

Stasiun Pemantau Cuaca Berbasis IoT (*Internet of Things*) dengan Metode *Exponential Smoothing*

Abdullah Sani^{1*}, dan Firdaus¹

¹Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: sani@polibatam.ac.id

Abstrak—Cuaca merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kelancaran suatu aktifitas. Sehingga diperlukan sebuah alat yang dapat memprediksi kondisi cuaca secara real time dengan berbasis IoT (*Internet of Things*) yang dapat diakses menggunakan aplikasi Blynk yang telah ditanam di *smartphone*. Kemudian untuk memastikan keakurasian peramalan maka digunakan metode *exponential smoothing*. Untuk mengetahui keefektifan metode yang digunakan dilakukan perbandingan pengukuran dengan metode *exponential smoothing* dan tanpa menggunakan metode. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, nilai persentase error dengan menggunakan metode *exponential smoothing* lebih baik dari pada tanpa menggunakan metode apapun dalam melakukan peramalan cuaca. Pengukuran suhu dengan metode *exponential* memiliki persentase error sebesar 3.57% sedangkan pengukuran suhu tanpa menggunakan metode memiliki persentase error sebesar 7.41%. Untuk pengukuran kelembaban udara dengan metode *exponential* memiliki persentase error sebesar 6.74% sedangkan pengukuran kelembaban udara tanpa menggunakan metode memiliki persentase error sebesar 10.07%. Dan pengukuran kecepatan angin dengan metode *exponential* memiliki persentase error sebesar 12.55% sedangkan pengukuran kecepatan udara tanpa menggunakan metode memiliki persentase error sebesar 34.53%.

Kata Kunci: Cuaca, IoT (*Internet of Things*), *Exponential Smoothing*

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan negara dengan iklim tropis sehingga sangat mempengaruhi terhadap aktifitas masyarakatnya. Informasi terkait iklim tentunya sangat dibutuhkan, untuk mengetahui prakiraan cuaca dengan tepat dan akurat maka dibutuhkan peralatan yang mendukung. Dalam melakukan prakiraan atau analisis cuaca akan dipengaruhi oleh beberapa kondisi seperti respon peralatan, metode analisis dan sumber daya manusia yang marginal [1].

Pada masa digitalisasi saat ini, masyarakat sangat membutuhkan sebuah perangkat yang praktis dan mudah digunakan untuk mendapatkan informasi tentang cuaca yang akurat. Untuk itu penerapan stasiun pengukur cuaca berbasis IoT (*Internet of Things*) sangat dibutuhkan [2][3][4]. Untuk mendapatkan hasil prakiraan cuaca yang akurat maka keakurasian data *forecast* harus diperhitungkan [5]. Data *forecast* merupakan data *time series* yang berkaitan erat dengan waktu sehingga metode *exponential smoothing* sangat tepat digunakan untuk analisis cuaca [6][7][8].

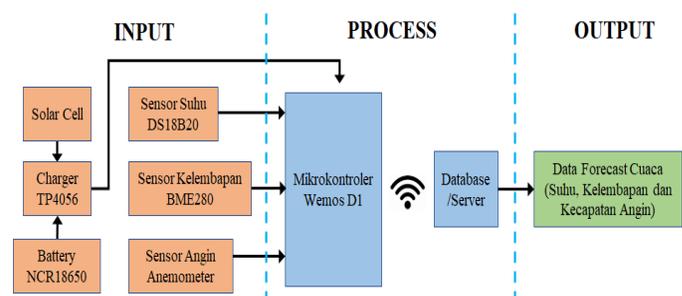
Atas dasar hal tersebut, penulis mendapatkan ide penelitian untuk membuat sebuah stasiun cuaca mini *portable* berbasis IoT (*Internet of Things*) yang dapat memprediksi (*forecasting*) keadaan cuaca yang dimonitor pada *smartphone* dengan metode *exponential smoothing*.

