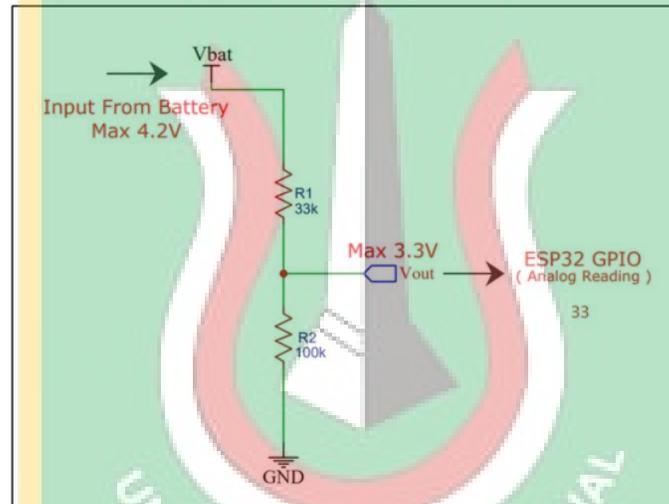
Setelah selesai dengan rancangan skematik rangkaian catu daya dan secara teori dapat diproyeksikan bahwa akan didapat keluaran tegangan yang stabil di angka 3,3V dari rangkaian tersebut, maka langkah selanjutnya bisa difokuskan pada rangkaian sensor dan mikrokontroler sebagai sistem utama untuk dapat melakukan pengukuran parameter cuaca. Dalam hal ini, ESP32 yang memiliki kapabilitas bawaan untuk terkoneksi ke internet melalui jaringan *WiFi* digunakan sebagai pengendali rangkaian. Lalu, sensor BME280 yang merupakan salah satu seri sensor lingkungan termutakhir dari perusahaan *Bosch* akan bertindak sebagai sensor utama untuk membaca tiga parameter cuaca: suhu udara, kelembaban udara, dan tekanan udara. Sebagai tambahan pada rangkaian ini, akan dilakukan pembacaan level baterai yang digunakan sebagai sumber catu daya utama.

Sensor BME280 dapat dirangkai pada ESP32 melalui antarmuka I2C. Pin SCL atau *serial clock* pada sensor BME280 dapat dirangkai pada GPIO 22 di ESP32. Sedangkan, pin SDA atau *serial data* pada sensor BME280 dapat dirangkai pada GPIO 21 di ESP32. Adapun untuk pin Vin dan Gnd pada sensor BME280 dapat dihubungkan secara berturut-turut pada sumber tegangan 3,3V rangkaian dan Gnd rangkaian. Skematik dari rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.6.2.a. Skematik rangkaian sensor BME280 dan ESP32

Selain rangkaian antara sensor dan mikrokontroler, terdapat satu rangkaian lagi yang dapat dihubungkan pada mikrokontroler yaitu rangkaian pembaca level tegangan baterai. Hal ini akan sangat berguna untuk memantau daya yang masih tersedia pada baterai ketika alat sudah digunakan secara *remote*. Rangkaian ini juga dapat membantu penulis memantau apakah fungsi *recharge* modul TP4056 berjalan dengan baik atau tidak. Rangkaian ini dapat diaktualisasikan dengan merangkaian 2 buah resistor secara seri dari baterai. Adapun resistor yang digunakan adalah resistor $33k\Omega$ dan $100k\Omega$. Output dari rangkaian ini akan dapat memetakan voltase baterai dari level tertinggi yaitu 4,2V sampai level terendah yaitu 3,3V. Adapun skematik dari rangkaian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.6.2.b. Skematik rangkaian pembacaan voltase baterai

3.7. Pemrograman Unit Alat

Pemrograman unit alat bertumpu pada pemrograman unit sensor BME280 sebagai sensor utama untuk mengukur parameter cuaca. Dalam hal ini, pemrograman sensor BME280 merupakan satu rangkaian dengan tahapan pengujian pada pembahasan berikutnya. Pada tahapan berikutnya rangkaian sensor beserta program yang diunggah ke dalam ESP32 akan diuji apakah dapat melakukan pengukuran parameter cuaca seperti suhu, kelembaban, dan tekanan udara atau tidak. Bila sensor BME280 sudah dapat

melakukan pengukuran parameter cuaca, maka pengujian dianggap berhasil dan sensor siap dirangkai ke rangkaian utama. Adapun program untuk membaca data parameter cuaca oleh sensor BME280 melalui antarmuka I2C adalah sebagai berikut.

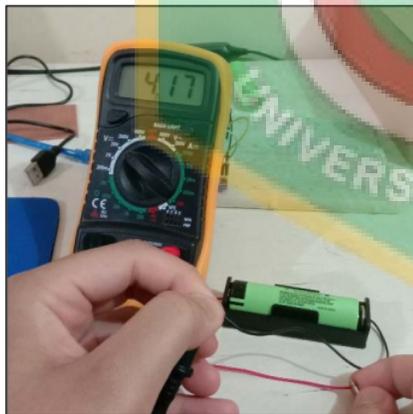
3.8. Pengujian Unit Alat

Proses pengujian unit alat adalah proses pengejawantahan alat dari rancangan yang ada. Dalam tahap ini, rangkaian elektronik alat yang ada pada rancangan diaktualisasikan ke dalam rangkaian nyata untuk selanjutnya dapat diuji. Adapun proses pengujian unit alat dapat dibagi menjadi dua bagian sebagaimana yang terdapat pada rancangan, yaitu pengujian rangkaian catu daya dan pengujian pembacaan sensor oleh mikrokontroler.

3.8.1. Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian rangkaian catu daya adalah untuk memastikan apakah tegangan yang dikeluarkan oleh sistem catu daya sudah sesuai dengan tegangan yang diperlukan oleh sistem mikrokontroler dan sensor. Dalam hal ini, tegangan asal dari baterai yang sudah penuh adalah 4,2V dan tegangan keluaran yang diharapkan adalah di kisaran 3,3V. Pengujian diaktualisasikan pada *breadboard* berdasarkan rangkaian catu daya. Dokumentasi pengujian dapat dilihat pada gambar berikut.

Nilai tegangan baterai sebelum dan setelah melewati rangkaian:



Gambar 3.8.1.a. Pengujian rangkaian catu daya sebelum masuk rangkaian

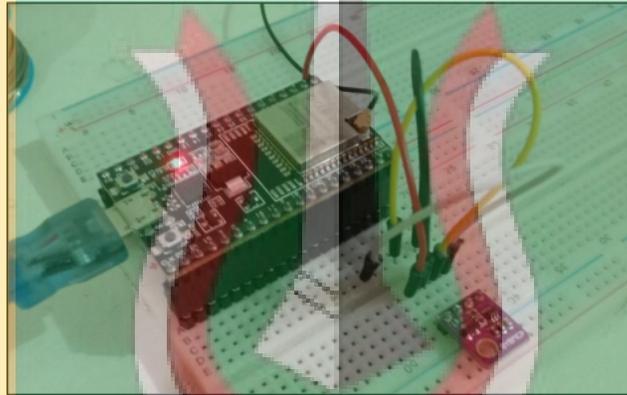


Gambar 3.8.1.b. Pengujian rangkaian catu daya setelah masuk rangkaian

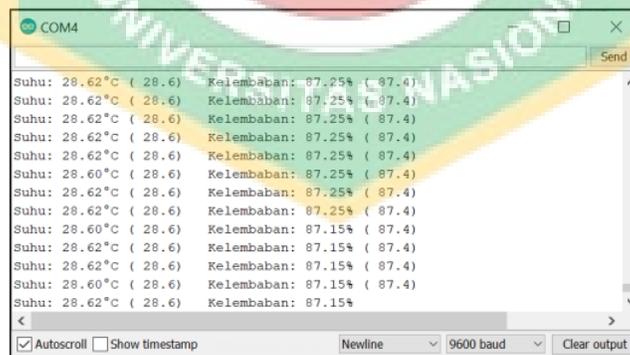
Pada tahap ini, tegangan keluaran dari rangkaian catu daya sudah memenuhi kriteria tegangan yang dibutuhkan sistem yaitu di sekitar 3,3V. Oleh karena itu, rangkaian catu daya ini siap digunakan untuk diaktualisasikan dan diintegrasikan pada rangkaian alat secara keseluruhan.

3.8.2. Pengujian Rangkaian Sensor Dan Mikrokontroler

Pengujian rangkaian sensor dan mikrokontroler adalah untuk memastikan apakah sensor sudah dapat melakukan pembacaan data terhadap parameter-parameter yang dikehendaki dan mikrokontroler sudah dapat menampilkannya pada display output yang ada. Dokumentasi pengujian pembacaan sensor BME280 dapat dilihat pada gambar berikut.



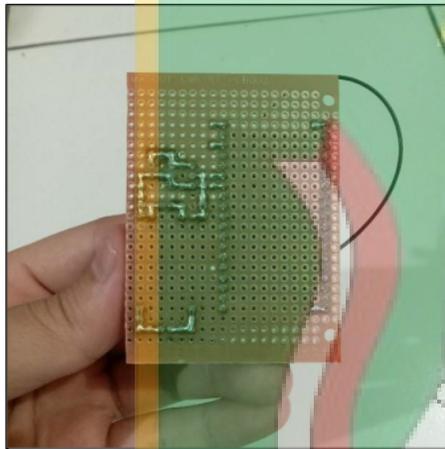
Gambar 3.8.2.a. Pengujian rangkaian sensor BME280 dan ESP32



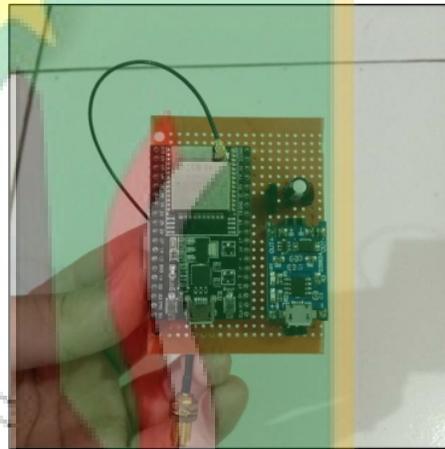
Gambar 3.8.2.b. Output pengujian rangkaian sensor BME280 dan ESP32

3.9. Penyolderan Rangkaian

Setelah unit alat berhasil diprogram dan diuji, maka langkah selanjutnya adalah penyolderan rangkaian. Penyolderan rangkaian hanya dapat dilakukan setelah memastikan bahwa pengujian keseluruhan sistem berhasil, dalam hal ini sistem catu daya alat dan pengukuran oleh sensor. Rangkaian catu daya dan rangkaian pengukuran sensor BME280 serta pengukuran level baterai direalisasikan ke PCB dot matrix dengan melakukan penyolderan. Dokumentasi hasil penyolderan komponen ke dalam PCB dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3.9.1. Hasil penyolderan rangkaian bagian belakang



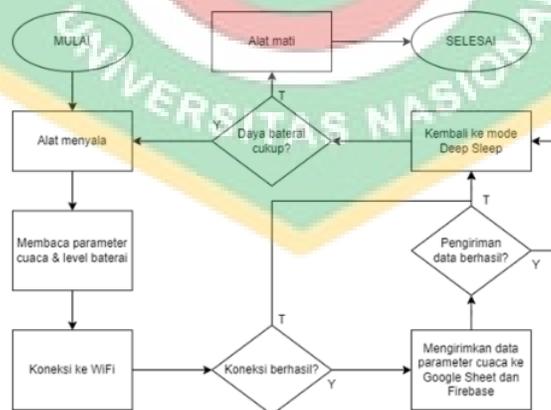
Gambar 3.9.2. Hasil penyolderan rangkaian bagian depan

Setelah penyolderan berhasil dilakukan maka perlu dilakukan pengujian lagi apakah rangkaian elektronik sudah bekerja sesuai rancangan atau belum. Bila terdapat *error* dalam pengujian ini, maka perlu diinspeksi secara seksama dari mana asal *error*-nya. Pada faktanya, tahap ini adalah tahap yang memiliki kemungkinan gagal paling besar. Faktor utamanya adalah karena kaki-kaki komponen yang kecil yang akan disolder pada PCB dot matrix yang juga relatif kecil. Sehingga, proses ini merupakan tahapan yang harus dilakukan inspeksi secara seksama dan bila perlu dilakukan pengulangan sampai rangkaiannya benar-benar berhasil dan siap dipasang untuk diprogram.

3.10. Pemrograman Alat

Pada tahap ini, rangkaian pada PCB dot matrix sudah diuji dan menunjukkan bahwa rangkaian sudah bekerja dengan baik. Maka tahap selanjutnya adalah pemrograman alat, yaitu proses penanaman program utama pada alat. Setelah program ditanamkan pada alat, maka alat akan dapat mengukur data cuaca tiap interval waktu tertentu dan mengirimkan data hasil pengukuran ke basis data daring (*online database*). Data yang disimpan di basis data daring tersebut kemudian akan dapat diakses melalui aplikasi *Android*. Selain itu, data yang dikirimkan tersebut juga yang akan menjadi data penelitian yang akan penulis olah dan analisa.

Selain fitur utama pengiriman data pengukuran ke basis data daring, fitur selanjutnya yang bisa diprogram pada alat adalah mode *deep sleep*, di mana alat akan bisa mengurangi penggunaan energi listrik secara signifikan dengan beralih ke mode tidur sementara. Alat akan bisa kembali ke mode fungsional dengan menentukan *wake up source*, yaitu kondisi apa yang dapat membangunkannya. Dalam hal ini *wake up source* yang digunakan adalah interval waktu. Jadi, setelah berhasil melakukan pengiriman data, maka alat akan beralih ke mode tidur. Lalu, dalam interval waktu tertentu alat akan hidup dan fungsional kembali untuk melakukan pengiriman data. Begitu seterusnya hingga alat kehabisan daya. ²⁶ Diagram alir dari program yang ditanam pada alat dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.10. Diagram alir pemrograman alat

