

PERANCANGAN SISTEM ONLINE MONITORING EVACUATED TUBE SOLAR DRYER STUDI KASUS PROSES PENGERINGAN RUMPUT LAUT

Teguh Prasetyo ¹⁾ ✉, Ibnu Irawan ¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin
Universitas Trunojoyo Madura
Kamal, Kabupaten Bangkalan
Jawa Timur 69162, INDONESIA
teguh.prasetyo@trunojoyo.ac.id

Abstract

This research applies the Simple Moving Average (SMA) method with period of 5 and 10 to filter online monitoring data from solar drying system using an evacuated tube collector. Data filtering was used to eliminate measurement noise. Data was collected at five-minutes intervals. These SMA periods were also suitable for measuring humidity both in the environment and inside the drying cabinet. However, for temperature measurements inside the drying cabinet, only the 5-period SMA method could be used, as applying a 10-period SMA resulted in deviations exceeding the specified accuracy limits. In contrast, the monitoring of seaweed mass data did not require the use of SMA method, since its application led to significant measurement deviation from the actual values.

Keywords: Monitoring, Noise Filtering Data, Simple Moving Average, Drying Process, Evacuated Tube Collector.

1. PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan salah satu proses pengolahan pangan yang sudah lama dikenal. Tujuan dari proses pengeringan adalah menurunkan kadar air bahan sehingga bahan menjadi awet, mengecilkan volume bahan sehingga memudahkan dan hemat biaya pengangkutan, pengemasan dan penyimpanan ^[1]. Selain itu pengeringan juga merupakan upaya menghambat atau terhentinya mikroorganisme dan kegiatan enzim penyebab terjadinya pembusukan ^[2]. Metode pengeringan tradisional menggunakan cahaya matahari langsung serta tempat terbuka. Namun kekurangan metode tersebut adalah mudah terkontaminasi debu dan kotoran, serta hewan (seperti lalat dan sebagainya). Salah satu upaya untuk menanggulangi hal tersebut adalah menggunakan alat pengering yang terisolasi atau tertutup/lemari pengering ^[3].

Salah satu metode pengeringan energi surya yaitu dengan menggunakan *Evacuated Tube Collector* (ETC). ETC adalah perangkat yang dapat mengumpulkan dan memanfaatkan energi matahari dengan lebih efektif dibandingkan dengan pengumpul surya konvensional karena mengurangi kehilangan panas ke udara ^[4]. Pengeringan *bedroot* menggunakan ETC menghasikan kinerja dan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan *open sun drying* ^[5]. Kelebihan dari ETC *solar dryer* yaitu bisa menyimpan panas sementara, saat paparan sinar matahari tidak maksimal mengenai permukaan ETC. Pengeringan dengan konveksi paksa lebih efektif untuk meningkatkan efisiensi pengeringan dan menurunkan rasio kelembapan di banding dengan konveksi alami ^[6]. Panas dari ETC akan disalurkan menuju lemari pengering bahan pangan yang

Corresponding Author:

✉ Teguh Prasetyo

Received on : 2025-05-16

Revised on : 2025-05-16

Accepted on : 2025-05-17

akan dikeringkan. Proses pengeringan di dalam lemari pengering bertujuan menghindari kontaminasi debu, kotoran maupun hewan serta agar proses pengeringan bisa berjalan dengan optimal dan terkendali [3].

Setiap jenis bahan pangan memerlukan suhu dan waktu pengeringan yang berbeda-beda agar mencapai kualitas yang optimal. Faktor-faktor seperti kadar air, struktur bahan dan sensitifitas terhadap panas mempengaruhi parameter pengeringan yang ideal [7]. Kesalahan dalam proses pengeringan akan berdampak rusaknya kandungan nilai gizi, tekstur makanan dan cita rasa dari makanan [8]. Oleh karena itu, perlu ada sistem *monitoring* yang dapat mengatur dan memantau suhu serta waktu pengeringan secara *real-time* guna memastikan efisiensi dan kualitas produk akhir [9].