Berbeda halnya dengan aplikasi- aplikasi yang ada di internet, alat yang akan dibuat ini melakukan *forecasting* dengan metode *exponential smoothing* yang dilakukan secara *real time*, artinya data yang terbaca langsung diproses oleh mikrokontroler. Data-data tersebut berupa data *forecasting* untuk suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin. Adapun titik poin pengukuran cuaca bisa dimana saja karena alat ini dapat ditempatkan pada posisi apapun selama memiliki jaringan internet sehingga akurasi prakiraan cuacanya lebih baik dari aplikasi-aplikasi yang ada diinternet yang hanya mengandalkan data prakiraan cuaca pada ruang lingkup pembacaan yang luas dan tidak spesifik disatu titik.

Penelitian mengenai sistem monitoring cuaca ini telah dilakukan sebelumnya. Salah satunya penelitian, “Rancang Bangun Perangkat Pemantau Cuaca Otomatis Berbasis Mikrokontroler Pada Jaringan WLAN”[1]. Untuk menyempurnakan penelitian yang telah dilakukan diatas maka diperlukan sebuah pengembangan dengan menambahkan metode *exponential smoothing* untuk pengolahan data sensor sehingga keakurasian pengukuran cuaca akan lebih baik dibandingkan dengan yang tidak menggunakan metode sama.

II. METODE

A. System Block Diagram



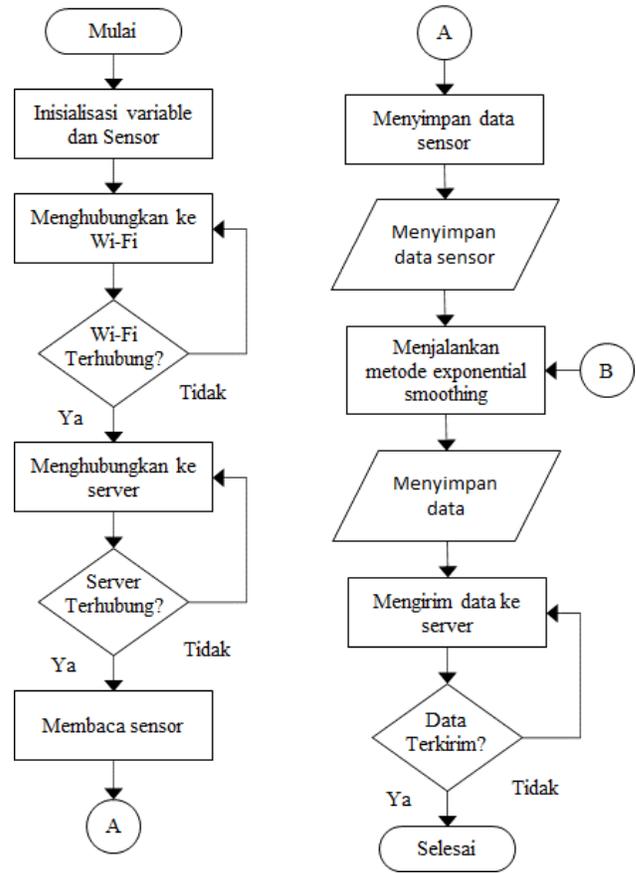
Gambar 1. System Block Diagram Stasiun Pemantau Cuaca

Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan tahap pengujian dari alat sistem pendeteksiian cuaca sebagai berikut:

- a. *Input*, *Solar cell* dan *battery* NCR18650 sebagai sumber daya yang kemudian dihubungkan ke modul TP4056 sebagai *charging system* untuk menghasikan daya yang kemudian disalurkan ke mikrokontroler. Sensor suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin dihubungkan ke mikrokontroler.
- b. *Process*, semua data diolah di mikrokontroler kemudian dilakukan *forecasting* dengan menggunakan metode *exponential smoothing*. Data-data tersebut kemudian disimpan di *database/server*.
- c. *Output*, keluaran dari pemrosesan berupa data *forecast* suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin.