Adapun keseluruhan program dari alat pemantau cuaca otomatis ini dapat dilihat pada bagian berikut.

```
71 #include <WiFi.h>
#include <Wire.h>
#include "TRIGGER_GOOGLESHEETS_ESP32.h"
#include <FirebaseESP32.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>

78 #define FIREBASE_HOST "ALAMAT_HOST_DATABASE_FIREBASE"
#define FIREBASE_AUTH "API_KEY_FIREBASE"
#define WIFI_SSID "SSID_WIFI"
#define WIFI_PASSWORD "PASSWORD_WIFI"

#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)
#define VOLT_PIN 33

//FirebaseData Object
FirebaseData firebaseData;
FirebaseJson json;

//BME280 object
65 Adafruit_BME280 bme; // I2C
float temperature;
float humidity;
float pressure;

//Variabel untuk memantau voltase baterai
float battery;
52 float Vout = 0.00;
float Vin = 0.00;
float R1 = 27000.00; // resistance of R1 (27K)
float R2 = 100000.00; // resistance of R2 (100K)
int val = 0;
```

```
// Waktu Deep Sleep
uint64_t uS_TO_S_FACTOR = 1000000; // Faktor konversi mikrodetik ke detik
uint64_t TIME_TO_SLEEP = 3600; // 1 jam

// Variabel untuk mengirim data ke Google Sheet
char column_name_in_sheets[ ][20] = {"value1", "value2", "value3", "value4"};
String Sheets_GAS_ID = "GOOGLE_APPSCRIPT_ID";
int No_of_Parameters = 4;

// Fungsi utama
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(2000);

  // Memulai Sensor BME280
  bool status;
  status = bme.begin(0x76);
  if (!status) {
    Serial.println("Tidak dapat menemukan BME280 yang valid, cek rangkaian!");
    while (1);
  }

  // Memulai koneksi wifi
  initWifi();

  // Memulai koneksi Firebase
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);

  // Memulai koneksi Google Sheet
  Google_Sheets_Init(column_name_in_sheets, Sheets_GAS_ID,
    No_of_Parameters);
}
```

```

// Membaca data sensor dan menyimpannya di variabel
100 temperature = bme.readTemperature();
humidity = bme.readHumidity();
pressure = bme.readPressure()/100.0F;

// Membaca level baterai dalam volt
41 val = analogRead(VOLT_PIN); //reads the analog input
Vout = (val * 3.3 ) / 4095.0; // formula for calculating voltage out
battery = Vout * ( R2+R1 ) / R2 ; // formula for calculating voltage in

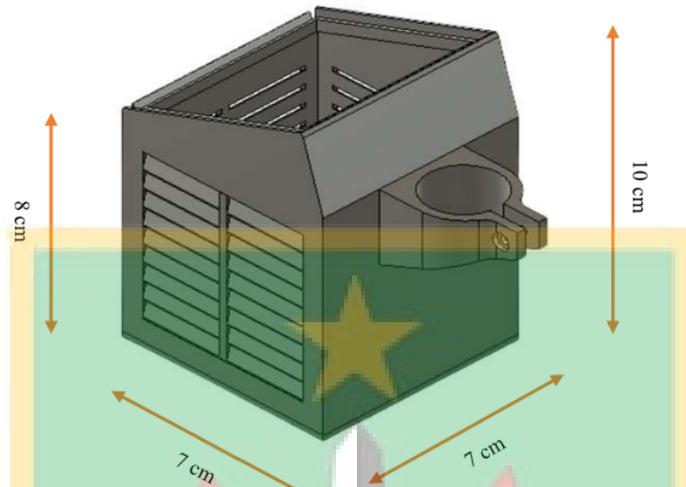
// Mengirim data ke 97 Google Sheets
Data_to_Sheets(No_of_Parameters, temperature, humidity, pressure,
battery);
Serial.println();
delay(10000);

// Kembali ke mode tidur
13 esp_sleep_enable_timer_wakeup(TIME_TO_SLEEP * uS_TO_S_FACTOR);
Serial.println("Going to sleep now");
// Menjalankan mode deep sleep hingga 1 jam
esp_deep_sleep_start();
}

```

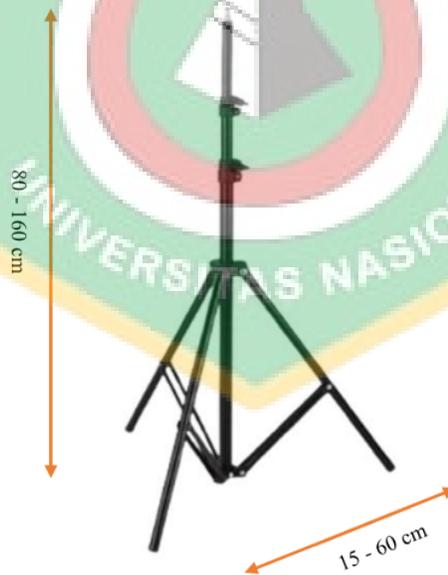
3.11. Perancangan Alat

Alat utama yaitu sistem elektronik alat akan dipasangkan ke dalam sebuah *enclosure*. *Enclosure* ini akan menjadi tempat bernaung alat dan akan melindungi sistem elektronik alat dari faktor alam seperti hujan yang dapat mengakibatkan korsleting. Selain itu, *enclosure* ini pula yang akan membuat alat dapat menempel pada *stand* tripod yang menjadikan alat ini portabel. *Enclosure* alat dicetak menggunakan teknik *3D printing* dengan bahan ABS. Adapun rancangan *enclosure* alat adalah sebagai berikut.



Gambar 3.11.1. Rancangan enclosure alat

Selain enclosure, yang selanjutnya termasuk ke dalam rancangan alat adalah stand tripod. Stand tripod yang digunakan merupakan stand tripod yang umum digunakan untuk kamera. Adapun rancangan dimensi dari stand tripod tersebut adalah sebagai berikut.



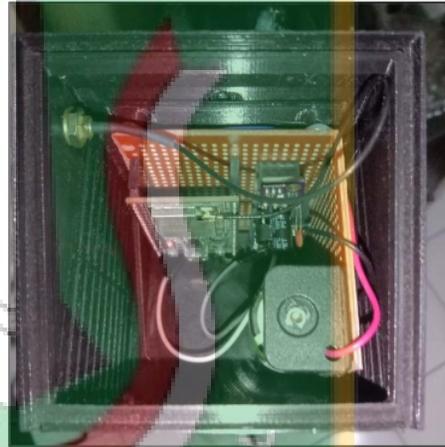
Gambar 3.11.2. Rancangan stand alat

3.12. Pemasangan Alat

Pemasangan alat pada *enclosure* adalah proses yang dilakukan setelah proses penyolderan rangkaian dan penanaman program berhasil. Hal ini dibuktikan dengan terkirimnya data pengukuran parameter cuaca ke basis data daring tiap interval waktu tertentu. *Enclosure* yang digunakan berbahan ABS dan dibuat dengan teknik *3D printing*. Adapun penulis menggunakan desain *enclosure* yang ada di pasaran dan tidak melakukan proses desain dan pencetakan *3D printing* sendiri. Namun, penulis sudah memastikan bahwa dimensi rangkaian yang penulis buat sesuai dengan dimensi *enclosure* yang penulis pesan. Dokumentasi proses pemasangan alat pada *enclosure* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.12.1. Proses pemasangan rangkaian elektronik pada enclosure



Gambar 3.12.2. Rangkaian elektronik yang sudah terpasang pada enclosure

Setelah alat terpasang pada *enclosure 3D printing*, maka tahap selanjutnya adalah menutup bagian atas alat dengan panel surya. Namun, sebelum itu perlu dipastikan terlebih dahulu untuk menyambungkan kabel Vin dan Gnd panel surya ke rangkaian utama. Panel surya ini yang akan dapat melakukan pengisian ulang daya baterai ketika alat sudah digunakan. Setelah panel surya terpasang, maka tahap selanjutnya adalah pemasangan *enclosure* pada stand.



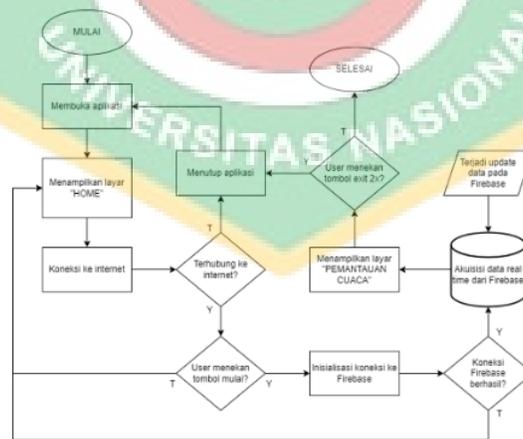
Gambar 3.12.3. Panel surya yang sudah terpasang pada bagian atas enclosure



Gambar 3.12.4. Enclosure yang sudah terpasang pada stand

3.13. Pembuatan Aplikasi Android

Sebagaimana tertuang dalam salah satu tujuan penelitian, yaitu membuat aplikasi *Android* yang dapat menampilkan data hasil pemantauan cuaca melalui internet, maka proses selanjutnya setelah alat sudah bekerja dan data berhasil dikirim ke basis data daring melalui jaringan WiFi adalah membuat aplikasi *Android* yang dapat mengakuisisi dan menampilkan data cuaca tersebut. Perangkat Lunak yang penulis gunakan untuk membuat aplikasi *Android* ini adalah MIT App Inventor 2. Berikut adalah diagram alir proses kerja aplikasi dari awal hingga selesai.



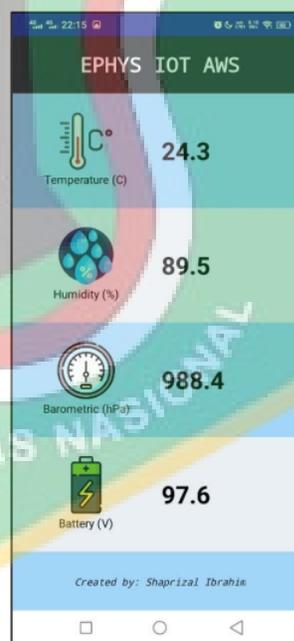
Gambar 3.13.1. Diagram alir pembuatan aplikasi Android yang dapat terhubung ke alat

Selanjutnya, untuk dapat mengembangkan aplikasi *Android* menggunakan MIT App Inventor 2, diperlukan akun Google untuk memulai. Bila sudah mendaftar, maka kita bisa mulai menggunakan MIT App Inventor 2 untuk mengembangkan aplikasi yang kita perlukan.

MIT App Inventor 2 membagi tahap pengembangan aplikasi menjadi dua bagian, yaitu bagian desain dan bagian program. Keseluruhan antarmuka pengembangan aplikasi merupakan antarmuka visual yang relatif mudah untuk dilakukan. Selain itu, banyak fitur bawaan dari MIT App Inventor 2 yang memungkinkan aplikasi yang sedang dikembangkan memiliki fungsionalitas yang kaya, salah satunya adalah mengakuisisi data dari basis data daring. Dalam hal ini, basis data yang penulis gunakan adalah Firebase. Bila tahap pemrograman aplikasi sudah selesai, maka selanjutnya aplikasi akan dapat terkoneksi ke Firebase melalui internet dan dapat mengakuisisi serta menampilkan data pemantauan cuaca secara *real time* dari basis data.



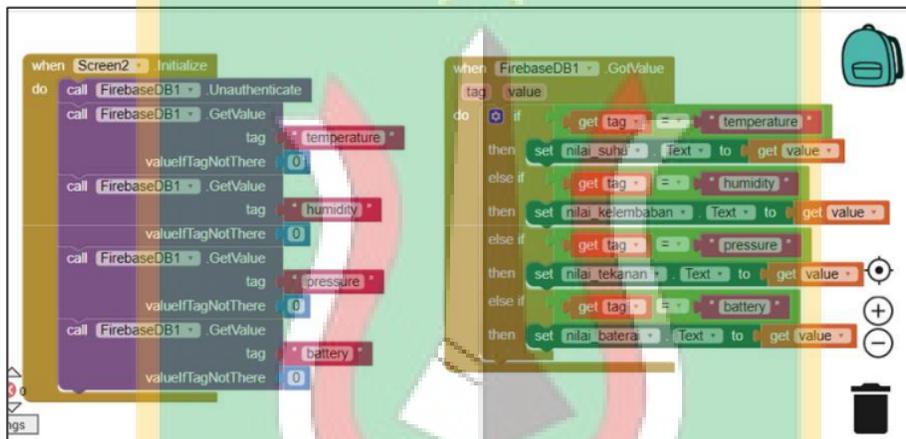
Gambar 3.13.2. Tampilan layar "HOME" aplikasi Android



Gambar 3.13.3. Tampilan layar "PEMANTAUAN CUACA" aplikasi Android

Penulis membagi tampilan aplikasi menjadi dua layar, yaitu layar beranda dan layar utama pemantauan data cuaca. Setelah tahap pengembangan tampilan aplikasi selesai, maka tahap selanjutnya adalah tahap pemrograman aplikasi.

Program aplikasi bertumpu pada fungsionalitas untuk dapat terkoneksi ke basis data Firebase melalui internet. Lalu, bila koneksi berhasil terealisasi, maka aplikasi akan dapat mengakuisisi data dan menampilkannya di layar kedua. Begitupun bila terjadi perubahan data pada Firebase, maka aplikasi akan menerima data terbaru secara otomatis dan memperbaharui tampilannya pada layar kedua. Program yang penulis buat agar fungsionalitas ini bisa berjalan sebagaimana rancangan adalah sebagai berikut.

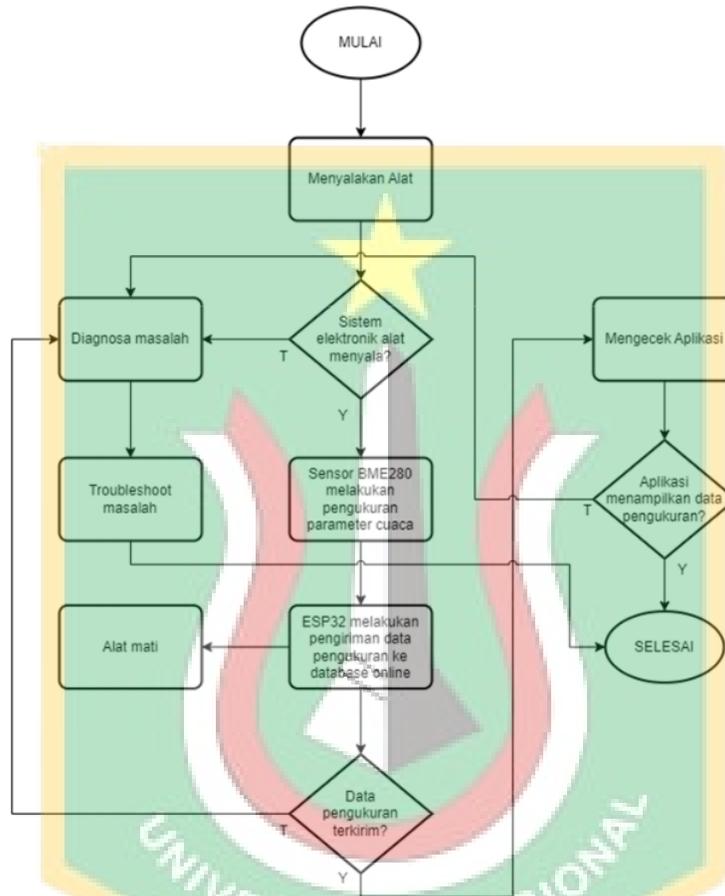


Gambar 3.13.4. Program aplikasi Android

Aplikasi akan mencoba terhubung ke basis data Firebase ketika layar kedua terinisialisasi. Bila koneksi berhasil terjalin dan data pemantauan parameter cuaca berhasil terakuisisi, maka tahap selanjutnya adalah menampilkan data tersebut pada komponen-komponen teks di layar kedua. Pada tahap ini, proses pengembangan aplikasi sudah dapat dikatakan selesai bila sudah berhasil menampilkan data pembacaan cuaca secara *real time* dari basis data pada layar kedua. Aplikasi yang sudah berhasil dijalankan dapat dibangun menjadi sebuah file .APK yang selanjutnya dapat dipasang pada ponsel *Android*. Instalasi file .APK tersebut dilakukan secara manual dan tidak melalui penyedia layanan aplikasi seperti *Play Store*.

3.14. Pengujian Sistem

Alur pengujian keseluruhan sistem dapat dilihat pada diagram alir berikut ini.