Penelitian terkait integrasi sistem monitoring ETC *solar dryer* secara *online* sangat minim. Kebanyakan penelitian terkait pengering ETC hanya fokus pada performa termal dan efisiensi energi [10], tanpa menyertakan sistem *monitoring* secara daring untuk pengamatan suhu, kelembapan atau massa bahan secara *real-time*. Hal ini akan membatasi kemampuan pengendalian proses secara presisi. Terbatasnya penggunaan *IoT* dan sistem monitoring otomatis pada ETC *Solar dryer*, sedang di lain pihak perkembangan teknologi *IoT* seperti penggunaan ESP32 atau *cloud storage*, yang dapat memungkinkan pengering bekerja secara adaptif dan lebih efisien [11] menjadi salah satu dasar melakukan penelitian ini.

Pentingnya sistem *online monitoring* pada pengering ETC yaitu untuk memudahkan pengembangan dan evaluasi performa sistem, dimana data monitoring secara *real-time* akan membantu dalam mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan dan mengoptimalkan desain sistem. Melalui *online monitoring* deteksi parameter-parameter kritis, anomali atau deviasi dari kondisi normal memungkinkan dilakukan intervensi secara cepat, baik eksekusi secara manual maupun eksekusi secara otomatis untuk mencegah kegagalan lebih lanjut. Data yang dikumpulkan melalui monitoring dapat digunakan untuk penyesuaian operasi secara *real-time*, seperti mengatur kecepatan aliran udara atau suhu, guna mencapai efisiensi pengeringan yang optimal.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka tujuan penelitian ini adalah memberi kontribusi pada pengembangan sistem cerdas dengan membangun platform *online monitoring* berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan *Google Sheets* dan membuka peluang untuk pengembangan sistem kendali otomatis berbasis data historis dan *real-time*.

2. METODE DAN BAHAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan pendekatan rekayasa. Penelitian ini dilakukan di laboratorium *Miniplant* Garam Universitas Trunojoyo Madura yang memiliki letak titik koordinat garis lintang -7.163250 ($7^{\circ} 09'47.7''S$) dan garis bujur 112.728950 ($112^{\circ}43'18.42''E$) dengan ketinggian 5 mdpl. Pengujian dilakukan pada tanggal 1 September 2024.



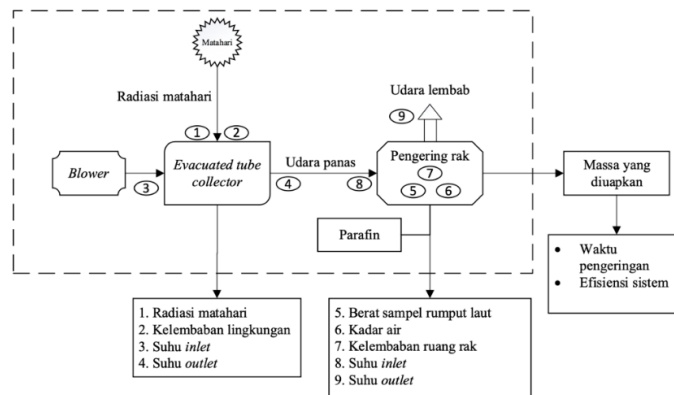
Gambar 1. Sistem ETC *solar dryer*.

Tabel 1. Spesifikasi ETC dan lemari pengering

Kolektor tabung		Pengering rak	
Parameter	Nilai/material	Parameter	Nilai/material
Panjang	1,8 m	Panjang	1 m
Diameter dalam	44 m	Lebar	0,5 m
Diameter luar	58 m	Tinggi	1,7 m
Jumlah tabung	28	Volume ruang pengering	0,6 m ³
Material	Kaca borosilikat	Jumlah rak	3
Lapisan absorber	Aluminium nitrat	Luas rak total	1,5 m ²
Luas tabung kolektor	1,44 m ²	Tinggi cerobong	0,3 m
Sudut kemiringan	45°	Material cover	Galvalum
Fluida kerja	Udara	Material insulasi panas	Glass wool