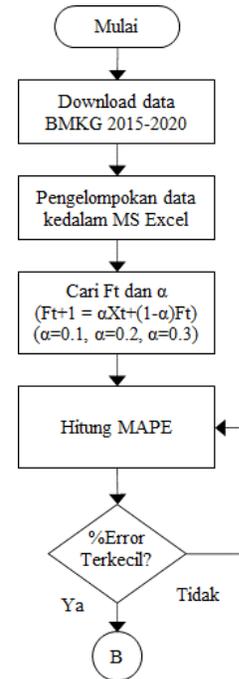
B. Flowchart Perancangan System

Sistem kerja stasiun pemantau cuaca yang berbasis IoT (*Internet of Things*) dengan metode *exponential smoothing* ini adalah mikrokontroler melakukan inisialisasi sensor-sensor yang terhubung setelah semua sensor terdeteksi, maka mikrokontroler menghubungkan ke jaringan Wi-Fi yang telah ditentukan didalam program. Selanjutnya jika telah terhubung, mikrokontroler menghubungkan ke database server yang telah didefinisikan di dalam program. Jika semua proses tersebut tidak ada masalah ataupun eror, selanjutnya mikrokontroler masuk ke fungsi pengulangan yang akan menerima pembacaan seluruh sensor yang terhubung. Seluruh nilai yang terbaca tersebut disimpan sementara ke variabel internal dari mikrokontroler. Selanjutnya mikrokontroler melakukan perhitungan *forecast* cuaca dengan parameter data acuan yang telah didapatkan dari BMKG. Data-data cuaca (suhu, kelembapan udara dan kecepatan angin) terlebih dahulu di *download* di situs website BMKG Kota Batam dari tahun 2015 hingga 2020. Data ini kemudian diolah dengan menggunakan MS excel untuk dihitung *forecast* nya menggunakan metode *exponential smoothing*. Untuk konstanta (α) yang digunakan antara lain 0.1, 0.2 dan 0.3, di mana dari hasil perhitungan kemudian akan dilihat nilai yang mendekati kebenaran dengan menggunakan metode pengujian dengan MAPE. Hasil yang terbaiklah kemudian dimasukan di dalam pemrograman Arduino IDE dengan menggunakan mikrokontroler Wemos D1. Jika seluruh data pembacaan sensor dan data perkiraan telah diperhitungkan maka data tersebut dikirimkan ke database server dengan rentang waktu yang telah ditentukan untuk tiap pengiriman datanya yang kemudian langsung disimpan di *database* server. Selanjutnya data tersebut ditampilkan di website melalui komputer ataupun *smartphone*. Pada Gambar 2 adalah *flowchart* perancangan sistem kerja stasiun pemantau cuaca berbasis IoT (*Internet of Things*) dengan melakukan data *forecasting* menggunakan *exponential smoothing*.



Gambar 2. Flowchart Perancangan System Stasiun Pemantau Cuaca

C. Mencari nilai forecast sebelumnya (F_t) dan konstanta (α) dengan metode exponential smoothing



Gambar 3. Flowchart Mencari Nilai Ft dan alpha

Metode *exponential smoothing* adalah metode dengan pembobotan dari suatu data *time series* dengan cara *exponential* (menurun) yang kemudian dilakukan perbaikan dengan *smoothing* (menghaluskan) atau merata-rata kan data dari masa lalu untuk mendapatkan prediksi data masa depan. Terdapat beberapa parameter penulisan untuk mendapatkan bobot yang ditujukan pada nilai pengamatan [2]. Kesalahan dalam sebuah pengukuran mungkin tidak dapat dihindari karena beberapa faktor yang tidak konstan, untuk itu dalam melakukan peramalan dibutuhkan metode untuk perhitungan kesalahan dalam pengukuran yang telah dilakukan. Hasil dari kesalahan yang terjadi dapat dikatakan masih bisa diterima jika MAPE nya < 20% [2]. Berikut ini merupakan rumus persamaan untuk *exponential smoothing*, dimana persamaannya adalah sebagai berikut:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \tag{1}$$