Gambar 3.14. Diagram alir pengujian sistem

Pengujian keseluruhan sistem dimulai dari menyalakan alat yaitu dengan memasang baterai 18650 pada rangkaian. Alat dapat dikatakan berhasil bekerja bila pada akhir proses, data terkirim ke *database* daring dan tampil pada aplikasi Android. Lalu, indikator keberhasilan selanjutnya adalah alat akan beralih ke mode *deep sleep* secara otomatis setelah berhasil melakukan pengiriman data. Dalam waktu satu jam, alat akan hidup kembali secara otomatis dan melakukan tugas yang sama. Siklus tersebut akan terus

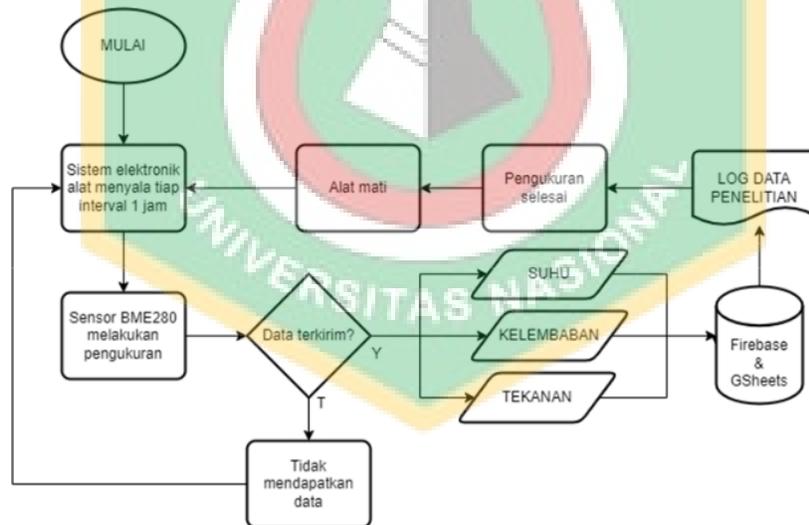
berulang setiap satu jam sampai daya baterai habis. Kesemua rangkaian proses tersebut adalah indikator keberhasilan pengujian sistem pada sisi alat.

Pengujian sistem selanjutnya adalah pengujian pada sisi aplikasi. Aplikasi dapat dikatakan berhasil bila ketika dijalankan pada layar kedua dapat terkoneksi ke basis data Firebase secara otomatis di mana data pemantauan cuaca sudah disimpan. Bila koneksi berhasil, maka data akan otomatis diakuisisi dari Firebase dan ditampilkan secara *real time* pada layar kedua. Begitu pun bila terjadi perubahan data secara *real time* pada Firebase. Maka data cuaca pada tampilan layar kedua, akan diperbaharui secara otomatis oleh program. Rangkaian proses ini mengindikasikan berhasilnya pengujian sistem pada sisi aplikasi. Pengujian pada sisi aplikasi ini juga menandakan bahwa alat sudah fungsional dan sudah dapat digunakan untuk pengambilan data penelitian.

3.15. Metode Pengukuran

3.15.1. Diagram Alir Pengukuran

Berikut adalah diagram alir pengukuran yang memperlihatkan gambaran visual proses pengukuran data parameter cuaca dari awal hingga akhir.



Gambar 3.15.1. Diagram alir pengukuran

3.15.2. Waktu Pengukuran

Pengambilan data penelitian dilakukan selama kurang lebih 14 hari terhitung mulai tanggal 23 Januari hingga 5 Februari 2023 dengan menempatkan alat selama 24 jam pada lokasi pengukuran. Alat akan secara otomatis mengirim data cuaca pada lokasi pemasangan setiap interval waktu yang sudah ditentukan. Interval waktu normal pengiriman data oleh alat yang penulis atur pada program adalah tiap satu jam sekali. Pada tiap interval tersebut sensor BME280 pada alat akan menyala berdasarkan kendali dari mikrokontroler ESP32 dan melakukan pengukuran parameter cuaca yaitu suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Data pengukuran lalu dikirimkan melalui internet ke basis data. Data ini yang akan diolah untuk mendapatkan kesimpulan.

3.15.3. Lokasi Pengukuran

Lokasi pengukuran cuaca adalah di depan rumah penulis yang berada di daerah Citayam, Kabupaten Bogor. Secara koordinat, lokasi ini terletak pada $6^{\circ} 26' 45,817''$ LS dan $106^{\circ} 47' 37,466''$ BT. Pemilihan lokasi ini adalah dengan pertimbangan bahwa alat akan mudah dipantau bila terjadi habis daya atau malfungsi. Selain itu, ketersediaan jaringan WiFi juga menjadi pertimbangan utama agar alat dapat bekerja selama 24 jam selama daya-nya masih ada. Lokasi ini terletak sekitar 25 km dari stasiun cuaca BMKG terdekat, yaitu stasiun klimatologi Jawa Barat. Lokasi ini berada pada ketinggian sekitar 109 m dpal. Sedangkan, alat diletakkan pada ketinggian sekitar 1 m dari permukaan tanah.

3.15.4. Pengukuran Dengan Alat Ukur Manual

Pengukuran dengan alat ukur manual adalah pengukuran yang dilakukan secara manual dengan menggunakan alat ukur suhu udara, kelembaban udara, serta tekanan udara yang bisa didapat secara komersil dan biasa digunakan untuk keperluan pengukuran data cuaca manual. Pengukuran ini dimaksudkan untuk mendapatkan data pembandingan bagi pengukuran otomatis yang dilakukan oleh alat yang dibuat oleh penulis. Metode pengukurannya adalah dengan mengukur parameter suhu udara, kelembaban udara, dan tekanan udara tiap interval 1 jam selama 13 jam dalam sehari. Pengukuran dilakukan di waktu dan tempat yang sama dengan alat yang dibuat oleh penulis.



Gambar 3.15.4.a. Pengukuran suhu dan kelembaban udara dengan alat ukur manual



Gambar 3.15.4.b. Pengukuran tekanan udara dengan alat ukur manual

3.16. Data Penelitian

133

3.16.1. Data Primer Penelitian

Data primer dari penelitian ini adalah data pengukuran parameter cuaca yang dilakukan oleh prototipe alat yang dibuat oleh penulis. Sesuai perancangan sistem alat, pengukuran dilakukan setiap interval 1 jam sekali secara otomatis yang dikendalikan oleh ESP32. Oleh karena itu, total data primer penelitian yang seharusnya terkirim per hari adalah 24 data untuk tiap parameter. Dengan kata lain, perhari, idealnya alat mengirimkan total data parameter cuaca sebanyak 72 data untuk seluruh parameter pengukuran untuk dapat dikatakan berhasil.

Selain data primer dari prototipe alat yang penulis buat, data primer lainnya adalah data pengukuran menggunakan alat ukur manual baik untuk parameter suhu udara, tekanan udara, maupun kelembaban udara. Pengukuran ini dilakukan secara paralel dengan pengukuran otomatis yang dilakukan oleh alat yang penulis buat. Namun, karena pengukuran dilakukan secara manual sehingga pengambilan sampel data tidak sebanyak pengukuran otomatis. Adapun sampel data per hari dari pengukuran ini adalah 13 data perhari untuk tiap parameter. Dengan kata lain, ada total 39 data pengukuran perhari untuk data pengukuran manual ini.

Data primer pengukuran baik yang diukur oleh alat pemantau cuaca portabel ataupun yang diukur menggunakan alat ukur manual akan diolah terlebih dahulu untuk dicari nilai rata-ratanya. Hasil pengolahan nilai rata-rata tersebut akan digunakan untuk menguji akurasi data pengukuran yang dilakukan oleh alat yang penulis buat. Pengolahan data primer penelitian akan dibahas pada subbab 3.17.

3.16.2. Data Sekunder Penelitian

Data sekunder dari penelitian ini adalah data parameter cuaca dari BMKG. Data diperoleh melalui website <https://dataonline.bmkg.go.id/> yang merupakan website penyedia data cuaca resmi dari BMKG. Adapun, stasiun BMKG yang penulis jadikan rujukan adalah stasiun klimatologi BMKG Jawa Barat yang terletak pada koordinat 6°33'13,236" LS dan 106°44'38,364" BT. Lokasi ini berjarak sekitar 25 km dari lokasi penulis melakukan pengukuran parameter cuaca. Ketinggian lokasi ini adalah 180 m dpal. Data yang tersedia hanyalah data suhu udara rata-rata serta kelembaban udara rata-rata harian pada hari yang sama penulis melakukan pengukuran. Berdasarkan informasi yang penulis peroleh dari petugas BMKG di stasiun tersebut, sumber utama data rata-rata untuk suhu dan kelembaban udara tersebut adalah termometer bola kering yang ditempatkan di sangkar meteorologi berbahan kayu. Penempatan ketinggian sangkar meteorologi ini adalah sekitar 1 m dari permukaan tanah.

Data sekunder penelitian yang sudah penulis peroleh dari website BMKG dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.16.2. Data Sekunder Penelitian

No.	Hari, Tanggal	Tavg (°C)	RHavg (%)
1	Senin, 23 Januari 2023	26,1	84
2	Selasa, 24 Januari 2023	25,5	84
3	Rabu, 25 Januari 2023	23,9	93
4	Kamis, 26 Januari 2023	25,0	85
5	Jum'at, 27 Januari 2023	26,2	86
6	Sabtu, 28 Januari 2023	24,6	92
7	Minggu, 29 Januari 2023	25,6	89

3.17. Pengolahan Data Penelitian

3.17.1. Olah Data Rata-Rata Suhu Alat

Pengukuran suhu udara menggunakan prototipe alat yang penulis buat dibagi menjadi dua periode waktu. Periode pertama adalah pada rentang waktu antara tanggal 23 Januari hingga 29 Januari 2023. Pada periode ini, alat diatur untuk dapat melakukan pengukuran setiap satu jam sekali. Sehingga, dalam satu hari, idealnya alat dapat mengirimkan data suhu udara sebanyak 24 data. Sedangkan, periode kedua yaitu di antara rentang tanggal 31 Januari hingga 5 Februari 2023, data pengukuran yang diambil hanya sebanyak 13 sampel data per hari hal ini dikarenakan data periode kedua akan dibandingkan dengan data alat ukur manual yang hanya mengambil sampel sebanyak 13 data per hari pada waktu dan tempat yang sama.

Dari pengukuran yang dilakukan secara otomatis oleh prototipe alat yang penulis buat pada periode pertama, yaitu pada rentang tanggal antara 23 Januari hingga 29 Januari 2023, dan setelah data diolah dengan metode statistik deskriptif untuk mendapatkan rata-ratanya, didapatkan data rata-rata suhu alat periode pertama sebagai berikut.

Tabel 3.17.1.a. Olah Data Rata-Rata Suhu Alat Periode Pertama

Data Rata-Rata Suhu Alat 23 Januari 2023 - 29 Januari 2023					
	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean
Temperature_D1	23	26.3	33.9	682.3	29.7
Temperature_D2	23	26.2	37.4	699.4	30.4
Temperature_D3	24	25.0	29.8	649.1	27.0
Temperature_D4	23	24.3	39.3	676.8	29.4
Temperature_D5	24	26.4	33.8	709.0	29.5
Temperature_D6	23	25.8	29.9	633.8	27.6
Temperature_D7	24	26.0	33.1	686.1	28.6
Valid N (listwise)	23				

Tabel 3.17.1.a. memperlihatkan karakteristik data pengukuran suhu alat di antaranya jumlah data perhari, data minimum, data maksimum, total, dan nilai rata-rata

data suhu per hari. Baris pertama merupakan data tanggal 23 Januari 2023, baris kedua merupakan data hari berikutnya dan begitu seterusnya sampai baris yang paling akhir merupakan data tanggal 29 Januari 2023. Data rata-rata suhu ini kemudian akan diolah untuk menguji akurasi data suhu alat terhadap data suhu BMKG.

Selanjutnya, data suhu yang didapat pada pengukuran merupakan data suhu periode kedua yaitu pada rentang tanggal antara 31 Januari 2023 hingga 5 Februari 2023. Jumlah data yang diambil hanya 13 data perhari mengikuti waktu *sampling* data alat ukur manual. Data rata-rata suhu periode kedua dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.17.1.b. Olah Data Rata-Rata Suhu Alat Periode Kedua

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean
Temperature_D9	13	27.4	32.7	396.7	30.5
Temperature_D10	13	26.6	31.8	381.6	29.4
Temperature_D11	13	26.4	32.1	381.9	29.4
Temperature_D12	13	25.4	32.1	376.9	29.0
Temperature_D13	13	26.3	33.4	397.0	30.5
Temperature_D14	13	26.3	36.8	420.4	32.3
Valid N (listwise)	13				

Data rata-rata suhu alat periode kedua akan digunakan untuk menguji akurasi pengukuran suhu terhadap pengukuran suhu oleh alat ukur manual.

3.17.2. Olah Data Rata-Rata Kelembaban Alat

Sebagaimana data suhu alat, data kelembaban alat dibagi menjadi dua periode pengukuran. Periode pertama adalah antara rentang tanggal 23 Januari 2023 hingga 29 Januari 2023. *Sampling* data periode pertama dilakukan setiap satu jam sekali selama 24 jam per hari. Sehingga, diharapkan terdapat total 24 data kelembaban setiap harinya. Data periode pertama ini akan digunakan untuk menguji akurasi pengukuran kelembaban alat terhadap data kelembaban BMKG. Adapun olah data rata-rata kelembaban alat pada periode pertama dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.17.2.a. Olah Data Rata-Rata Kelembaban Alat Periode Pertama

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean
Humidity_D1	23	52.7	73.8	1515.8	65.9
Humidity_D2	23	43.8	77.7	1468.9	63.9
Humidity_D3	24	63.0	83.1	1805.0	75.2
Humidity_D4	23	37.9	81.6	1459.2	63.4
Humidity_D5	24	53.9	81.2	1619.0	67.5
Humidity_D6	23	69.7	84.8	1797.5	78.2
Valid N (listwise)	23				

Tabel 3.17.2.a. memperlihatkan karakteristik data pengukuran kelembaban alat yaitu jumlah data perhari, data minimum, data maksimum, nilai total, dan nilai rata-rata data kelembaban per hari. Baris pertama merupakan data per tanggal 23 Januari 2023, berlanjut ke baris kedua yang merupakan data hari berikutnya sampai baris terakhir merupakan data tanggal 29 Januari 2023. Data rata-rata kelembaban alat ini akan digunakan untuk menguji akurasi data kelembaban alat terhadap data kelembaban BMKG.

Data selanjutnya yang diukur adalah data rata-rata kelembaban alat periode kedua. Data ini diambil pada rentang tanggal antara 31 Januari 2023 sampai 5 Februari 2023. Olah data rata-rata kelembaban alat periode kedua dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.17.2.b. Olah Data Rata-Rata Kelembaban Alat Periode Kedua

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean
Humidity_D9	13	57.1	73.9	847.4	65.2
Humidity_D10	13	63.8	79.3	925.3	71.2
Humidity_D11	13	61.5	82.7	946.3	72.8
Humidity_D12	13	56.7	82.9	895.0	68.8
Humidity_D13	13	53.8	75.2	806.8	62.1
Humidity_D14	13	33.4	68.4	659.4	50.7
Valid N (listwise)	13				

Data rata-rata kelembaban alat periode kedua nantinya akan digunakan untuk menguji akurasi pengukuran kelembaban alat terhadap data kelembaban alat ukur manual.

3.17.3. Olah Data Rata-Rata Tekanan Alat

Olah data rata-rata tekanan alat dilakukan menggunakan data pengukuran tekanan alat antara rentang tanggal 31 Januari 2023 hingga 5 Februari 2023. Interval pengiriman data tekanan udara adalah setiap satu jam sekali selama 12 jam per hari. Hal ini menyesuaikan dengan pengukuran data tekanan menggunakan alat ukur manual pada waktu dan tempat yang sama.