Gambar 1. Merupakan gambaran sistem ETC *Solar Dryer* yang digunakan dalam penelitian ini. Adapun detail peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah ETC sejumlah 16 tabung yang digunakan sebagai kolektor surya. Udara hasil pemanasan dari kolektor surya dipindahkan ke lemari pengering menggunakan kipas *blower* (*Blower WIPRO BW-2*) yang memiliki daya 150 *Watt*. Detail spesifikasi ETC dan lemari pengering bisa dilihat pada Tabel 1. Lemari pengering sejumlah 3 rak yang setiap rak dilengkapi dengan sensor berat (*load cell* dengan modul HX711). Di dalam lemari pengering juga terdapat sensor suhu dan kelembapan (BME280) untuk memonitor kondisi udara dalam lemari pengering.

Peralatan utama *monitoring* menggunakan mikrokontroler (ESP 32) yang berfungsi untuk membaca data sensor, mengolah dan kemudian mengirimkan secara *wireless* ke jaringan internet melalui *wifi router*. Aplikasi *internet cloud* yang digunakan adalah *google apps script*. Data pembacaan sensor akan terbaca dan tersimpan dalam *google sheet* secara *real-time*. Data terbaca secara langsung melalui *google spreadsheet* secara *online* yang juga otomatis bisa disimpan dalam *cloud* maupun komputer [12].

**Gambar 2.** Skema sistem *monitoring* ETC solar dryer

Metode pengujian sistem *online monitoring* yaitu diawali dengan melakukan kalibrasi sensor yang digunakan dengan cara membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat ukur pembanding. Kemudian melakukan koneksi ke *google spreadsheet* dan menguji respon pembacaannya. Ketika sistem sudah berjalan dengan normal sesuai dengan yang diharapkan maka selanjutnya siap dilakukan pengujian. Pada Gambar 2. menunjukkan rangkaian sistem *monitoring* yang digunakan. Proses perekaman data sistem *monitoring* dilakukan setiap 5 menit dan disimpan dalam *google spreadsheet*.

Pembacaan sensor *monitoring* menggunakan metode *Simple Moving Average* (SMA). Metode SMA ini merupakan salah satu teknik pemrosesan data (*data filtering*) yang paling sederhana dan sering digunakan untuk mengurangi fluktuasi acak (*noise*) dalam data deret waktu, terutama pada data sensor [13, 14]. Metode ini menghitung nilai rerata dan simpangan baku pada data masukan yang bersifat kontinu dalam waktu rentang tertentu [15], sehingga menghasilkan data yang lebih halus dan stabil [15]. Berikut rumusan metode SMA [16].

$$SMA_x = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} X_{k-i} \quad (1)$$

Keterangan :

SMA_k : nilai rata-rata bergerak pada waktu ke -k

N : jumlah data/periode (panjang jendela/filter window)

X_{k-i} : data sensor pada waktu ke k-i

Metode SMA sangat efektif digunakan dalam sistem *monitoring* berbasis mikrokontroler dan sensor karena algoritmanya ringan, cepat dan mampu menekan *noise* dari pembacaan sensor tanpa memerlukan pemrosesan yang kompleks [16, 17, 18]. Metode SMA digunakan untuk menyaring data mentah agar lebih representatif terhadap kondisi sebenarnya [19]. Teknik *filter* dasar ini sering digunakan dalam penelitian sistem *Internet of Things* (IoT) untuk *monitoring* lingkungan [20]. Kelebihan metode ini kemampuannya menghaluskan fluktuasi acak yang disebabkan oleh interferensi elektromagnetik, *grounding* tidak stabil atau benda panas disekitarnya [21].

2.1. Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rumput laut *Gracillaria* sp sebagai bahan pangan yang dikeringkan. Rumput laut *Gracillaria* sp biasanya digunakan sebagai bahan baku produksi agar-agar [22], bahan pengental seperti *pudding*, *jelly*, es krim, dll [23]. Kandungan air Standar SNI untuk pengeringan *Gracillaria* sp adalah 40 – 12 % [24].