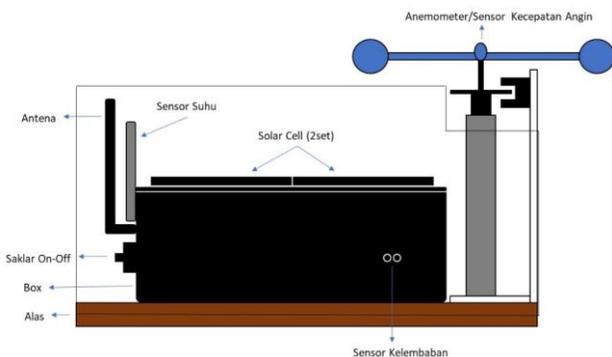
Dimana F_{t+1} adalah nilai *forecast*, X_t adalah nilai aktual data sensor, α adalah konstanta yang digunakan (0.1, 0.2, 0.3) dan F_t adalah *forecast* sebelumnya. Untuk memilih mana yang lebih baik dari 3 konstanta yang digunakan maka digunakanlah metode untuk mengukur sebuah kesalahan (*error*), metode tersebut adalah MAPE (*mean absolute percentage error*) [3].

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \tag{2}$$

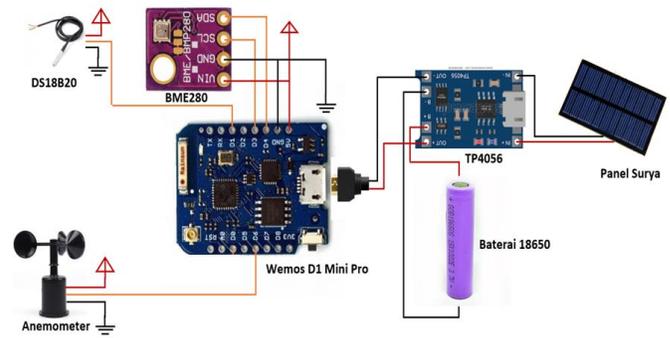
Pada Gambar 3 merupakan *flowchart* untuk mencari nilai *forecast* sebelumnya (F_t) dan konstanta (α), di mana penggunaan metode *exponential smoothing* memerlukan data awal. Data awal ini didapat atau di *download* dari data cuaca BMKG dari tahun 2015-2020. Data ini kemudian diekstrak ke dalam MS excel untuk diolah dan dikelompokkan secara perbulan dari Januari hingga Desember. Pengelompokan data perbulan dilakukan karena sifat dari data cuaca ini yang *trend* nya musiman.

D. Perancangan Stasiun Pemantau Cuaca Berbasis IoT (Internet of Things) dengan etode Exponential Smoothing

Gambar 4 merupakan desain perancangan alat stasiun pemantau cuaca yang berbasis IoT (*Internet of Things*) dengan metode *exponential smoothing*. Gambar 5 adalah desain untuk rangkaian komponen yang digunakan.



Gambar 4. Desain Perancangan Alat



Gambar 5. Desain Rangkaian Komponen Alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan nilai konstanta (α) dan nilai forecast sebelumnya (F_t)

Pada Gambar 6 dibawah ini merupakan hasil dari perhitungan yang diperoleh dari data BMKG dari tahun 2015 hingga 2020 menggunakan perbandingan tiga konstanta (α) yaitu 0.1, 0.2 dan 0.3.