Data rata-rata tekanan alat tidak dibagi menjadi dua periode seperti data suhu dan kelembaban dikarenakan data sekunder dari BMKG tidak menyediakan data tekanan udara. Oleh karena itu, data rata-rata tekanan alat hanya akan diuji akurasinya terhadap data tekanan rata-rata alat ukur manual. Olah data rata-rata tekanan alat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.17.3. Olah Data Rata-Rata Tekanan Alat

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean
Pressure_D9	13	994.1	998.4	12953.0	996.4
Pressure_D10	13	994.3	998.5	12953.2	996.4
Pressure_D11	13	994.2	998.3	12955.7	996.6
Pressure_D12	13	994.2	999.0	12959.2	996.9
Pressure_D13	13	993.8	997.3	12941.6	995.5
Pressure_D14	13	993.8	997.4	12941.8	995.5
Valid N (listwise)	13				

3.17.4. Olah Data Rata-Rata Suhu Alat Ukur Manual

Pengukuran menggunakan alat ukur manual sebagaimana yang dimaksud pada subbab 3.15.4. adalah dimaksudkan untuk mendapatkan data pembandingan bagi pengukuran otomatis yang dilakukan oleh alat yang dibuat oleh penulis. Pengukuran

dilakukan pada rentang tanggal antara 31 Januari 2023 hingga 5 Februari 2023. Pengukuran dimulai dari jam 06.00 dan berakhir pada 18.00 setiap harinya. Sampel data diambil setiap satu jam sekali. Adapun olah data rata-rata suhu alat ukur manual dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.17.4. Olah Data Rata-Rata Suhu Alat Ukur Manual

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean
Temperature_AUM_D9	13	27.9	34.8	402.6	31.0
Temperature_AUM_D10	13	24.8	32.2	373.2	28.7
Temperature_AUM_D11	13	24.7	34.7	384.6	29.6
Temperature_AUM_D12	13	23.9	34.4	379.3	29.2
Temperature_AUM_D13	13	25.3	35.0	399.8	30.8
Temperature_AUM_D14	13	24.3	39.1	419.1	32.2
Valid N (listwise)	13				

Data rata-rata suhu alat ukur manual pada tabel 3.17.4 ini akan dijadikan sebagai data acuan untuk menguji akurasi pengukuran suhu alat otomatis yang penulis buat. Adapun data suhu alat ukur manual yang didapat merupakan data yang setara dengan alat ukur otomatis berbasis IoT yang penulis buat karena pengambilan sampel dilakukan pada waktu dan tempat yang sama.

3.17.5. Olah Data Rata-Rata Kelembaban Alat Ukur Manual

Pengukuran kelembaban udara menggunakan alat ukur manual memiliki maksud yang sama dengan pengukuran suhu alat ukur manual pada subbab 3.17.14 yaitu dimaksudkan untuk mendapatkan data pembandingan yang akan dijadikan acuan bagi data pengukuran kelembaban menggunakan alat ukur otomatis berbasis IoT yang penulis buat. Interval pengiriman data adalah setiap satu jam sekali setiap hari. Periode pengukuran manual adalah antara tanggal 31 Januari 2023 hingga 5 Februari 2023. Data rata-rata kelembaban alat ukur manual dapat dilihat pada tabel berikut.

Tane; 3.17.5. Olah Data Rata-Rata Kelembaban Alat Ukur Manual

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean
Humidity_AUM_D9	13	57.9	76.3	893.3	68.7
Humidity_AUM_D10	13	67.1	90.5	1019.1	78.4
Humidity_AUM_D11	13	60.6	93.6	1006.0	77.4
Humidity_AUM_D12	13	53.9	93.4	943.5	72.6
Humidity_AUM_D13	13	54.0	82.7	858.8	66.1
Humidity_AUM_D14	13	34.7	78.6	725.6	55.8
Valid N (listwise)	13				

Data rata-rata kelembaban alat ukur manual pada tabel 3.17.5 di atas akan dijadikan sebagai data acuan untuk menguji akurasi pengukuran kelembaban alat yang penulis buat. Pengukuran menggunakan alat ukur manual dilakukan di tempat dan waktu yang sama dengan alat yang penulis buat.

3.17.6. Olah Data Rata-Rata Tekanan Alat Ukur Manual

Data rata-rata tekanan alat ukur manual akan digunakan untuk menguji akurasi data pengukuran tekanan alat yang penulis buat. Tempat dan waktu pengukuran dibuat menjadi sama, sehingga dapat dikatakan data pengukurannya setara. Pengambilan sampel data dilakukan setiap satu jam sekali pada periode waktu yang sama selama 12 jam setiap harinya. Yang berbeda adalah metode pengukurannya. Hasil pengolahan data rata-rata tekanan alat ukur manual dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.17.6. Olah Data Rata-Rata Tekanan Alat Ukur Manual

	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean
Pressure_AUM_D9	13	990.5	996.0	12911.5	993.2
Pressure_AUM_D10	13	991.1	996.1	12915.1	993.5
Pressure_AUM_D11	13	990.4	997.0	12917.8	993.7
Pressure_AUM_D12	13	990.5	995.4	12913.0	993.3
Pressure_AUM_D13	13	990.0	993.7	12894.7	991.9
Pressure_AUM_D14	13	990.0	993.7	12896.1	992.0
Valid N (listwise)	13				

3.18. Pengujian Keberhasilan Pengiriman Data Alat

Pengujian keberhasilan pengiriman data alat melalui internet dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian pertama. Perhitungan persentase keberhasilan pengiriman data dilakukan dengan menghitung rasio antara data aktual yang terkirim terhadap total jumlah data yang seharusnya terkirim berdasarkan interval yang sudah diatur. Dalam hal ini, berdasarkan interval yang sudah diatur, maka total data harian yang seharusnya terkirim untuk setiap parameter pengukuran adalah 24 data. Secara matematis, pengujian keberhasilan pengiriman data alat dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\% \text{ keberhasilan} = \frac{Na}{Nb} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.18)}$$

dengan:

Na : Jumlah data pengukuran yang terkirim

Nb : Jumlah data pengukuran yang seharusnya terkirim

Pada setiap pengukuran otomatis oleh alat, sensor BME280 mengukur tiga parameter cuaca sekaligus yaitu suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Oleh karena itu, hasil pengujian keberhasilan pengiriman data alat berlaku untuk kesemua parameter. Adapun sumber data untuk pengujian ini adalah berdasarkan data pada tabel 3.17.1.a. dan tabel 3.17.2.a. kolom pertama yaitu jumlah data aktual yang terkirim ke basis data.

Tabel 3.18. Persentase Keberhasilan Pengiriman Data Pengukuran Alat

No.	Hari, Tanggal	Na	Nb	Keberhasilan (%)
1	Senin, 23 Januari 2023	23	24	95,83
2	Selasa, 24 Januari 2023	23	24	95,83
3	Rabu, 25 Januari 2023	24	24	100
4	Kamis, 26 Januari 2023	23	24	95,83
5	Jum'at, 27 Januari 2023	24	24	100
6	Sabtu, 28 Januari 2023	23	24	95,83
7	Minggu, 29 Januari 2023	24	24	100
Rata-rata				97,62

3.19. Pengujian Keberhasilan Akuisisi dan Display Data Pada Aplikasi Android

Keberhasilan pengiriman data pengukuran parameter cuaca ke basis data Firebase adalah salah satu indikator keberhasilan penelitian, yaitu untuk menjawab tujuan penelitian pertama. Namun, hal tersebut belumlah cukup. Penelitian ini juga mencoba menjawab tujuan penelitian yang kedua yaitu membuat aplikasi *Android* yang dapat menampilkan data hasil pengukuran. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian untuk dapat mengukur sejauh mana keberhasilan akuisisi dan *display* data pengukuran pada aplikasi *Android*.

Akuisisi dan *display* data pengukuran pada aplikasi *Android* merupakan bagian yang sudah termasuk pada rancangan program aplikasi. Dengan kata lain, bila akuisisi data dari basis data Firebase berhasil maka otomatis data akan tampil pada layar *Android* karena hal tersebut merupakan bagian dari program. Pengujian keberhasilan akuisisi dan *display* data pengukuran pada aplikasi *Android* dilakukan dengan mengambil data sampel pengukuran oleh alat dan kemudian dilakukan pengecekan secara manual apakah data pada aplikasi *Android* sama dengan data yang terkirim oleh alat ke basis data tiap interval 1 jam atau tidak. Bila sama, maka akuisisi dan *display* data pada aplikasi *Android* dianggap berhasil. Hasil pengujian ini dapat disimpulkan berdasarkan nilai rata-rata keberhasilan akuisisi dan *display* data pengukuran pada aplikasi *Android*.

Tabel 3.19. Persentase Keberhasilan Akuisisi dan Display Data Pada Aplikasi Android

No.	Hari, Tanggal	Jam	Parameter	Data Pada Basis Data	Data Pada Aplikasi	Data Sesuai
1	Senin, 23 Januari 2023	08:00	Suhu	28,5	28,5	YA
2		09:00	Suhu	29,7	29,7	YA
3		10:00	Suhu	28,8	28,8	YA
4		11:00	Suhu	32,2	32,2	YA
5		12:00	Suhu	32,4	32,4	YA
6	Selasa, 24 Januari 2023	08:01	Kelembaban	73,5	73,5	YA
7		09:01	Kelembaban	65,2	65,2	YA
8		10:01	Kelembaban	62,0	62,0	YA

9		11:01	Kelembaban	61,2	61,2	YA
10		12:01	Kelembaban	59,9	59,9	YA
11	Rabu, 25 Januari 2023	08:02	Tekanan	997,3	997,3	YA
12		09:02	Tekanan	997,5	997,5	YA
13		10:02	Tekanan	997,6	997,6	YA
14		11:02	Tekanan	997,4	997,4	YA
15		12:02	Tekanan	996,9	996,9	YA

Setelah didapatkan data pengujian seperti pada tabel 3.19 di atas, maka penentuan persentase keberhasilan akuisisi dan *display* data pengukuran pada aplikasi *Android* dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$\% \text{ keberhasilan} = \frac{\text{Jumlah Data Sesuai}}{\text{Total Data Yang Diuji}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.19)}$$

Berdasarkan 15 sampel data yang diambil dari data primer penelitian yang terdapat pada tabel 3.19, didapatkan bahwa persentase keberhasilan akuisisi dan *display* data pada aplikasi *Android* mencapai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa data pengukuran yang sudah berhasil dikirimkan oleh alat berhasil diakuisisi dan ditampilkan seluruhnya pada aplikasi *Android*.

3.20. Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data Suhu BMKG

Pengujian akurasi data suhu rata-rata harian yang dilakukan oleh alat tiap interval satu jam terhadap data suhu rata-rata harian BMKG dilakukan dengan mencari persentase error data suhu rata-rata alat terhadap data suhu rata-rata BMKG di hari yang sama. Persentase error data didapat dengan menghitung nilai absolut rasio selisih data suhu rata-rata alat dari data suhu rata-rata BMKG terhadap data suhu rata-rata BMKG itu sendiri. Secara matematis, rumus penghitungan persentase error tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\% \text{ error} = \left| \frac{T_a - T_b}{T_b} \right| \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.20.1)}$$

dengan:

Ta : Suhu rata-rata alat (°C)

Tb : Suhu rata-rata BMKG (°C)

Dari persentase error yang didapat, maka dapat ditentukan ketelitian pengukuran suhu yang dilakukan oleh alat terhadap data pengukuran suhu oleh BMKG dengan rumus:

$$\% \text{ Akurasi} = 100\% - \text{error} \dots\dots\dots \text{ (Persamaan 3.20.2)}$$

Hasil pengujian data pengukuran suhu rata-rata alat terhadap data suhu rata-rata BMKG adalah sebagai berikut.

Tabel 3.20. Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data BMKG

Hari, Tanggal	Ta (°C)	Tb (°C)	ΔT (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
Senin, 23/01/2023	29,7	26,1	3,6	13,61	86,39
Selasa, 24/01/2023	30,4	25,5	4,9	19,22	80,78
Rabu, 25/01/2023	27,0	23,9	3,1	13,14	86,86
Kamis, 26/01/2023	29,4	25,0	4,4	17,66	82,34
Jum'at, 27/01/2023	29,5	26,2	3,3	12,76	87,24
Sabtu, 28/01/2023	27,5	24,6	2,9	11,94	88,06
Minggu, 29/01/2023	28,5	25,6	3,0	11,63	88,37
Rata-Rata				14,28	85,72

Dari tabel 3.20, didapatkan bahwa akurasi rata-rata pengukuran suhu alat terhadap data suhu BMKG adalah 85,72%.

3.21. Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data Kelembaban BMKG

Pengujian akurasi data kelembaban rata-rata alat terhadap data kelembaban rata-rata BMKG dilakukan dengan mencari persentase nilai absolut perbandingan selisih data kelembaban terhadap data acuan. Dalam hal ini yang menjadi data acuan adalah data dari BMKG. Dengan kata lain, untuk mencari akurasi data pengukuran alat adalah untuk

mencari nilai error-nya terhadap data dari BMKG. Secara matematis, persamaan untuk mencari error data kelembaban rata-rata udara adalah sebagai berikut.

$$\% \text{ error} = \left| \frac{RH_a - RH_b}{RH_b} \right| \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.21)}$$

dengan:

RHa : Kelembaban rata-rata alat (%)

RHb : Kelembaban rata-rata BMKG (%)

Adapun untuk mencari akurasi atau ketelitian dari hasil pengukuran, maka digunakan rumus yang sama seperti persamaan 3.20.2.

Tabel berikut ini menunjukkan hasil uji akurasi data pengukuran kelembaban rata-rata alat terhadap data kelembaban rata-rata BMKG pada periode waktu yang sama.

Tabel 3.21. Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data BMKG

Hari, Tanggal	RHa (%)	RHb (%)	ΔRH (%)	Error (%)	Akurasi (%)
Senin, 23/01/2023	66	84	18	21,49	78,51
Selasa, 24/01/2023	64	84	20	23,97	76,03
Rabu, 25/01/2023	75	93	18	19,13	80,87
Kamis, 26/01/2023	63	85	22	25,36	74,64
Jum'at, 27/01/2023	67	86	19	21,55	78,45
Sabtu, 28/01/2023	78	92	14	15,05	84,95
Minggu, 29/01/2023	72	89	17	19,04	80,96
Rata-Rata				20,80	79,20

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa persentase akurasi rata-rata pengukuran kelembaban udara alat terhadap data kelembaban udara BMKG hanya mencapai 79,2%.

3.22. Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data Suhu Alat Ukur Manual

Pengujian akurasi data suhu rata-rata harian yang dilakukan oleh alat terhadap data suhu rata-rata harian alat ukur manual dilakukan dengan mencari persentase error data

suhu rata-rata alat terhadap data suhu rata-rata alat ukur manual di hari yang sama. Persentase error data didapat dengan menghitung nilai absolut rasio selisih data suhu rata-rata alat dari data suhu rata-rata alat ukur manual terhadap data suhu rata-rata alat ukur manual itu sendiri. Secara matematis, rumus penghitungan persentase error tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\% \text{ error} = \left| \frac{T_a - T_{aum}}{T_{aum}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.22)}$$

dengan:

T_a : Suhu rata-rata alat ($^{\circ}\text{C}$)

T_{aum} : Suhu rata-rata alat ukur manual ($^{\circ}\text{C}$)

Adapun untuk mencari akurasi atau ketelitian dari hasil pengukuran, maka digunakan rumus yang sama seperti persamaan 3.20.2.