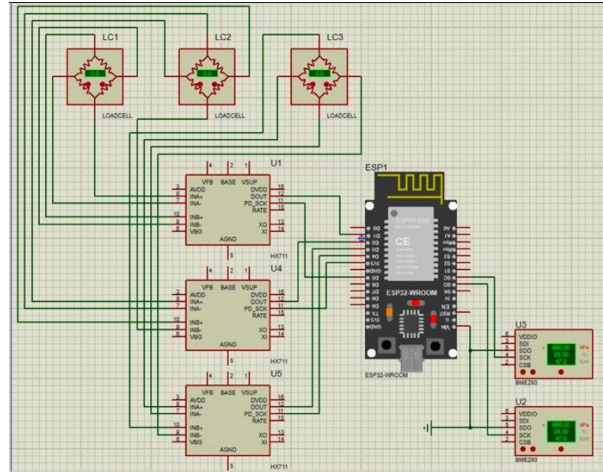
Gambar 3. Rumput laut *gracillaria* sp

Tabel 2. Standar kandungan kadar air rumput laut kering, (SNI 2690 : 2015) [24].

Parameter Uji	Satuan	Persyaratan				
		Carragenophyte		Agaro-plate		Alginophyte
		<i>Eucheuma cottoni</i>	<i>Eucheuma spinosum</i>	<i>Gelidium sp</i>	<i>Gracillaria sp</i>	<i>Sargassum sp</i>
a. sensori		Min. 7 (skor 1-9)**				
b. Kimia	%	Maks.30	Maks.30	Maks.12	Maks.12	Maks.15
Kadar air	%	Min.50	Min.50	Min.40	Min.40	Min.50
c. Cemaran logam						
- Arsen (AS)	mg/kg			Maks. 1,0		
- Kadium (CD)	mg/kg			Maks. 0,1		
-Merkuri (HG)	mg/kg			Maks. 0,5		
-Timah (Sn)	mg/kg			Maks. 40,0		
- Timbal (Pb)	mg/kg			Maks. 0,3		
d. Cemaran fisik	%			Maks. 3,0		

2.2. Instalasi Penelitian

Instalasi sistem monitoring ETC *Solar Dryer* yang digunakan adalah pembuatan *wiring* sistem, dimana sistem dirangkai seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Desain *Wiring* sistem online monitoring ETC solar dryer yang digambarkan melalui software proteus.



Gambar 5. Proses kalibrasi *load cell* pada lemari pengering

Setelah proses *wiring*, maka dilanjutkan proses kalibrasi sistem mengikuti kaidah SNI ISO/IEC 17025: 2008 [25], untuk setiap alat ukur yang digunakan seperti *load cell* yang diletakkan di setiap rak lemari pengering, sensor suhu & kelembapan yang diletakkan pada lemari pengering dan juga diletakkan di luar sistem yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan. Mengingat kondisi letak ETC *Solar Dryer* yang berada disekitar lingkungan yang memiliki gedung dan pepohonan, maka pengujian sistem ini dilakukan mulai pukul 09.00 s.d. 15.00 WIB. Perekaman data *monitoring* dari setiap pembacaan sensor-sensor dilakukan setiap 5 menit agar tidak terlalu banyak data yang dihasilkan dengan kondisi nilai yang relatif sama. Berikut adalah langkah-langkah proses pengambilan data *monitoring* harian proses pengeringan rumput laut dengan ETC *Solar Dryer*:

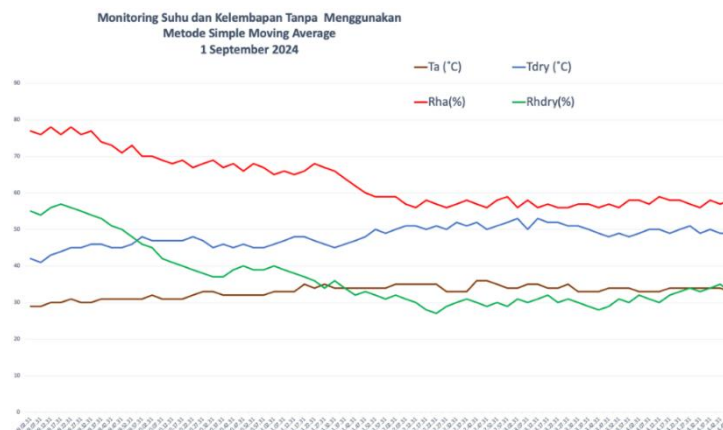
1. Membersihkan rumput laut dari pengotor.
2. Merendam rumput laut dengan air selama 10 menit.
3. Meniriskan rumput selama 5 menit ditempat teduh secara merata.

4. Mengukur berat rumput laut disetiap rak, dimana masing-masing 2000 gram.
5. Menata rumput laut dalam rak dalam kondisi merata permukaannya
6. Menyalakan *blower* pada alat penelitian.
7. Mengatur *blower* dengan kecepatan 6 m/s menggunakan *dimmer*.
8. Menutup ruang pengering dengan rapat.
9. Menyalakan semua rangkaian elektronika dan komputer.
10. Memastikan program, kompatibilitas tautan *google spread sheet* dan kalibrasi suhu yang menggunakan *software Arduino ide* dan sambungan dengan *wifi* dapat diakses secara IoT.
11. Memantau data penelitian dan memastikan semua parameter terbaca dengan normal dengan menggunakan alat ukur pembanding
12. Perekaman data *monitoring* siap dijalankan.

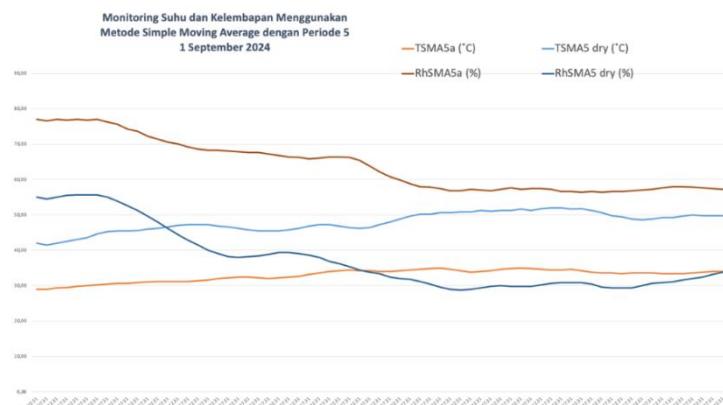
Catatan pengambilan data *monitoring* dinyatakan batal jika kondisi cuaca lingkungan berawan tebal atau kondisi hujan.

3. HASIL DAN DISKUSI

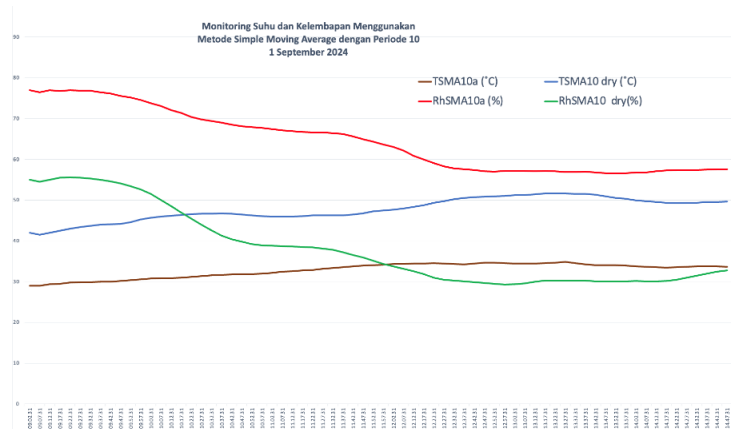
Hasil perekaman data *online monitoring* pada tanggal 1 September 2024 pada pukul 09.00 s.d.15.00 WIB. Berikut hasil *plotting* perekaman data *monitoring*nya.