Period Bulan	Suhu			Kelembapan Udara			Kecepatan Angin											
	α=0.1		α=0.2		α=0.3		α=0.1		α=0.2		α=0.3							
	%MAPE	Ft	%MAPE	Ft	%MAPE	Ft	%MAPE	Ft	%MAPE	Ft	%MAPE	Ft						
Jan	1.55%	27.25	1.77%	27.53	1.94%	27.52	2.72%	82.63	2.79%	82.21	2.83%	81.76	29.05%	3.74	28.53%	3.57	28.55%	3.45
Feb	2.20%	27.21	1.88%	27.42	1.79%	27.19	2.16%	78.38	2.33%	78.88	2.41%	78.77	33.92%	4.7	28.52%	4.29	28.56%	4.69
Mar	2.85%	27.68	2.67%	27.93	2.56%	28.14	3.91%	80.89	3.63%	79.87	3.47%	79.14	39.60%	3.9	34.89%	3.55	33.81%	3.33
Apr	1.76%	28.37	1.79%	28.35	1.89%	28.37	1.76%	81.53	1.88%	81.71	2.01%	81.78	51.82%	2.6	48.84%	2.35	46.16%	2.21
May	1.38%	28.08	1.43%	28.14	1.48%	28.20	1.61%	84.66	1.70%	84.68	1.79%	84.65	28.74%	1.91	26.17%	1.75	26.23%	1.7
Jun	1.86%	28.04	1.56%	27.87	1.31%	27.76	3.07%	83.62	2.63%	84.56	2.40%	85.22	40.35%	2.34	33.07%	2.12	27.52%	1.98
Jul	2.15%	28.12	2.02%	27.95	1.92%	27.84	3.24%	82.13	3.06%	82.68	3.12%	83.02	52.20%	3.13	43.82%	2.75	37.23%	2.5
Aug	1.75%	27.81	1.83%	27.87	1.94%	27.91	2.82%	82.33	3.02%	82.23	3.22%	82.18	29.49%	2.92	20.18%	2.71	17.44%	2.57
Sep	2.85%	27.83	2.79%	27.64	2.76%	27.50	4.00%	82.16	3.93%	83.04	3.88%	83.75	49.41%	2.54	40.77%	2.25	33.94%	2.07
Oct	1.50%	27.89	1.25%	27.76	1.09%	27.67	3.01%	81.86	2.48%	82.68	2.05%	83.18	59.48%	1.99	55.16%	1.8	51.08%	1.71
Nov	1.88%	27.42	1.79%	27.32	1.78%	27.29	2.12%	85.17	2.03%	85.45	1.96%	85.56	29.64%	1.6	29.30%	1.54	28.82%	1.51
Dec	1.77%	27.66	1.58%	27.47	1.40%	27.31	1.66%	83.18	1.56%	83.58	1.46%	83.9	33.15%	2.74	31.20%	2.56	30.84%	2.48

Gambar 6. Hasil perhitungan konstanta (α) dan *forecast* sebelumnya (F_t) berdasarkan % MAPE terbaik

Berdasarkan nilai perhitungan konstanta (α) dan *forecast* sebelumnya (F_t) untuk suhu, kelembapan udara dan kecepatan angin maka bisa dilihat pada angka yang di *highlight* warna hijau adalah hasil yang terbaik didapat berdasarkan nilai *percentage* (%) MAPE terendah. Selanjutnya nilai-nilai dari % MAPE yang terbaik tersebut diinisialisasikan kedalam pemrograman Arduino IDE seperti pada Gambar 7.

```

D:\weather_arduino_4211611005 myconfig.h
/* ===== */
const bool debugOutput = true; // set to true for serial OUTPUT
/* ===== */
/* Exponential Data */
/* ===== */
const float jan[9] = {0.1, 27.59, 0.1, 82.63, 0.1, 3.48};
const float feb[9] = {0.3, 27.58, 0.1, 78.86, 0.3, 4.03};
const float mar[9] = {0.3, 28.12, 0.3, 79.14, 0.2, 3.33};
const float apr[9] = {0.1, 28.32, 0.1, 81.53, 0.1, 2.21};
const float mei[9] = {0.1, 28.08, 0.1, 84.66, 0.2, 1.78};
const float jun[9] = {0.3, 27.76, 0.3, 85.22, 0.3, 1.99};
const float jul[9] = {0.3, 27.84, 0.2, 82.68, 0.3, 2.50};
const float ago[9] = {0.1, 27.81, 0.1, 82.35, 0.3, 2.57};
const float sep[9] = {0.3, 27.50, 0.3, 83.75, 0.3, 2.07};
const float okt[9] = {0.3, 27.67, 0.3, 83.18, 0.1, 1.71};
const float nov[9] = {0.3, 27.28, 0.3, 85.56, 0.1, 1.52};
const float dec[9] = {0.3, 27.33, 0.3, 83.90, 0.2, 2.46};

/* PIN Konfigurasi BME280, DS18B20, Anemometer */
const int SDA_PIN = D2;
const int SCL_PIN = D1;
const int DS18B20_PIN = D6;
const int Anemometer_PIN = D7;
Done compiling.
    
```