Pengujian akurasi pengukuran suhu oleh alat yang penulis buat terhadap data pengukuran suhu oleh alat ukur manual bertujuan untuk menggambarkan sejauh mana data pengukuran suhu oleh alat yang penulis buat akurat terhadap data pengukuran suhu oleh alat ukur manual pada tempat dan waktu yang sama. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3.22. Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data Alat Ukur Manual

Hari, Tanggal	T_a ($^{\circ}\text{C}$)	T_{aum} ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	Error (%)	Akurasi (%)
Selasa, 31/01/2023	30,5	31,0	0,5	1,48	98,52
Rabu, 01/02/2023	29,3	28,7	0,6	2,17	97,83
Kamis, 02/02/2023	29,4	29,6	0,2	0,74	99,26
Jum'at, 03/02/2023	29,0	29,2	0,2	0,71	99,29
Sabtu, 04/02/2023	30,5	30,8	0,2	0,70	99,30
Minggu, 05/02/2023	32,3	32,2	0,1	0,28	99,72
Rata-Rata				1,01	98,99

70

Dari tabel di atas dapat terlihat bahwa rata-rata akurasi pengukuran suhu alat terhadap suhu alat ukur manual menunjukkan persentase akurasi yang tinggi yaitu 98,99%.

3.23. Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data Kelembaban Alat Ukur Manual

Pengujian akurasi data kelembaban rata-rata alat terhadap data kelembaban rata-rata alat ukur manual dilakukan dengan mencari persentase error data kelembaban rata-rata alat terhadap data kelembaban rata-rata alat ukur manual di hari yang sama.

Persentase error data didapat dengan menghitung nilai absolut rasio selisih data kelembaban rata-rata alat dari data kelembaban rata-rata alat ukur manual terhadap data kelembaban rata-rata alat ukur manual itu sendiri. Secara matematis, rumus penghitungan persentase error tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\% \text{ error} = \left| \frac{RH_a - RH_{aum}}{RH_{aum}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.23)}$$

dengan:

RHa : Kelembaban rata-rata alat (%)

RHaum : Kelembaban rata-rata alat ukur manual (%)

Adapun untuk mencari akurasi atau ketelitian dari hasil pengukuran, maka digunakan rumus yang sama seperti persamaan 3.20.2. Tabel hasil pengujian akurasi data kelembaban rata-rata alat terhadap data kelembaban rata-rata alat ukur manual dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.23. Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data Alat Ukur Manual

Hari, Tanggal	RHa (%)	RHaum (%)	ΔRH (%)	Error (%)	Akurasi (%)
Selasa, 31/01/2023	65,2	68,7	3,5	5,16	94,84
Rabu, 01/02/2023	71,2	78,4	7,2	9,20	90,80
Kamis, 02/02/2023	72,8	77,4	4,6	5,94	94,06
Jum'at, 03/02/2023	68,8	72,6	3,7	5,14	94,86

Sabtu, 04/02/2023	62,0	66,1	4,0	6,09	93,91
Minggu, 05/02/2023	50,7	55,8	5,1	9,13	90,87
Rata-Rata				6,78	93,22

70

Dari tabel di atas dapat terlihat bahwa rata-rata akurasi pengukuran kelembaban alat terhadap data kelembaban alat ukur manual menunjukkan persentase akurasi 93,22%.

3.24. Pengujian Akurasi Data Tekanan Alat Terhadap Data Tekanan Alat Ukur Manual

Pengujian akurasi data tekanan udara rata-rata harian yang dilakukan oleh alat yang penulis buat terhadap data tekanan udara rata-rata harian alat ukur manual dilakukan dengan mencari persentase error data tekanan udara rata-rata alat terhadap data tekanan udara rata-rata alat ukur manual di hari yang sama. Persentase error data bisa didapatkan dengan cara menghitung nilai absolut rasio selisih data tekanan udara rata-rata alat dari data tekanan udara rata-rata alat ukur manual terhadap data tekanan udara rata-rata alat ukur manual itu sendiri. Secara matematis, rumus penghitungan persentase error tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\% \text{ error} = \left| \frac{P_a - P_{aum}}{P_{aum}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.24)}$$

dengan:

P_a : Tekanan udara rata-rata alat (hPa)

P_{aum} : Tekanan udara rata-rata alat ukur manual (hPa)

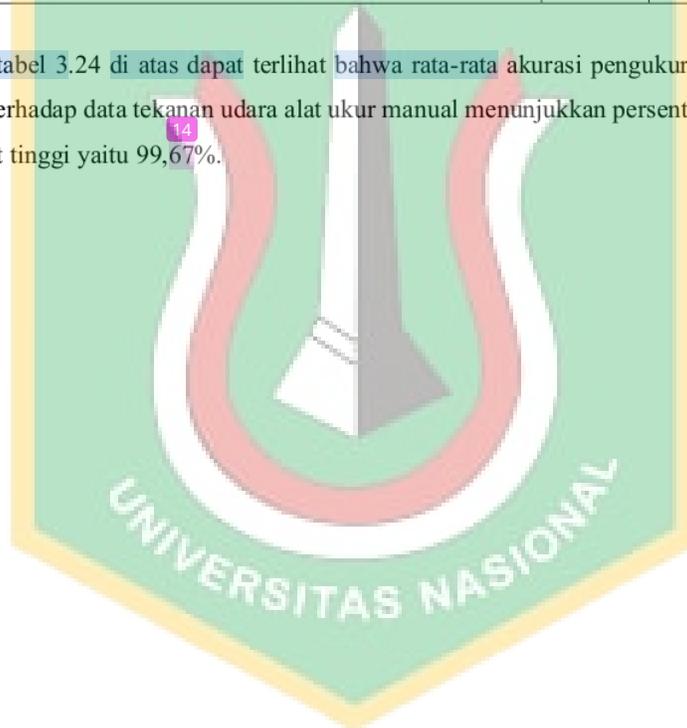
Adapun untuk mencari akurasi atau ketelitian dari hasil pengukuran, maka digunakan rumus yang sama seperti persamaan 3.20.2.

Pengujian akurasi pengukuran data tekanan udara oleh alat yang penulis buat terhadap data pengukuran tekanan udara oleh alat ukur manual bertujuan untuk menggambarkan sejauh mana data pengukuran tekanan udara oleh alat yang penulis buat akurat terhadap data pengukuran tekanan oleh alat ukur manual pada tempat dan waktu yang sama. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3.24. Pengujian Akurasi Data Tekanan Alat Terhadap Data Alat Ukur Manual

Hari, Tanggal	Pa (hPa)	Paum (hPa)	ΔP (hPa)	Error (%)	Akurasi (%)
Selasa, 31/01/2023	996,4	993,2	3,2	0,32	99,68
Rabu, 01/02/2023	996,4	993,5	2,9	0,29	99,71
Kamis, 02/02/2023	996,6	993,7	2,9	0,29	99,71
Jum'at, 03/02/2023	996,9	993,3	3,5	0,36	99,64
Sabtu, 04/02/2023	995,5	991,9	3,6	0,36	99,64
Minggu, 05/02/2023	995,5	992,0	3,5	0,35	99,65
Rata-Rata				0,33	99,67

120
 Dari tabel 3.24 di atas dapat terlihat bahwa rata-rata akurasi pengukuran tekanan udara alat terhadap data tekanan udara alat ukur manual menunjukkan persentase akurasi yang sangat tinggi yaitu 99,67%.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Keberhasilan Pengiriman Data Alat

Pada tabel 3.18 pada bab sebelumnya dapat dilihat hasil pengujian keberhasilan pengiriman data alat melalui internet dalam konteks arsitektur IoT. Dari tabel dapat disimpulkan bahwa persentase rata-rata keberhasilan pengiriman data alat adalah 97,62%. Secara grafik, hasil tersebut dapat direpresentasikan pada grafik berikut.

Grafik 4.1. Grafik Pengujian Keberhasilan Pengiriman Data Alat



Dari grafik di atas, memperlihatkan total data yang berhasil dikirim terhadap total data yang seharusnya dikirim oleh alat. Garis biru merupakan total data yang berhasil dikirim oleh alat pada periode 23 Januari 2023 hingga 29 Januari 2023. Sedangkan, garis oranye adalah total data yang seharusnya terkirim oleh alat berdasarkan program yang sudah diatur.

Titik yang berhimpit antara garis biru dan garis oranye menunjukkan bahwa data pengukuran alat berhasil dikirim 100% terhadap jumlah data yang memang seharusnya

terkirim. Sedangkan, deviasi dari nilai tersebut menunjukkan bahwa ada data yang tidak berhasil dikirim pada periode waktu pengukuran tersebut. Misal, pada hari pertama, total data yang terkirim adalah 23 data sementara total data yang seharusnya dikirim berdasarkan program adalah 24 data. Hal ini menunjukkan bahwa ada 1 kali kegagalan dalam pengiriman data alat melalui internet.

Nilai persentase keberhasilan pengiriman data alat yang mencapai 97,62% menunjukkan bahwa tujuan penelitian pertama untuk dapat membuat prototipe alat pemantau cuaca portabel yang dapat mengirimkan data pemantauannya melalui jaringan internet bisa dikatakan telah tercapai mengingat hanya terjadi sedikit sekali kegagalan pengiriman data melalui internet oleh alat yang penulis buat. Dengan kata lain, arsitektur IoT dapat diandalkan untuk pengukuran data cuaca di mana data pengukurannya dapat dikirimkan melalui jaringan internet.

Adapun kegagalan pengiriman data yang terjadi dapat diakibatkan karena sinyal WiFi yang terganggu pada saat ESP32 mencoba melakukan koneksi ke WiFi berdasarkan program yang sudah diatur.

4.2. Hasil Pengujian Keberhasilan Akuisisi dan Display Data Pada Aplikasi Android

Berdasarkan hasil perhitungan terhadap data pengujian pada tabel 3.19 pada bab sebelumnya, dapat dilihat bahwa persentase keberhasilan akuisisi dan penampilan data pengukuran pada aplikasi *Android* mencapai nilai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa dari kesemua percobaan akuisisi dan penampilan data pada aplikasi *Android* terhadap data pengukuran yang sudah berhasil dikirim oleh alat ke basis data *Firestore* tidak didapati kegagalan sama sekali. Dengan kata lain, semua data pengukuran pada waktu yang ditetapkan berhasil diakuisisi oleh aplikasi dan ditampilkan.

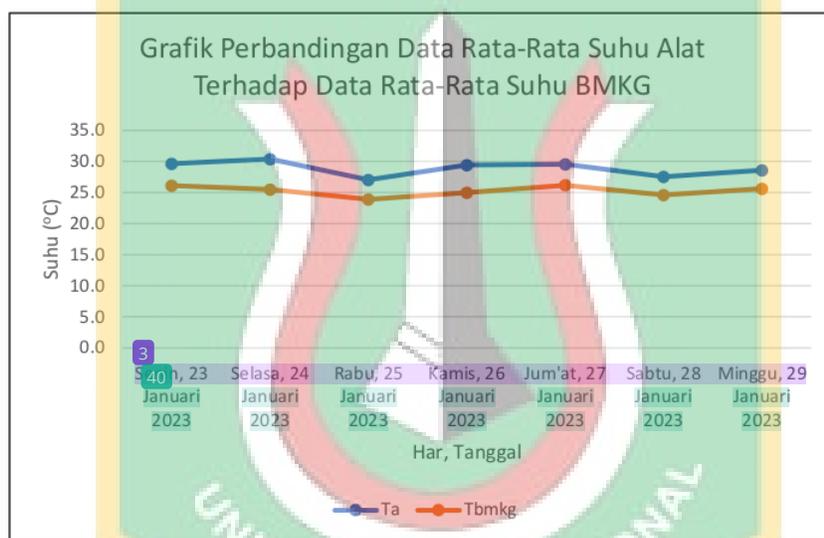
Hal tersebut juga menunjukkan bahwa hasil pengujian ini menjawab tujuan penelitian penulis yang kedua yaitu membuat aplikasi ponsel pintar *Android* yang dapat digunakan untuk mengakuisisi serta menampilkan data hasil pemantauan parameter cuaca alat melalui jaringan internet. Tabel 3.19 menunjukkan adanya sinkronisasi data

pengukuran parameter cuaca yang dikirim oleh alat dengan data yang diakuisisi dan ditampilkan pada aplikasi.

4.3. Hasil Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data Suhu BMKG

Hasil pengujian akurasi data suhu alat terhadap data suhu BMKG didasarkan pada pengujian data di tabel 3.20 pada bab sebelumnya. Dari data di tabel 3.20 didapati bahwa persentase akurasi pengukuran suhu yang dilakukan oleh alat yang penulis buat terhadap data suhu BMKG pada periode waktu yang sama mendapatkan nilai rata-rata akurasi 85,72%. Secara grafik, hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada grafik berikut ini.

Grafik 4.3. Grafik Perbandingan Rata-Rata Suhu Alat Terhadap Rata-Rata Suhu BMKG



Dapat disimpulkan dari data pengujian dan dari grafik bahwa deviasi data pengukuran suhu yang dilakukan oleh alat yang penulis buat terhadap data suhu BMKG di periode waktu yang sama masih terbilang cukup tinggi. Pada grafik, garis biru merupakan data pengukuran suhu yang dilakukan oleh alat yang penulis buat. Sedangkan, garis oranye merupakan data suhu rata-rata harian BMKG. Hasil yang ideal dapat direpresentasikan oleh kedua garis yang saling berhimpit. Adapun simpangan yang terjadi antara garis biru terhadap garis oranye menggambarkan deviasi yang terjadi. Pembahasan

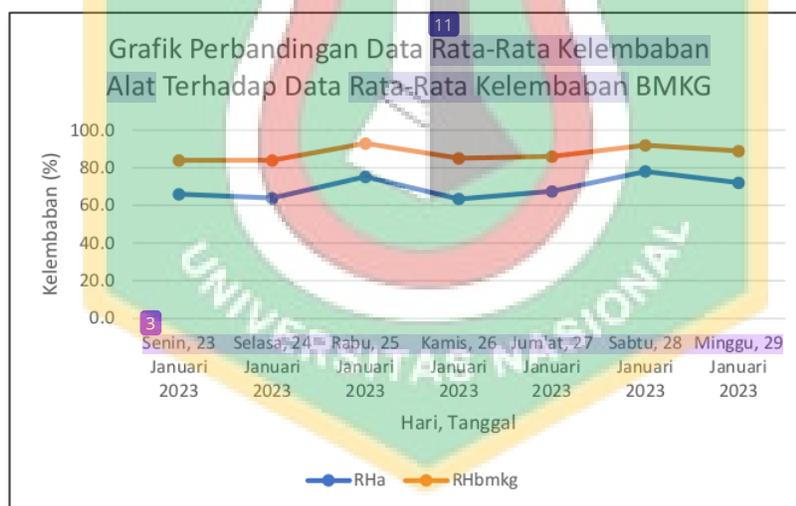
mengenai error data pengukuran suhu yang terjadi akan dibahas pada subbab 4.8 pada bab yang sama ini.

4.4. Hasil Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data Kelembaban BMKG

Hasil pengujian akurasi data kelembaban alat terhadap data kelembaban BMKG didasarkan pada pengujian data di tabel 3.21 pada bab sebelumnya. Dari data di tabel 3.21 didapati bahwa persentase akurasi pengukuran kelembaban yang dilakukan oleh alat yang penulis buat terhadap data kelembaban BMKG pada periode waktu yang sama hanya mendapatkan nilai rata-rata akurasi 79,2%. Nilai persentase ini masih sangat rendah untuk dapat menyimpulkan akurasi pengukuran kelembaban udara oleh alat yang penulis buat.

Untuk mempelajari lebih jauh hasil pengujian ini, penulis menyajikan perbandingan data kelembaban dalam bentuk grafik sebagai berikut.