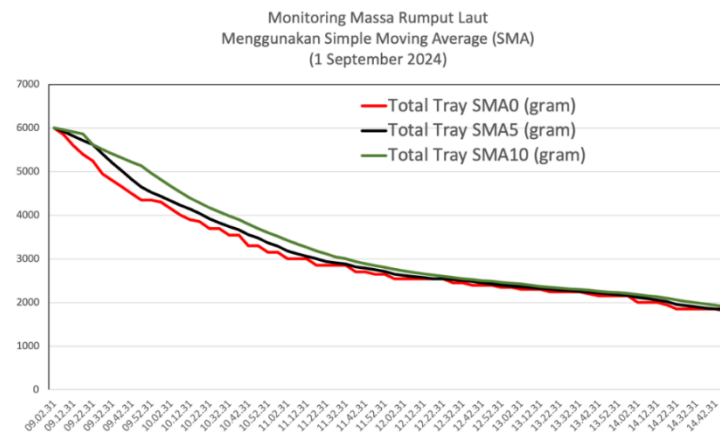
Gambar 6. Grafik *plotting monitoring* suhu dan kelembapan lingkungan dan suhu dan kelembapan pada lemari pengering tanpa perlakuan *filtering*.



Gambar 7. Grafik *plotting monitoring* suhu dan kelembapan lingkungan dan suhu dan kelembapan pada lemari pengering menggunakan *filtering sma* periode 5.



Gambar 8. Grafik *plotting monitoring* suhu dan kelembapan lingkungan dan suhu dan kelembapan pada lemari pengering menggunakan *filtering sma* periode 10.



Gambar 9. Grafik *plotting monitoring* penurunan massa rumput laut tanpa penggunaan *filtering sma*, dengan menggunakan *filtering sma* periode 5 dan menggunakan *filtering sma* periode 10.

Keterangan :

- T_a (°C) : nilai suhu lingkungan (°C)
- T_{SMA5a} : proses penyaringan data suhu lingkungan dengan menggunakan periode 5.
- T_{SMA10a} : proses penyaringan data suhu lingkungan dengan menggunakan periode 10.
- T_{dry} : suhu dalam lemari pengering (°C)
- $T_{SMA5dry}$: proses penyaringan data suhu lemari pengering dengan menggunakan periode 5.
- $T_{SMA10dry}$: proses penyaringan data suhu lemari pengering dengan menggunakan periode 10.
- Rh_a : nilai kelembapan relatif lingkungan (%).
- Rh_{SMA5a} : nilai hasil penyaringan kelembapan relatif lingkungan (%) menggunakan periode 5.
- Rh_{SMA10a} : nilai hasil penyaringan kelembapan relatif lingkungan (%) menggunakan periode 10.
- Rh_{dry} : nilai kelembapan *relative* lingkungan (%).
- $Rh_{SMA5dry}$: nilai hasil penyaringan kelembapan relatif pada lemari pengering (%) menggunakan periode 5.
- $Rh_{SMA10dry}$: nilai hasil penyaringan kelembapan pada lemari pengering (%) menggunakan periode 10.

Berdasarkan hasil data *monitoring* suhu dan kelembapan udara pada lingkungan dan lemari pengering serta nilai penurunan massa rumput laut pada lemari pengering diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 3. Rata-rata penyimpangan nilai penggunaan SMA

	Metode SMA	Rata-rata Penyimpangan
T_a (°C)	SMA5	-0,13
	SMA10	-0,279
T_{dry} (°C)	SMA5	0,552
	SMA10	1,243
R_{ha} (%)	SMA5	-0,208
	SMA10	-0,454
$R_{h_{dry}}$ (%)	SMA5	0,60
	SMA10	1,4
Massa	SMA5	117
	SMA10	254

Berdasarkan data *sheet* BME280 [26] diketahui bahwa nilai akurasi tipikal suhu adalah $\pm 1,0$ °C dan kelembapan adalah ± 3 % RH. Sedang nilai akurasi dari *load cell* dengan HX711 memiliki akurasi $\pm 0,02\%$.