Gambar 7. Program Arduino IDE myconfig.h

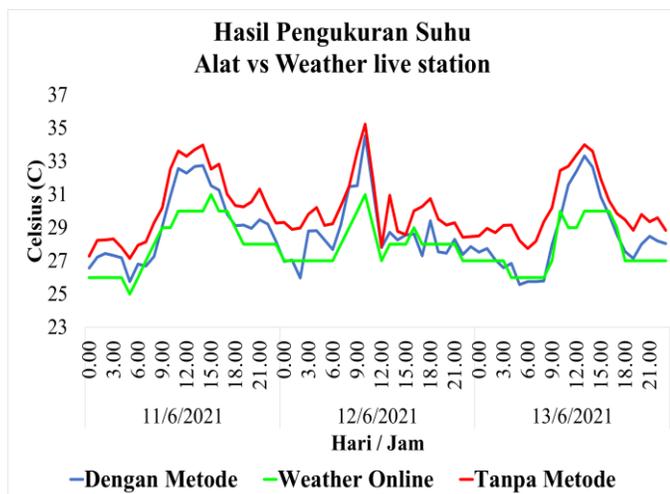
B. Pengukuran cuaca (suhu, kelembapan udara dan kecepatan angin)

Proses pengujian alat dilakukan dengan cara terlebih dahulu menghitung nilai konstanta (α) dan nilai *forecast* sebelumnya (Ft) berdasarkan data dari BMKG Kota Batam tahun 2015 hingga 2020 sebagai data acuan untuk nilai *forecast* sebelumnya (Ft) dan konstanta (α) yang di implementasikan didalam pemograman Arduini IDE. Setelah itu melakukan pengukuran cuaca (suhu, kelembapan udara dan kecepatan angin) dengan menggunakan metode *exponential smoothing* dan tanpa menggunakan metode. Pengukuran dilakukan di Perumahan Buana Garden Blok Edelwise No.18 RT.03 RW.12 Kelurahan Tanjung Piayu Kecamatan Sei. Beduk Kota Batam Kepulauan Riau Lintang 1.035464 Bujur 104.072866.

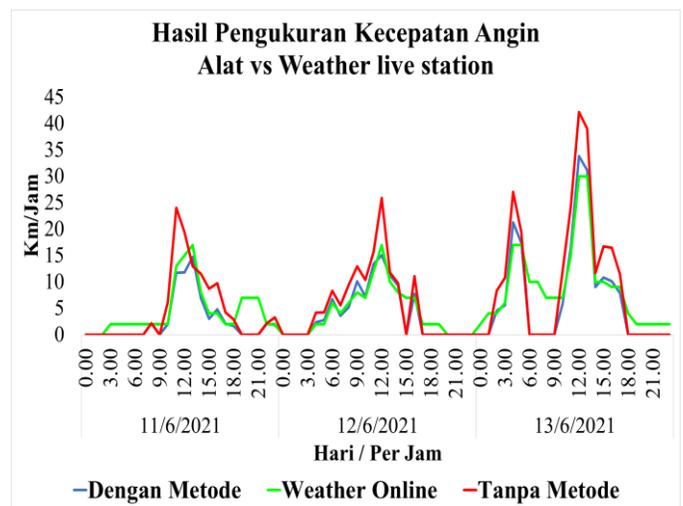
Berikut hasil pengukuran cuaca untuk pengukuran suhu, kelembapan udara dan kecepatan angin menggunakan metode *exponential smoothing* dengan tanpa menggunakan metode yang dilakukan pengukuran dan pengambilan data selama 3 hari dari tanggal 11 Juni 2021 hingga 13 Juni 2021 dengan pengambilan data yang dirata-ratakan setiap jam nya yaitu dari jam 0:00 WIB hingga 23:00 WIB.