Grafik 4.4. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kelembaban Alat Terhadap Rata-Rata Kelembaban BMKG



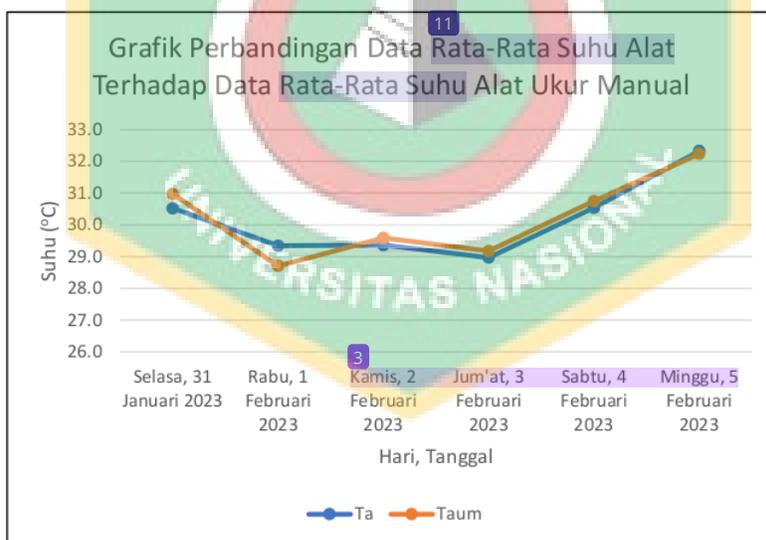
Dari grafik dapat disimpulkan bahwa deviasi data pengukuran kelembaban yang dilakukan oleh alat yang penulis buat terhadap data kelembaban BMKG di periode waktu yang sama masih terbilang cukup tinggi. Pada grafik, garis biru merupakan data

pengukuran kelembaban yang dilakukan oleh alat yang penulis buat. Sedangkan, garis oranye merupakan data kelembaban rata-rata BMKG pada periode waktu yang sama. Hasil yang ideal dapat direpresentasikan oleh kedua garis yang saling berhimpit. Adapun simpangan yang terjadi antara garis biru terhadap garis oranye menggambarkan deviasi yang terjadi antara data pengukuran terhadap data BMKG. Pembahasan mengenai error data pengukuran kelembaban yang terjadi akan dibahas pada subbab 4.8 pada bab yang sama ini.

4.5. Hasil Pengujian Akurasi Data Suhu Alat Terhadap Data Suhu Alat Ukur Manual

Tujuan pengukuran suhu udara dengan alat ukur manual adalah sebagai pengujian pembandingan data suhu alat selain terhadap data suhu BMKG. Hasil pengujian data suhu alat terhadap data suhu alat ukur manual dapat dilihat pada tabel 3.22 pada bab sebelumnya. Secara grafik hasil pengujian data rata-rata suhu alat terhadap data rata-rata suhu alat ukur manual dapat dilihat pada grafik berikut.

Grafik 4.5. Grafik Perbandingan Rata-Rata Suhu Alat Terhadap Rata-Rata Suhu Alat Ukur Manual



Dari hasil pengujian data suhu alat yang penulis buat terhadap data suhu alat ukur manual didapatkan rata-rata persentase akurasi yang cukup tinggi yaitu mencapai 98,99%. Pada grafik, garis biru merupakan data pengukuran suhu yang dilakukan oleh alat yang penulis buat. Sedangkan, garis oranye merupakan data suhu rata-rata alat ukur manual. Hasil yang ideal dapat direpresentasikan oleh kedua garis yang saling berhimpit. Adapun simpangan yang terjadi antara garis biru terhadap garis oranye menggambarkan deviasi yang terjadi.

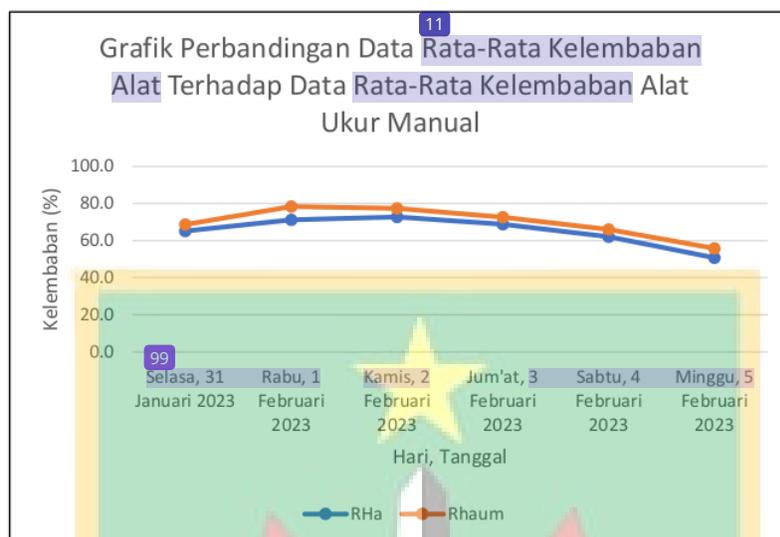
Secara keseluruhan, pada grafik dapat terlihat data suhu alat yang penulis buat terhadap data suhu alat ukur manual cukup berhimpit, menandakan deviasi yang terjadi cukup sedikit atau dengan kata lain data pengukuran keduanya terbilang dekat. Namun, untuk penyimpangan yang cukup jauh seperti pada hari rabu, tanggal 1 Februari 2023 dimungkinkan terjadi karena beberapa hal seperti kesalahan pengamatan menggunakan alat ukur manual atau malfungsi pada sistem pengukuran alat.

Secara garis besar, berdasarkan data pengujian yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa pengukuran suhu rata-rata alat yang penulis buat terhadap suhu rata-rata alat ukur manual pada hari yang sama adalah akurat dengan persentase akurasi mencapai 98,99%.

4.6. Hasil Pengujian Akurasi Data Kelembaban Alat Terhadap Data Kelembaban Alat Ukur Manual

Tujuan pengukuran kelembaban udara dengan alat ukur manual adalah sebagai pengujian pembandingan data kelembaban alat selain terhadap data kelembaban BMKG. Hasil pengujian data kelembaban alat terhadap data kelembaban alat ukur manual dapat dilihat pada tabel 3.23 pada bab sebelumnya. Secara grafik hasil pengujian data rata-rata kelembaban alat terhadap data rata-rata kelembaban alat ukur manual dapat dilihat pada grafik berikut.

Grafik 4.6. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kelembaban Alat Terhadap Rata-Rata Kelembaban Alat Ukur Manual



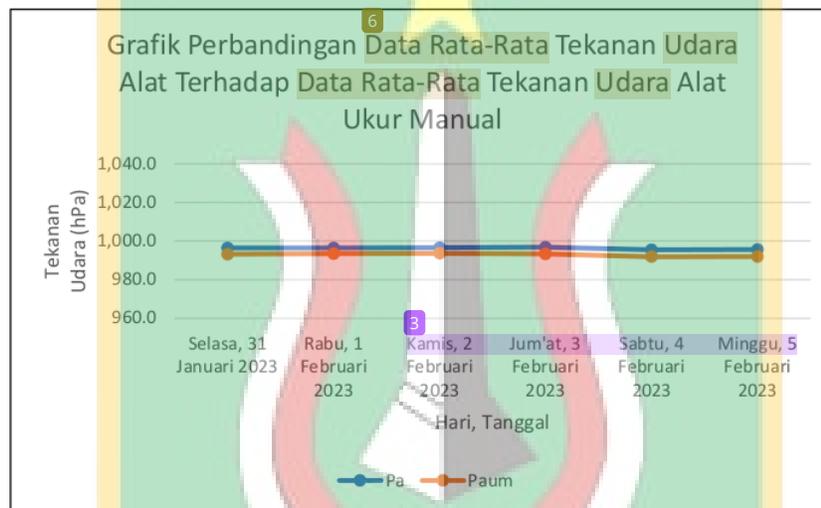
Dari hasil pengujian data kelembaban alat yang penulis buat terhadap data kelembaban alat ukur manual didapatkan rata-rata persentase akurasi pengukuran sebesar 93,22%. Pada grafik, garis biru merepresentasikan data pengukuran kelembaban oleh alat yang penulis buat. Sedangkan, garis oranye merepresentasikan data kelembaban rata-rata alat ukur manual. Hasil yang ideal dapat digambarkan dengan kedua garis yang saling berhimpit. Adapun simpangan yang terjadi antara garis biru terhadap garis oranye menggambarkan deviasi yang terjadi.

Secara keseluruhan, pada grafik dapat terlihat data kelembaban alat yang penulis buat terhadap data kelembaban alat ukur manual cukup berhimpit, menandakan deviasi yang terjadi cukup sedikit atau dengan kata lain data aktual pengukuran kedua alat terbilang dekat. Secara garis besar, berdasarkan data pengujian yang dihasilkan serta representasi visual dari grafik, dapat disimpulkan bahwa pengukuran kelembaban rata-rata alat yang penulis buat terhadap kelembaban rata-rata alat ukur manual pada hari yang sama adalah cukup akurat.

4.7. Hasil Pengujian Akurasi Data Tekanan Alat Terhadap Data Tekanan Alat Ukur Manual

Hasil pengujian data tekanan udara alat terhadap data tekanan udara alat ukur manual dapat dilihat pada tabel 3.24 pada bab sebelumnya. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur sejauh mana persentase akurasi pengukuran tekanan udara alat yang penulis buat terhadap pengukuran tekanan udara alat ukur manual pada periode waktu yang sama. Secara grafik, hasil dari pengujian akurasi tekanan udara alat penulis terhadap alat ukur manual dapat dilihat pada grafik berikut ini.

Grafik 4.7. Grafik Perbandingan Rata-Rata Tekanan Alat Terhadap Rata-Rata Tekanan Alat Ukur Manual



Berdasarkan data hasil pengujian akurasi tekanan udara alat terhadap tekanan udara alat ukur manual pada tabel 3.24 di bab sebelumnya, didapatkan rata-rata persentase pengukuran yang cukup tinggi yaitu mencapai 99,67%. Pada grafik, garis biru merepresentasikan data pengukuran tekanan udara oleh alat yang penulis buat. Sedangkan, garis oranye merepresentasikan data tekanan udara rata-rata alat ukur manual. Hasil yang ideal dapat digambarkan dengan kedua garis yang saling berhimpit. Adapun simpangan yang terjadi antara garis biru terhadap garis oranye menggambarkan deviasi yang terjadi.

Secara keseluruhan, pada grafik dapat terlihat data tekanan udara alat yang penulis buat terhadap data tekanan alat ukur manual cukup berhimpit, menandakan deviasi yang

terjadi cukup sedikit atau dengan kata lain data aktual pengukuran kedua alat terbilang dekat nilainya. Secara garis besar, berdasarkan data pengujian yang dihasilkan serta representasi visual dari grafik, dapat disimpulkan bahwa pengukuran tekanan udara rata-rata alat yang penulis buat terhadap tekanan udara rata-rata alat ukur manual pada hari yang sama adalah akurat dengan akurasi pengukuran mencapai 99,67%.

4.8. Analisa Error Pengukuran Data Suhu dan Kelembaban Alat Terhadap Data Suhu dan Kelembaban BMKG.

Pada subbab 4.3 dan 4.4. pada bab yang sama ini, penulis telah memaparkan hasil pengujian akurasi pengukuran data suhu dan kelembaban alat yang penulis buat terhadap data BMKG. Dari kedua pengujian tersebut masih didapatkan error yang cukup tinggi. Sehingga, penulis belum dapat menyimpulkan bahwa alat yang penulis buat cukup akurat bila dibandingkan dengan data BMKG. Pada pengujian didapatkan bahwa akurasi rata-rata pengukuran suhu yang penulis dapatkan hanya mencapai 85,72%. Sedangkan, akurasi rata-rata pengukuran kelembaban hanya mencapai 79,2%. Pada subbab ini, penulis akan coba memaparkan analisa atas error pengukuran suhu dan kelembaban alat yang penulis buat terhadap data suhu dan kelembaban BMKG pada periode waktu yang sama. Adapun faktor-faktor yang dapat menyebabkan error pengukuran tersebut di antaranya:

1. Perbedaan ketinggian pengukuran alat terhadap alat BMKG
2. Perbedaan sensor yang digunakan
3. Error sistem pengukuran

Penulis akan coba memaparkan hasil analisa terhadap faktor-faktor penyebab error tersebut satu per satu.

Kemungkinan penyebab error data suhu dan kelembaban alat penulis terhadap data suhu dan kelembaban BMKG yang pertama adalah perbedaan ketinggian pengukuran. Sebagaimana yang penulis sampaikan pada subbab 3.15 mengenai metode pengukuran, alat yang penulis buat ditempatkan pada ketinggian 109 m di atas permukaan air laut, sementara alat ukur suhu dan kelembaban BMKG yang penulis jadikan acuan berada pada ketinggian 180 m di atas permukaan air laut. Hal ini menunjukkan perbedaan yang

signifikan pada posisi ketinggian penempatan alat. Secara ilmu geografi, semakin tinggi suatu tempat maka kelembaban udara di tempat tersebut semakin tinggi [26]. Dan kelembaban udara berbanding terbalik dengan kenaikan suhu. Kelembaban udara yang tinggi menggambarkan suhu yang rendah. Sehingga, dapat dikatakan bahwa perbedaan ketinggian penempatan alat ukur ini merupakan salah satu faktor utama yang dapat menyebabkan nilai error yang cukup tinggi pada alat ukur suhu dan kelembaban yang penulis buat terhadap alat ukur suhu dan kelembaban BMKG.

Kemungkinan penyebab error data suhu dan kelembaban alat penulis terhadap data suhu dan kelembaban BMKG yang kedua sangat berkorelasi dengan kemungkinan penyebab error yang ketiga yaitu karena perbedaan sensor pengukuran. Sensor yang penulis gunakan yaitu sensor BME280 merupakan sensor digital. Sedangkan, sensor pengukuran suhu dan kelembaban BMKG adalah termometer bola kering yang merupakan sensor analog. Sensor analog dapat menghasilkan data pengukuran langsung. Sedangkan, pada sensor digital, terdapat proses sistem pengukuran untuk mendapatkan representasi data pengukuran sensor ke dalam kuantitas digital. Proses tersebut di antaranya kuantisasi sinyal analog menjadi diskrit, *signal conditioning*, *analog to digital conversion*, dll. Proses tersebut sangat dimungkinkan terjadinya derau pada sinyal [27] yang mengakibatkan pembacaan sensor digital menyimpang dari nilai sebenarnya. Error ini termasuk ke dalam kategori error instrumen [28].

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, penulis dapat menyimpulkan beberapa hal, di antaranya:

1. Perancangan alat pemantau cuaca yang portabel berhasil dilakukan. Di mana, alat pemantau cuaca ini bisa dengan mudah dipindahkan karena menggunakan stand yang portabel. Sistem pengukuran parameter cuaca melekat pada stand tersebut. Selain itu, alat pemantau cuaca ini juga dapat melakukan pengukuran data cuaca berupa suhu, kelembaban, serta tekanan udara yang mana data pengukurannya dapat dikirimkan melalui jaringan internet. Hasil pengujian pengiriman data pengukuran parameter cuaca alat yang penulis buat menunjukkan persentase keberhasilan pengiriman data mencapai rata-rata 97,62%. Hal ini menunjukkan bahwa arsitektur IoT sangat kompatibel dan reliabel untuk digunakan sebagai media transmisi data pengukuran cuaca.
2. Aplikasi Android yang dapat mengakuisisi dan menampilkan data pemantauan cuaca alat berhasil dibuat di mana data pengukuran parameter cuaca yang sudah berhasil dikirimkan oleh alat dapat diakuisisi dan ditampilkan dengan akurat pada aplikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase keberhasilan akuisisi dan penampilan data mencapai 100% yang berarti setiap data pengukuran yang sudah dikirim oleh alat dapat dengan baik diakuisisi dan ditampilkan pada aplikasi melalui jaringan internet.
3. Pengukuran parameter cuaca menggunakan sensor BME280 mendapatkan rata-rata akurasi yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan data pengukuran terhadap alat ukur cuaca di tempat dan waktu yang sama menggunakan alat ukur manual. Sedangkan, mendapatkan akurasi yang tidak terlalu tinggi bila dibandingkan dengan data cuaca dari stasiun klimatologi terdekat yang berjarak sekitar 25 km dari lokasi pemantauan dan pada ketinggian yang berbeda. Faktor

yang dapat menyebabkan error pengukuran terhadap data BMKG tersebut di antaranya adalah karena perbedaan ketinggian lokasi penempatan alat terhadap alat ukur BMKG serta karena penggunaan sensor yang berbeda. Alat ukur suhu dan kelembaban BMKG merupakan termometer bola kering yang merupakan alat ukur analog. Sedangkan, sensor yang penulis gunakan adalah sensor BME280 yang merupakan sensor digital. Sensor digital sangat mungkin untuk mendapatkan derau sinyal pada pembacaan besaran fisis yang sedang dilakukan.