Berdasarkan data pada tabel 3 dan dengan membandingkan data *sheet* peralatan sensor yang digunakan, maka:

1. Pengukur suhu udara lingkungan bisa menggunakan metode SMA dengan nilai periode 5 dan 10. Karena proses *filter* data tidak melebihi batas akurasi dari alat ukur.
2. Pengukuran suhu udara yang ada di lemari pengering hanya bisa menggunakan metode SMA yang memiliki periode 5. Saat menggunakan metode SMA periode 10, maka proses *filtering* data semakin menjauh dari data aslinya yang berdampak nilai *monitoring* yang diharapkan tidak sesuai dengan kondisi nilai sebenarnya (melebihi dari standar acuan data *sheet* sensor yang ada). Hal ini disebabkan karena suhu lemari pengering yang mulai tinggi, menyebabkan mulai timbulnya fluktuasi data.
3. Pengukuran kelembapan udara lingkungan maupun di dalam lemari pengering bisa menggunakan metode SMA periode 5 dan 10. Karena proses *filter* data tidak melebihi batas akurasi dari alat ukur.
4. Pengukuran massa rumput laut tidak perlu menggunakan metode SMA, sebab penggunaan metode SMA akan memperbesar penyimpangan pengukuran atau proses *filter* data tidak sesuai untuk penggunaan sensor *load cell* dengan HX711.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian menggunakan metode *Simple Moving Average* (SMA) dengan periode 5 dan 10 untuk melakukan *filtering* data monitoring secara online sistem *Evacuated tube Collector Solar Dryer* dengan studi kasus pengering rumput laut. *Filtering Data* digunakan untuk menghilangkan *noise* pengukuran. Adapun periode pengambilan datanya dilakukan setiap 5 menit. Metode SMA periode 5 dan 10 bisa digunakan untuk menghilangkan *noise* pengukuran suhu lingkungan. Metode SMA periode 5 dan 10 dapat digunakan untuk pengukuran kelembapan di lingkungan dan di dalam lemari pengering dengan baik. Sedang untuk pengukuran suhu di dalam ruang lemari pengering hanya bisa menggunakan metode SMA dengan periode 5, karena saat menggunakan periode 10, akan menghasilkan penyimpangan data yang melebihi batas akurasi spesifikasi yang telah ditetapkan. Proses *monitoring* data massa rumput laut, tidak perlu menggunakan metode SMA, sebab penggunaan metode ini akan menimbulkan penyimpangan pengukuran yang jauh dari aslinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Robiandi., S. Hidayana., Hafid., F.D. Sastrawan., D.M. Shoodiqin., M. Mayantasari., “Rancang bangun kolektor surya tipe *parabolic trough*