Hasil perbandingan dari hasil pengukuran suhu tanpa menggunakan metode dan dengan menggunakan metode *exponential smoothing* pada Gambar 8 yang diambil data pengukuran dari tanggal 11 Juni 2021 hingga 13 Juni 2021 terlihat lebih efektif dengan menggunakan metode *exponential smoothing* dengan % *error* untuk yang tanpa metode 7.41% dan dengan metode 3.57%.

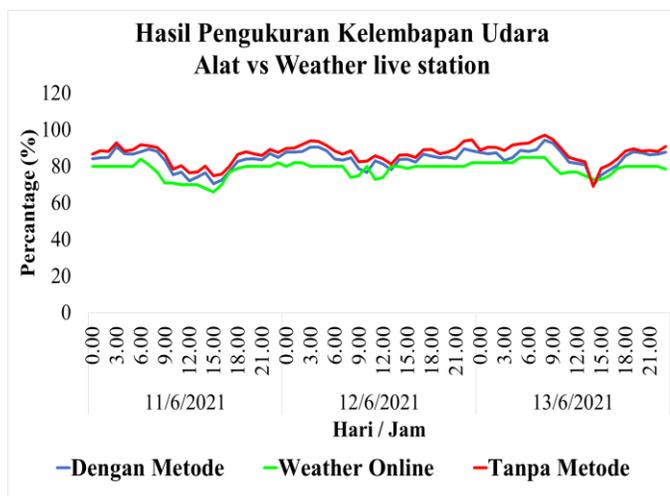
Hasil perbandingan dari hasil pengukuran kelembapan udara tanpa menggunakan metode dan dengan menggunakan metode *exponential smoothing* pada Gambar 9 yang diambil data pengukuran dari tanggal 11 Juni 2021 hingga 13 Juni 2021 terlihat lebih efektif dengan menggunakan metode *exponential smoothing* dengan % *error* untuk yang tanpa metode 10.07% dan dengan metode 6.74%.



Gambar 8. Pengukuran suhu



Gambar 10. Pengukuran kecepatan angin



Gambar 9. Pengukuran kelembapan udara

Hasil perbandingan dari hasil pengukuran kecepatan angin tanpa menggunakan metode dan dengan menggunakan metode *exponential smoothing* pada Gambar 10 yang diambil data pengukuran dari tanggal 11 Juni 2021 hingga 13 Juni 2021 terlihat lebih efektif dengan menggunakan metode *exponential smoothing* dengan % *error* untuk yang tanpa metode 34.53% dan dengan metode 12.55%.

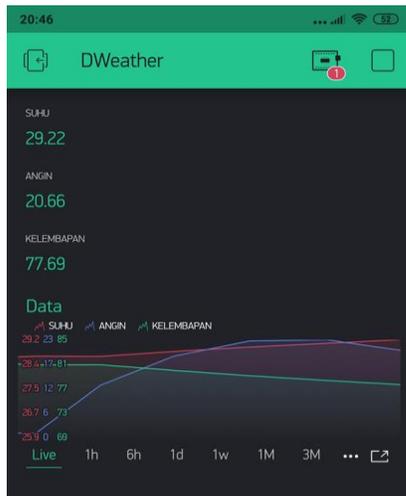
TABEL I
HASIL PENGUKURAN CUACA 11 JUNI 2021-13 JUNI 2021

Pengukuran Cuaca	Tanpa Metode (%MAPE)	Dengan Metode (%MAPE)
Suhu	7.41%	3.57%
Kelembapan Udara	10.07%	6.74%
Kecepatan Angin	34.53%	12.55%

Dari keseluruhan pengukuran cuaca yang dilakukan maka dapat dilihat secara keseluruhannya pada Tabel 1 yang mana hasil pengukuran yang menggunakan metode *exponential smoothing* lebih baik dari pada yang tanpa menggunakan metode yang dilihat dari %MAPE terendah.