31

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang penulis lakukan, ada beberapa saran yang penulis dapat berikan kepada pembaca atau penelitian lain yang di kemudian hari mengambil topik yang sama:

1. Lokasi penempatan alat ukur cuaca berbasis IoT sebaiknya tidak terlalu jauh dengan lokasi stasiun cuaca BMKG terdekat yang menjadi sumber data cuaca acuan. Sehingga dapat dipastikan bahwa posisi ketinggian sensor alat dan alat ukur BMKG adalah sama.
2. Pengembangan jalur komunikasi lain selain jaringan WiFi untuk pengiriman data akan sangat membantu alat pantau cuaca berbasis IoT yang sudah protabel menjadi semakin portabel lagi dengan mengakses tempat-tempat yang belum mendapatkan akses WiFi.
3. Perhitungan kebutuhan sumber catu daya alat perlu dilakukan dengan seksama mengingat alat pantau cuaca protabel berbasis WiFi tidak terkoneksi ke jaringan listrik, terutama pemilihan panel surya yang tepat. Mengingat sumber voltase untuk pengisian ulang baterai berasal dari panel surya.
4. Desain enclosure maupun pemilihan stand untuk alat pantau cuaca portabel berbasis IoT dapat diperbaiki sehingga penempatan di lapangan dapat lebih kuat dan tahan lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schwab, K. (2019). Revolusi Industri Keempat. Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Gillis, A. S. (2020, February 11). What is IoT (Internet of things) and how does it work? IoT Agenda. <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>
- [3] Priambodo, A. S., & Nugroho, A. P. (2021). Design & implementation of solar powered automatic weather station based on ESP32 and GPRS module. *Journal of Physics: Conference Series*.
- [4] Kahimpong, R. L., Umboh, M., & Maluegha, B. (2017). Rancang Bangun Penggerak Alat Jemur Pakaian Otomatis Berbasis Arduino Uno ATmega328. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*.
- [5] Pathan, M. S., Wu, J., Lee, Y. H., Yan, J., & Dev, S. (2021). Analyzing the Impact of Meteorological Parameters on Rainfall Prediction. *arXiv: Atmospheric and Oceanic Physics*.
- [6] Calvin Adrianto, C., Calvinus, Y., & Mardjoko, P. B. (2020). Design of CO, CO₂, temperature, humidity, and weather monitoring system based on Internet of things (IoT) & Android. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- [7] Merriam-Webster. (n.d.). Weather. In Merriam-Webster.com dictionary. Retrieved March 20, 2022, from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/weather>
- [8] Korpella, Robert. (2022, March 29). Does Barometric Pressure Rise or Fall When It Rains?. *sciencing.com*. Retrieved from <https://sciencing.com/barometric-pressure-rise-fall-rains-23043.html>
- [9] Brown, E. (2016, September 20). 21 open source projects for IoT. *Linux.com*. <https://www.linux.com/NEWS/21-OPEN-SOURCE-PROJECTS-IOT/>
- [10] Esp32. (n.d.). <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- [11] Temperature humidity sensor HDC1080. (2020, March 26). *circuitrocks*. <https://circuit.rocks/temperature-humidity-sensor-hdc1000-grove.html>
- [12] Barometric pressure & altitude sensor BMP280 I2C or SPI. (2020, March 26). *circuitrocks*. <https://circuit.rocks/barometric-pressure-and-altitude-sensor-adafruit-bmp280-i2c-or-spi.html>
- [13] Tsao, Y., Tsai, Y. T., Kuo, Y., & Hwang, C. (2019). An implementation of IoT-based weather monitoring system. 2019 IEEE International Conferences on Ubiquitous

- Computing & Communications (IUCC) and Data Science and Computational Intelligence (DSCI) and Smart Computing, Networking and Services (SmartCNS).
- [14] Bajrami, X., & Murturi, I. (2018). An efficient approach to monitoring environmental conditions using a wireless sensor network and NodeMCU. *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*.
- [15] Santos, T. F., & Ferreira, V. H. (2020). Building a low-cost weather station. *IEEE Potentials*.
- [16] Pauzi, A. F., & Hasan, M. Z. (2020). Development of IoT based weather reporting system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- [17] Carlos-Mancilla, M. A., Luque-Vega, L. F., Guerrero-Osuna, H. A., Ornelas-Vargas, G., Aguilar-Molina, Y., & González-Jiménez, L. E. (2020). Educational mechatronics and Internet of things: A case study on dynamic systems using MEIoT weather station. *Sensors*.
- [18] Estévez, J., Gavilán, P., & Giraldez, J. (2011). Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations. *Journal of Hydrology*.
- [19] Guerrero-Osuna, H. A., Luque-Vega, L. F., Carlos-Mancilla, M. A., Ornelas-Vargas, G., Castañeda-Miranda, V. H., & Carrasco-Navarro, R. (2021). Implementation of a MEIoT weather station with exogenous disturbance input. *Sensors*.
- [20] Megantoro, P., Aldhama, S. A., Prihandana, G. S., & Vigneshwaran, P. (2021). IoT-based weather station with air quality measurement using ESP32 for environmental aerial condition study. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*.
- [21] Theisen, A., Ungar, M., Sheridan, B., & Illston, B. G. (2020). More science with less: Evaluation of a 3D-printed weather station. *Atmospheric Measurement Techniques*.
- [22] Turos, L., Csernath, G., & Csenteri, B. (2018). Power management in IoT weather station. *2018 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE)*.
- [23] Kumari, N., Sakshi, Gosavi, S., & Nagre, S. S. (2020). Real-time cloud based weather monitoring system. *2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)*.
- [24] Parida, D., Behera, A., Naik, J. K., Pattanaik, S., & Nanda, R. S. (2019). Real-time environment monitoring system using ESP8266 and ThingSpeak on Internet of things platform. *2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS)*.

- [25] ⁴³ Kodali, R. K., & Gorantla, V. S. (2017). Weather tracking system using MQTT and SQLite. 2017 3rd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT).
- [26] ⁴⁸ Costa, H., Sprout, E., Teng, S., McDaniel, N., Hunt, J., Boudreau, D., Ramroop, T., Rutledge, K., & Hall, H. (n.d.). Altitude. Education | National Geographic Society. <https://education.nationalgeographic.org/resource/altitude/>
- [27] ⁶³ Pradell, L., Comeron, A., & Ramirez, A. (1988). A General Analysis of Errors in Noise Measurement Systems. 18th European Microwave Conference, 1988. doi:10.1109/euma.1988.333927
- [28] ²⁵ Agarwal, T. (2018, December 28). What are errors in measurement? Different types of errors with calculation. ElProCus - Electronic Projects for Engineering Students. <https://www.elprocus.com/what-are-errors-in-measurement-types-of-errors-with-calculation/>



LAMPIRAN A

Data Pengukuran Parameter Cuaca - Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara Oleh Alat
23 Januari -29 Januari 2023

SENIN, 23 JANUARI 2023				
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
01.00.17	29.81	63.9004	995.7712	0
02.00.00	27.28	72.3691	995.3638	0
03.00.00	27.31	72.6309	994.7406	0
03.59.59	27.21	73.5059	994.9246	0
04.59.59	26.69	73.833	994.7053	0
05.59.54	26.34	73.5293	995.625	0
06.59.57	27.08	72.0908	996.6191	0
08.00.03	28.45	69.1895	997.2272	0
09.00.08	29.69	65.207	997.0801	0
10.00.08	28.77	73.0186	997.0954	0
11.00.20	32.15	58.1934	995.9713	0
12.00.23	32.36	56.957	994.9854	0
13.00.22	33.17	56.1367	994.2025	0
14.00.36	30.6	64.9805	993.301	0
15.00.51	33.86	52.667	992.4707	0
16.00.49	33.61	53.8945	992.1316	0
17.00.42	31.28	61.4922	992.7169	0
18.00.40	29.78	65.8447	993.3486	0
19.00.22	29.19	68.3936	994.6443	0
20.00.21	29	67.0918	995.36	0
21.00.20	28.91	68.5156	996.2619	0
22.00.11	29.57	65.9688	996.3527	0
23.00.26	29.91	66.42	996.289	4.191

SELASA, 24 JANUARI 2023				
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.00.32	30.48	64.479	995.938	4.191
01.00.28	27.82	73.888	995.44	4.191
02.00.35	27.57	74.998	995.134	4.191
03.00.44	27.48	75.711	995.045	4.191
05.01.04	26.39	77.529	995.13	4.191
06.01.06	26.21	77.73	995.727	4.191
07.01.06	26.66	77.481	996.049	4.191

08.01.16	28.46	73.533	996.354	4.191
09.01.26	29.81	65.152	996.333	4.191
10.01.33	30.96	62.008	996.219	4.191
11.01.34	31.36	61.242	995.636	4.191
12.01.38	31.9	59.899	995.004	4.191
13.01.44	32.84	57.398	994.074	4.191
14.02.06	36.46	45.441	993.402	4.191
15.02.10	37.36	43.788	992.843	4.191
16.02.04	33.36	52.082	992.855	4.191
17.02.07	33.54	51.947	993.099	4.191
18.01.53	30.41	61.625	994.209	4.191
19.01.49	29.53	63.303	995.369	4.191
20.01.49	29.16	65.296	995.945	4.191
21.02.01	30.81	59.768	996.143	4.191
22.02.02	30.62	61.285	996.039	4.191
23.02.03	30.02	63.383	995.902	4.191

RABU, 25 JANUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.02.04	29.79	62.962	995.475	4.191
01.02.05	29.53	63.303	995.298	4.191
02.02.03	29.2	65.243	995.003	4.191
03.02.03	28.52	68.952	995.001	4.191
04.02.01	26.5	77.593	995.224	4.191
05.02.00	25.73	80.146	995.441	4.191
06.02.02	25.74	81.068	995.917	4.191
07.02.05	25.98	82.735	996.736	4.191
08.02.08	26.03	83.059	997.327	4.191
09.02.07	26.39	81.045	997.53	4.191
10.02.13	27.76	70.154	997.596	4.191
11.02.25	28.75	66.759	997.398	4.191
12.02.20	28	73.635	996.917	4.191
13.02.24	27.36	76.123	996.356	4.191
14.02.18	25.86	80.111	996.484	4.191
15.02.14	25.02	82.094	995.699	4.026
16.02.25	26.43	80.588	995.243	4.191
17.02.23	26.17	80.446	994.973	4.191
18.02.24	25.88	81.271	995.717	4.191
19.02.27	25.66	82.746	996.212	4.191
20.02.27	25.7	79.289	996.591	4.191
21.02.43	28.03	67.69	996.534	4.191

22.02.44	27.75	66.706	996.586	4.191
23.02.46	27.18	71.344	996.766	4.191

KAMIS, 26 JANUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.02.48	26.91	71.83	996.781	4.191
01.02.48	27.02	70.228	996.704	4.191
02.02.48	26.65	71.213	995.873	4.191
03.02.47	26.15	72.995	995.641	4.191
04.02.48	25.1	77.354	995.828	4.191
05.02.46	24.51	79.746	996.148	4.191
06.02.48	24.25	81.592	996.749	4.191
07.02.54	25.19	79.41	997.601	4.191
08.03.05	27.18	74.64	997.922	4.191
09.03.14	28.83	69.553	997.901	4.191
10.03.24	30.6	61.65	997.573	4.191
11.03.35	31.8	55.338	996.85	4.191
12.03.44	32.92	51.543	996.13	4.191
13.03.52	33.52	50.294	995.318	4.191
14.03.55	33.4	53.223	994.501	4.191
15.04.22	39.32	37.869	993.424	4.191
16.04.07	34.38	44.251	993.902	4.191
17.03.56	31.56	52.319	994.443	4.184
18.03.54	30.09	57.622	995.14	4.191
19.03.51	29.38	62.538	996.069	4.191
20.03.51	28.66	64.056	996.968	4.171
21.03.53	29.1	61.318	997.251	4.177
22.04.06	30.05	58.708	997.564	4.176

JUM'AT, 27 JANUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.04.13	29.35	63.409	996.258	4.14
01.04.15	28.41	66.461	995.781	4.154
02.04.17	28.44	66.1	995.113	4.143
03.04.18	28.11	68.397	994.976	4.111
04.04.23	28.09	71.793	995.597	4.132
05.04.17	26.57	79.23	996.195	4.097
06.04.21	26.43	81.184	996.659	4.117
07.04.22	26.78	79.946	997.384	4.08
08.04.30	27.55	76.437	997.751	4.076

09.04.39	28.73	71.587	997.596	4.103
10.04.50	30.3	65.909	996.969	4.072
11.04.50	29.71	66.628	996.464	4.087
12.04.53	30.53	65.268	995.487	4.083
13.05.10	33.58	54.573	994.4	4.067
14.05.14	33.31	54.613	993.725	4.061
15.05.16	33.84	53.886	993.194	4.052
16.05.22	32.43	56.238	993.415	4.066
17.05.14	30.39	63.14	993.897	4.055
18.05.13	29.47	66.641	994.646	4.023
19.05.14	29.06	69.142	995.289	4.012
20.05.19	29.13	69.904	995.658	4.011
21.05.19	28.99	71.404	996.039	4.007
22.05.15	29.72	69.843	996.019	3.997
23.05.21	30.11	67.525	995.572	3.988

SABTU, 28 JANUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.05.32	29.87	69.688	995.468	3.984
01.05.33	29.53	71.124	994.864	4.001
02.05.35	29.06	72.1	994.477	4.007
03.05.37	28.59	72.096	994.074	3.963
04.05.37	28.15	73.929	993.897	3.962
05.05.31	27.28	77.423	993.803	3.944
06.05.31	26.72	78.686	994.833	3.944
07.05.38	27	78.851	995.908	3.933
08.05.38	25.75	82.821	996.822	3.946
10.05.49	25.89	84.793	997.042	3.934
11.05.56	26.52	83.697	996.712	3.931
12.05.59	26.75	83.54	995.963	3.9
13.06.08	27.56	78.761	994.828	3.923
14.06.11	27.76	77.938	994.2	3.915
15.06.16	28.58	75.952	993.499	3.913
16.06.19	28.7	72.771	993.21	3.908
17.06.21	27.95	76.224	994.048	3.878
18.06.17	27.25	79.515	994.685	3.865
19.06.18	26.63	82.701	995.292	3.881
20.06.20	27.5	80.519	995.913	3.85
21.06.21	26.66	83.22	996.568	3.874
22.06.25	26.9	81.454	996.499	3.775
23.06.29	26.77	79.652	996.088	3.837