- menggunakan *reflector* aluminium *tape-poliester* untuk aplikasi pemanas udara pada lemari pengering.’ *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 13, pp.589-597, 2022. <https://doi.org/10.21776/jrm.v13i2.1130>
- [2] N. W. Setyanto., R. Himawan., D. Zefry., E. Y. Arifianto., Putri. Rina. M.S., Kurnia. N.” Perancangan Alat Pengering Mie Ramah Lingkungan.’ *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 3, No. 3, pp.411-420, 2012. <https://doi.org/10.21776/jrm.v3i3.166>
 - [3] B. D. Argo., A. Lastriyanto., N. P. Astuti., ”Sistem monitoring gas oksigen dan karbondioksida pada ruang penyimpanan sistem udara terkontrol.’ *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.1, No. 3, pp. 84-90, 2010. <https://doi.org/10.21776/jrm.v1i3.107>
 - [4] Mao, C., Li, M., Li, N., Shan, M., & Yang, X. “Mathematical Model Developmen and Optima Design of The Horizontal all-glass Evacuated Tube Solar Collectors Integrated with Bottom Mirror Reflectors for Solar Energy Harvesting,” *Applied Energy*, 238,54-68. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.006>
 - [5] Malakar, S., Alam, M., & Arora, V. K. “Evacuated tube solar and sun drying of beetroot slices: Comparative assessment of thermal performance, drying kinetics, and quality analysis,” *Solar Energy*, 233, 246 258, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.01.029>
 - [6] Bhavsar, H. P., & Patel, C. M. “Performance investigation of natural and forced convection cabinet solar dryer for ginger drying.” *Materials Today: Proceedings*, 47,6128–6133, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.050>
 - [7] Ratti, C. “Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review.” *Journal of food Engineering*, 49(4), 311-319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4), 2001.
 - [8] McMinn, W. A. M., & Magee, T. R. A. “Principles, Methods and Applications of The Convective Drying of Foodstuffs.” *Food and Bioproducts Processing*, 77(3), 175-193, 1999. <https://doi.org/10.1205/096030899532341>
 - [9] Mujumdar, A. S. “Handbook of Industrial Drying (3rd ed.)”. *CRC Press*, 2007.
 - [10] Omer, A.M. “Design and thermal performance of solar air dryer using ETC for agricultural drying”. *Renewable Energy*, [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com), 2024.
 - [11] Inuganti, S. *et al.* “IoT-enabled Monitoring for Natural Convection Solar Dryers”. [ResearchGate](https://www.researchgate.net), 2024.
 - [12] Mulyadi, D., & Yuniar, D. “Monitoring suhu dan kelembapan berbasis IoT Menggunakan NodeMCU dan Google Sheets”. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, Vol. 9, No.1, 2021.
 - [13] Smith, S.W. “The Scientist and engineer’s guide to digital signal processing.” *California Technical Publihing*. <http://www.dspguide.com>, 1997.
 - [14] Chandrakasan A.P., *et al.* “Digital signal processing.” *New York* : McGraw-Hill, 2000.
 - [15] Saptadi, A. H.” Aplikasi Pemantau Suhu dan Kelembaban Udara Berbasis Nuvoton NUC140VE3CN dan Sensor HTU21D.” *Jurnal Infotel*, 9(2), 123–130, 2017.
 - [16] Pree, T., Smith, J., & Doe, A.”Sensor Data Smoothing Techniques: An Overview.” *Journal of Sensor Technology*, 5(3), 45–50, 1992.
 - [17] Patel, D., & Joshi, S. “Data Filtering in Sensor Nodes Using Moving Average Algorithm.” *International Journal of Computer Applications*, 141(12), 1–5, 2016.
 - [18] Singh, A., & Raza, M. “Sensor Data Noise Reduction Using Moving Average Filter.” *IEEE International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)* 2018.

- [19] Rahman, M. A., Hossain, M. M., & Almogren, A. "Data Preprocessing for IoT Sensors: A Survey." *IEEE Access*, 8, 205071–205089, (2020).
- [20] Mohamed, A. A., *et al.* "Efficient Smoothing Techniques for IoT Sensor Data: A Comparison." *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 10(2), 25, 2021.
- [21] Jain, P., & Sharma, R. "Comparison of Moving Average and Kalman Filtering in Sensor Data Analysis." *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(3), 124–128, 2017.
- [22] McHugh, D. J. "A Guide to the Seaweed Industry. FAO Fisheries Technical." Paper 441. Gracilaria is a principal source of agar used in food processing worldwide, 2003.
- [23] Bixler, H. J., & Porse, H. "A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry." *Journal of Applied Phycology*, 23(3). Gracilaria-based agar continues to dominate the edible hydrocolloid market, 2011.
- [24] Badan Standarisasi Nasional. "Rumput laut kering, SNI 2690:2015, "Jakarta, Indonesia, 2015.
- [25] Badan Standarisasi Nasional. "Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi, SNI ISO/IEC 17025:2008," Jakarta, Indonesia.
- [26] Bosch Sensortec. "BME280 Environmental Sensor Datasheet, Rev. 1.8,". 2018. <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme280-ds002.pdf>.