C. Pengujian Aplikasi Blynk

Tampilan hasil dari monitoring cuaca yang terukur akan ditampilkan di *smartphone* seperti pada Gambar 11 dengan menggunakan aplikasi *Blynk*.



Gambar 11. Monitoring Cuaca di Aplikasi *Blynk* pada *Smartphone*

Pada Gambar 11 nilai-nilai sensor yang terbaca adalah suhu, kecepatan angin dan kelembaban udara. Berurutan dengan satuan derajat celsius, km/jam dan persentase.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah alat stasiun pemantau cuaca berbasis IoT (*Internet of Things*) dengan metode *exponential smoothing* telah berhasil dikerjakan dan berdasarkan hasil pengukuran didapat pengukuran cuaca (suhu, kelembapan udara dan kecepatan angin) dengan menggunakan metode *exponential smoothing* hasilnya lebih akurat dari pada tidak menggunakan metode apapun. Pengukuran suhu dengan metode *exponential* memiliki persentase *error* sebesar 3.57% sedangkan pengukuran suhu tanpa menggunakan metode memiliki persentase *error* sebesar 7.41%. Untuk pengukuran kelembapan udara dengan metode *exponential* memiliki persentase *error* sebesar 6.74% sedangkan pengukuran kelembapan udara tanpa menggunakan metode memiliki persentase *error* sebesar 10.07%. Dan pengukuran kecepatan angin dengan metode *exponential* memiliki persentase *error* sebesar 12.55% sedangkan pengukuran kecepatan udara tanpa menggunakan metode memiliki persentase *error* sebesar 34.53%.

REFERENSI

- [1] W. Sucipto, G. A. K. Diafari, D. Hartawan, and W. Setiawan, "Rancang Bangun Perangkat Pemantau Cuaca Otomatis Berbasis Mikrokontroler Pada Jaringan WLAN IEEE 802.11b," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 4, no. 2, pp. 48–55, Jan. 2018, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2017.V04.I02.P07.
- [2] S. G. , author Makridakis, "Metode dan aplikasi peramalan; Jilid 1." Erlangga, 1991. Accessed: Dec. 28, 2021. [Online]. Available: <http://lib.ui.ac.id>
- [3] F. Agustini Widjajati, E. Fani, J. Matematika, F. Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, and J. Arief Rahman Hakim, "Menentukan Penjualan Produk Terbaik di Perusahaan X dengan Metode Winter Eksponensial Smoothing dan Metode Event Based," *Limits*, vol. 14, no. 1, pp. 25–35, 2017, doi: 10.0/CSS/ALL.CSS.
- [4] A. Salam, "Internet of Things for Environmental Sustainability and Climate Change," *Internet of Things*, pp. 33–69, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-35291-2_2.
- [5] "I." https://www.rudyc.com/PPS702-ipb/07134/arief_c_setiawan.htm (accessed Dec. 28, 2021).
- [6] M. A. Maricar, "Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ," *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*, vol. 13, no. 2, pp. 36–45, May 2019, Accessed: Dec. 28, 2021.
- [7] D. D. Pertiwi, "Applied Exponential Smoothing Holt-Winter Method for Predict Rainfall in Mataram City," *Journal of Intelligent Computing and Health Informatics (JICHI)*, vol. 1, no. 2, pp. 46–49, Sep. 2020, doi: 10.26714/JICHI.V1I2.6330.
- [8] M. Komunikasi, D. Pengembangan, T. Lingkungan, D. Marganingrum, and H. Santoso, "Evapotranspiration of Indonesia Tropical Area," *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, vol. 16, no. 3, pp. 106–116, Nov. 2019, doi: 10.14710/PRESIPITASI.V16I3.106-116.