MINGGU, 29 JANUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)	Baterai (V)
00.06.30	26.5	79.592	995.285	3.843
01.06.50	26.36	79.206	994.691	3.848
02.06.58	26.17	77.97	994.238	3.831
03.07.05	26.17	78.636	994.323	3.846
04.07.08	26.11	79.852	994.608	3.839
05.07.09	26.03	81.413	995.227	3.818
06.07.08	26.01	81.538	995.908	3.832
07.07.12	26.42	81.365	996.533	3.827
08.07.18	27.31	79.678	997.257	3.826
09.07.23	28.03	77.539	997.458	3.823
10.07.23	28.55	74.878	997.238	3.799
11.07.29	29.88	66.109	997.054	3.798
12.07.33	31.39	61.021	996.258	3.818
13.07.42	32.4	57.212	995.69	3.798
14.07.47	33.13	54.735	994.856	3.813
15.07.51	33.11	56.894	994.276	3.808
16.07.48	31.67	59.44	994.242	3.783
17.07.59	31.07	60.172	995.224	3.782
18.07.51	29.18	67.01	995.913	3.772
19.07.44	28.48	71.349	996.718	3.769
20.07.47	28.37	73.919	997.63	3.762
21.07.53	28.06	75.502	997.914	3.757
22.07.52	27.75	76.87	997.77	3.773
23.07.53	27.68	77.491	997.472	3.769



LAMPIRAN B

Data Pengukuran Parameter Cuaca - Suhu, Kelembaban, Tekanan Udara Oleh Alat
Ukur Manual
31 Januari - 5 Februari 2023

SELASA, 31 JANUARI 2023			
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:01	27.9	73.8	993
7:00	27.9	75.1	994.1
8:01	28.3	74.1	994.8
9:00	30.4	70.3	995
10:03	30.3	70.1	994.7
11:02	33.5	62.1	994
12:00	34.2	57.9	993.3
13:02	32	68.8	992.8
14:00	33.2	65.1	991.6
15:00	34.8	58	990.5
16:01	31.9	66.9	990.5
17:00	29.5	74.8	991.2
18:00	28.7	76.3	996

RABU, 1 FEBRUARI 2023			
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:00	25.2	87.5	993.2
7:01	24.8	90.5	993.2
8:00	25.4	88.8	994.8
9:00	27.2	83.5	995.1
10:03	31.5	70.7	994.9
11:00	30	74.6	993.9
12:08	32.2	67.1	992.6
13:00	30.4	73.9	992.3
14:01	31.5	68.5	991.6
15:00	28.3	80.5	991.1
16:00	29.8	74.1	995.1
17:00	29.6	76.5	991.2
18:00	27.3	82.9	996.1

KAMIS, 2 FEBRUARI 2023

77 Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:00	24.7	91	993.9
7:00	25.8	86	993.7
8:00	28.2	78.6	993.7
9:00	27.2	86.6	994.8
10:00	28.1	85.3	994.4
11:00	26.7	93.6	994.5
12:00	29.3	83	993.8
13:03	29.9	77.4	993.1
14:00	34.4	62.4	993
15:04	33.7	62.6	990.7
16:01	32.6	64.7	990.4
17:00	34.7	60.6	997
18:00	29.3	74.2	994.8

JUM'AT, 3 FEBRUARI 2023

Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:02	23.9	93.4	994.7
7:03	24.6	91.5	995
8:00	26.6	84.1	995.4
9:00	28.2	75.2	995.4
10:20	28.1	77.1	994.9
11:02	28.7	76	994.9
12:01	30.3	67.3	994.6
13:04	33	57	992.6
14:00	34.4	53.9	991.4
15:02	32	61.6	990.9
16:00	30.9	66.2	990.5
17:00	30	68.2	991
18:00	28.6	72	991.7

SABTU, 4 FEBRUARI 2023

77 Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:00	25.3	82.7	992.3
7:01	26.6	77.4	993.2
8:01	27.9	70.6	993.7
9:01	29.5	65.8	993.7
10:01	30.3	69	993.6
11:00	31.8	65.7	992.9

12:16	33.9	57.6	991.7
13:00	35	54	990.8
14:00	33.5	57.7	990.5
15:00	33.8	58.6	990
16:00	32.2	63.5	990.1
17:01	30.7	68.3	990.6
18:00	29.3	67.9	991.6

MINGGU, 5 FEBRUARI 2023			
Jam	Suhu Udara (°C)	Kelembaban Udara (%)	Tekanan Udara (hPa)
6:00	24.3	78.6	993
7:05	25.7	74.8	993.4
8:00	27.7	73.2	993.5
9:02	31.3	63.7	993.7
10:00	32.3	61	993.7
11:00	32.1	58.6	993.4
12:11	34.7	50.9	991.5
13:02	34.9	48.6	990.9
14:00	36.2	40.8	990.4
15:00	37.2	36.2	990
16:00	39.1	34.7	990
17:00	33.1	47.6	990.9
18:00	30.5	56.9	991.7





12 ID WMO : 96753
Nama Stasiun : Stasiun Klimatologi Jawa Barat
Lintang : -6.50000
Bujur : 106.75000
Elevasi : 207

Tanggal	Tavg	RH_avg
23-01-2023	26.1	84
24-01-2023	25.5	84
25-01-2023	23.9	93
26-01-2023	25.0	85
27-01-2023	26.2	86
28-01-2023	24.6	92
29-01-2023	25.6	89
30-01-2023	25.9	87
31-01-2023	25.8	90
01-02-2023	25.2	89
02-02-2023	25.9	88
03-02-2023	25.6	82
04-02-2023	27.1	74
05-02-2023	26.0	76

88 Keterangan :

- 8888: data tidak terukur
- 9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)
- Tavg: Temperatur rata-rata (°C)
- RH_avg: Kelembapan rata-rata (%)

TURNITIN_TA SAPRIZAL

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.usd.ac.id Internet Source	1%
2	Submitted to Universitas Nasional Student Paper	1%
3	docplayer.info Internet Source	1%
4	chipset.fti.unand.ac.id Internet Source	<1%
5	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
6	123dok.com Internet Source	<1%
7	www.scribd.com Internet Source	<1%
8	Submitted to Universitas Pamulang Student Paper	<1%
9	Submitted to SDM Universitas Gadjah Mada Student Paper	<1%

10	repository.ubb.ac.id Internet Source	<1 %
11	Anggara Ibnu Sidharta, Mushlihudin Mushlihudin, Anton Yudhana. "Alat Ukur Kualitas Udara", Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika, 2016 Publication	<1 %
12	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
13	gndtovcc.wordpress.com Internet Source	<1 %
14	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
15	iopscience.iop.org Internet Source	<1 %
16	bbtklppbjb.files.wordpress.com Internet Source	<1 %
17	jurnal.untan.ac.id Internet Source	<1 %
18	mdpi-res.com Internet Source	<1 %
19	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
20	firebase.google.com Internet Source	<1 %



21	Submitted to Universiti Teknologi Malaysia Student Paper	<1 %
22	Submitted to University of Huddersfield Student Paper	<1 %
23	quartzcomponents.com Internet Source	<1 %
24	www.swftools.com Internet Source	<1 %
25	Submitted to Unicaf University Student Paper	<1 %
26	ejournal.amikompurwokerto.ac.id Internet Source	<1 %
27	www.electronicshub.org Internet Source	<1 %
28	adoc.pub Internet Source	<1 %
29	github.com Internet Source	<1 %
30	Submitted to Adtalem Global Education, Inc. Student Paper	<1 %
31	id.123dok.com Internet Source	<1 %
32	Mohamad Nursamsi Adiwiranto, Catur Budi Waluyo. "PROTOTIPE SISTEM MONITORING	<1 %



KONSUMSI ENERGI LISTRIK SERTA ESTIMASI
BIAYA PADA PERALATAN RUMAH TANGGA
BERBASIS INTERNET OF THINGS", ELECTRON :
Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 2021

Publication

33

Submitted to De La Salle University

Student Paper

<1 %

34

Submitted to Sultan Agung Islamic University

Student Paper

<1 %

35

etheses.uin-malang.ac.id

Internet Source

<1 %

36

repository.uncp.ac.id

Internet Source

<1 %

37

Submitted to De Montfort University

Student Paper

<1 %

38

journal.umy.ac.id

Internet Source

<1 %

39

www.slideshare.net

Internet Source

<1 %

40

Submitted to Hogeschool Thim van der Laan

Student Paper

<1 %

41

www.opengreenenergy.com

Internet Source

<1 %

42

Submitted to American Public University
System

<1 %

43 Submitted to Hellenic Open University <1 %
Student Paper

44 pt.scribd.com <1 %
Internet Source

45 Submitted to STIE Perbanas Surabaya <1 %
Student Paper

46 Submitted to University of Hertfordshire <1 %
Student Paper

47 core.ac.uk <1 %
Internet Source

48 Submitted to University College London <1 %
Student Paper

49 Yisheng Liu, Anying Tang. "Prediction Method of Government Economic Situation Based on Big Data Analysis", Digital Government: Research and Practice, 2022 <1 %
Publication

50 bl103.ilearning.me <1 %
Internet Source

51 link.springer.com <1 %
Internet Source

52 create.arduino.cc <1 %
Internet Source

53

Internet Source

<1 %

54

Submitted to Colorado State University,
Global Campus

Student Paper

<1 %

55

Jiantao Wu, Fabrizio Orlandi, Declan
O'Sullivan, Soumyabrata Dev. "Link climate:
An interoperable knowledge graph platform
for climate data", Computers & Geosciences,
2022

Publication

<1 %

56

Submitted to London School of Commerce

Student Paper

<1 %

57

Victória Melo, Gustavo Funchal, Jonas
Queiroz, Paulo Leitão. "Chapter 15 A Fuzzy
Logic Approach for Self-managing Energy
Efficiency in IoT Nodes", Springer Science and
Business Media LLC, 2022

Publication

<1 %

58

repository.unja.ac.id

Internet Source

<1 %

59

Submitted to Universitas Bengkulu

Student Paper

<1 %

60

aranne5.bgu.ac.il

Internet Source

<1 %

61

idoc.pub

Internet Source

<1 %

62

repository.ub.ac.id

Internet Source

<1 %

63

H. S. Ayoub, A. M. Mokhtar, Ashraf F. El-Sherif, Y. H. Elbashar. "Modified range equation for exact modeling and design optimization of active laser remote sensing systems", *Optical and Quantum Electronics*, 2021

Publication

<1 %

64

dspace.ankara.edu.tr

Internet Source

<1 %

65

randomnerdtutorials.com

Internet Source

<1 %

66

sinta.unud.ac.id

Internet Source

<1 %

67

www.yumpu.com

Internet Source

<1 %

68

circuit.rocks

Internet Source

<1 %

69

repo.upertis.ac.id

Internet Source

<1 %

70

vdocuments.site

Internet Source

<1 %

Submitted to University of Wollongong

71

Student Paper

<1 %

72

repository.uinsu.ac.id

Internet Source

<1 %

73

e-arsip.bontangkota.go.id

Internet Source

<1 %

74

es.scribd.com

Internet Source

<1 %

75

repository.uph.edu

Internet Source

<1 %

76

text-id.123dok.com

Internet Source

<1 %

77

www.pustaka.ut.ac.id

Internet Source

<1 %

78

Submitted to itera

Student Paper

<1 %

79

repository.ibs.ac.id

Internet Source

<1 %

80

Muhammad Salman Pathan, Jiantao Wu, Yee Hui Lee, Jianzhuo Yan, Soumyabrata Dev.

"Analyzing the Impact of Meteorological Parameters on Rainfall Prediction", 2021 IEEE USNC-URSI Radio Science Meeting (Joint with AP-S Symposium), 2021

Publication

<1 %



81	etd.ummy.ac.id Internet Source	<1 %
82	irfan.id Internet Source	<1 %
83	eprints.utdi.ac.id Internet Source	<1 %
84	repository.pnj.ac.id Internet Source	<1 %
85	repository.unj.ac.id Internet Source	<1 %
86	Submitted to Napier University Student Paper	<1 %
87	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
88	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	<1 %
89	dzakibelajar.blogspot.com Internet Source	<1 %
90	eprints.mdp.ac.id Internet Source	<1 %
91	repository.mercubuana.ac.id Internet Source	<1 %
92	repository.upi.edu	

<1 %

93

Margareta Christita, DID Arini, J Kinho, JE Halawane, J Kafiari, MS Diwi. "Keragaman dan Potensi Makrofungi di Obyek Ekowisata Kaki Dian, Gunung Klabat-Minahasa Utara", Jurnal Mikologi Indonesia, 2017

Publication

<1 %

94

Submitted to Universiti Malaysia Pahang

Student Paper

<1 %

95

eprints.akakom.ac.id

Internet Source

<1 %

96

eprints.polsri.ac.id

Internet Source

<1 %

97

forum.arduino.cc

Internet Source

<1 %

98

patents.google.com

Internet Source

<1 %

99

repository.ung.ac.id

Internet Source

<1 %

100

www.energiazero.org

Internet Source

<1 %

101

anzdoc.com

Internet Source

<1 %

102	Internet Source	<1 %
103	ecampus.pelitabangsa.ac.id Internet Source	<1 %
104	etd.repository.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
105	jcosine.if.unram.ac.id Internet Source	<1 %
106	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
107	variyyaka.wordpress.com Internet Source	<1 %
108	wibowolunangi.blogspot.com Internet Source	<1 %
109	www.universitas-trilogi.ac.id Internet Source	<1 %
110	Fikri Dinegoro, Rusnam Rusnam, Eri Gas Ekaputra. "Rancang Bangun Hidroponik Dengan Bantuan Pompa Bertenaga Surya", Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering), 2021 Publication	<1 %
111	dataprocanalytics.blogspot.com Internet Source	<1 %

dennyfardian.home.blog

112	Internet Source	<1 %
113	eprints.umpo.ac.id Internet Source	<1 %
114	herbalkankerterbaik.blogspot.com Internet Source	<1 %
115	hrs-cas.com Internet Source	<1 %
116	jom.unpak.ac.id Internet Source	<1 %
117	publishing-widyagama.ac.id Internet Source	<1 %
118	repository.nusaputra.ac.id Internet Source	<1 %
119	repository.unimus.ac.id Internet Source	<1 %
120	www.cirebonkab.go.id Internet Source	<1 %
121	Submitted to Universitas Gunadarma Student Paper	<1 %
122	Submitted to Universitas Negeri Semarang Student Paper	<1 %
123	dewey.petra.ac.id Internet Source	<1 %

124	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
125	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
126	ilhamalik.blogspot.com Internet Source	<1 %
127	journal.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
128	lipi.go.id Internet Source	<1 %
129	nvd.nist.gov Internet Source	<1 %
130	promosigratis.web.id Internet Source	<1 %
131	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
132	repository.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
133	studentjournal.petra.ac.id Internet Source	<1 %
134	tikagpravitri.blogspot.com Internet Source	<1 %
135	docobook.com Internet Source	<1 %

136

www.informasiguru.com

Internet Source

<1 %

137

Aris Setiawan. "Estimation of Sound Source Direction Using Fourier Transformation Method with Arduino", JTECS : Jurnal Sistem Telekomunikasi Elektronika Sistem Kontrol Power Sistem dan Komputer, 2022

Publication

<1 %

138

Sharon E.E Repi, Lexy K Rarung, Djuwita R.R Aling. "ANALISIS FINANSIAL ALAT TANGKAP BAGAN DI DESA TATELI WERU KECAMATAN MANDOLANG KABUPATEN MINAHASA", AKULTURASI (Jurnal Ilmiah Agrobisnis Perikanan), 2016

Publication

<1 %

139

Verna Albert Suoth, Handy Indra Regain Mosey. "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kadar Alkohol Dan Suhu Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO Untuk Destilasi Minuman Beralkohol", Jurnal MIPA, 2016

Publication

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off