

FLUKTUASI TEMPORAL KELEMBABAN UDARA DI DALAM DAN LUAR EKOSISTEM MANGROVE

Temporal Fluctuation of Air Humidity In and Outside The Mangrove Ecosystem

Mario Nikolaus Dalengkade*

Program Studi Matematika Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa Universitas Halmahera
Jl. Wari Raya, Tobelo, Halmahera Utara, 97762, Indonesia

e-mail: mariodalengkade@gmail.com
Corresponding author*

Abstrak

Pemodelan kelembaban udara ekosistem mangrove menggunakan fungsi Fourier memperlihatkan siklus fluktuasi temporal. Dimana siklus tersebut dipengaruhi oleh intensitas matahari. Luaran grafik pemodelan kelembaban udara menunjukkan kesamaan untuk posisi 1 dan posisi 3. Berawal dari pukul 19.00 kelembaban udara sebesar 72% dan terus naik mencapai 85,5% tepat pukul 04.00. Kemudian menurun kembali sebesar 59,2% pada pukul 12.00. Berbeda dengan posisi 9 mulai pukul 19.00 nilai kelembaban udara yakni 71,5% dan terus naik mencapai 82,5% tepat pukul 04.00, serta menurun kembali mencapai 65% pada pukul 12.00. Perbedaan nilai kelembaban udara tersebut karena posisi 1 dan posisi 3 terletak di luar serta tepi hutan mangrove dimana tidak atau kurangnya tutupan kanopi mangrove mengakibatkan proses penguapan sangat cepat terjadi. Sedangkan Posisi 9 terletak di dalam hutan mangrove dimana tutupan kanopi mangrove berperan penting dalam mengendalikan proses penguapan dan meredam intensitas matahari. Disamping itu pengujian korelasi silang menghasilkan *time-lag* yang bervariasi untuk setiap posisi pengukuran kelembaban udara berdasarkan kedalaman dan tepi ekosistem mangrove.

Kata Kunci : kelembaban udara, fungsi Fourier, mangrove, *time-lag*.

Abstract

Modeling air humidity in the mangrove ecosystem using Fourier functions shows a cycle of temporal fluctuations. The cycle is influenced by the intensity of the sun. Graphical modeling of air humidity shows similarities for position 1 and position 3. Starting at 19.00 air humidity is 72% and continues to rise reaching 85.5% at exactly 04.00. Then it declined again by 59.2% at 12.00. Unlike the 9th position starting at 19.00 the value of air humidity is 71.5% and continues to rise reaching 82.5% at exactly 4:00 a.m., and decreases again to reach 65% at 12.00. The difference in the value of air humidity is because position 1 and position 3 are located outside and the edge of the mangrove forest where no or lack of mangrove canopy cover causes the evaporation process to occur very quickly. While position 9 is located in the mangrove forest where the mangrove canopy cover plays an important role in controlling the evaporation process and reducing the intensity of the sun. Besides that cross-choreal testing produces a *time-lag* that varies for each position measuring air humidity based on the depth and edge of the mangrove ecosystem.

Keywords: air humidity, fourier Function, mangrove, *time-lag*.

Submitted: 28th July 2019

Accepted: 20th February 2020

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. PENDAHULUAN

Menurut [1] tercatat Indonesia memiliki luasan mangrove sebesar 3.489.140,68 Ha dari 16.530.000 Ha luasan keseluruhan mangrove yang ada di dunia. Walaupun Indonesia memiliki luasan mangrove terbesar di dunia, tapi terdapat 1.817.999,93 Ha dalam kondisi rusak dan 1.671.140,75 Ha dalam kondisi baik. Rusaknya mangrove menyebabkan terjadi perubahan kondisi fisik lingkungan termasuk iklim mikro [2], [3]. Iklim mikro yakni iklim dengan skala 0,001 hingga 10 m dan variabel-variabel iklim mikro adalah daya tembus cahaya matahari, daya tembus angin, presipitasi (curah hujan), suhu udara (tanah/udara), kelembaban udara (tanah/udara), dan defisit tekanan uap (VPD) [4], [5].

Baru-baru ini laporan [5] menggunakan formula $f(x) = a + (c + a)/(1 + \exp((x - b)/d))$ untuk mengetahui profil variabel VPD yang terletak di Northeastern Ivory Coast diukur sepanjang transek 400 m (-200 m area savana dan 200 m area hutan). Hasil yang didapatkan menggunakan formula tersebut yakni sepanjang transek -200 m dari area savana VPD sebesar 100% menuju ke tepi hutan berkurang menjadi 70%, dan ke dalam hutan sepanjang transek 200 m menjadi 60% sewaktu cerah. Sedangkan sewaktu hujan VPD dari arah savana sebesar 30% menuju tepi hutan menjadi 10%, kemudian menuju jarak 200 m ke dalam hutan berkurang menjadi 5%. Pengukuran intensitas matahari oleh [6] di hutan *Pacific Northwest* mulai 06.00–13.00 mengalami kenaikan 0 kW m^{-2} – $0,9 \text{ kW m}^{-2}$. Kenaikan intensitas matahari tersebut diikuti dengan kenaikan suhu udara sejak pukul 06.00–13.00 sebesar $7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dari tepi hutan ke area terluar hutan, sedangkan dari tepi ke dalam hutan pada pukul yang sama yakni $9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – $19 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Laporan-laporan variabel iklim mikro yang telah dikaji di atas memperlihatkan perubahan secara eksponensial, dan kenaikan VPD dan suhu udara sangat dipengaruhi oleh intensitas matahari. Mengutip dari [7] menyatakan bahwa variabel-variabel iklim mikro yang telah di teliti kesemuanya merupakan suatu deret waktu, sehingga dapat di analisis menggunakan fungsi Fourier. Dalam [8], [9], [10], [11], bentuk umum fungsi Fourier yakni ditulis sebagai berikut:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) \quad (1)$$

Penelitian terbaru dari [7] berhasil memodelkan variabel kuat penerangan (intensitas matahari) dan suhu udara di hutan mangrove menggunakan Persamaan (1). Luaran pemodelan tersebut memperlihatkan grafik sinusoidal separuh periode untuk variabel kuat penerangan dan suhu udara. Dimana kuat penerangan pada malam hari bernilai 0, dan mulai pukul 06.00–12.00 sebesar 0.310 lux – 59.500 lux . Sama halnya dengan suhu udara mengalami kenaikan mulai pukul 06.00–12.00 yakni $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – $35.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Menelaah kembali mengenai penelitian iklim mikro hutan mangrove yang telah dipaparkan, maka pertanyaan menarik adalah “Bagaimana perubahan temporal kelembaban udara dan bagaimana respon kelembaban udara terhadap kuat penerangan di hutan mangrove”? Sehingga penelitian mengenai fluktuasi temporal kelembaban udara di hutan mangrove sangat penting, karena menurut [6], [12] variabel iklim mikro merupakan studi lapangan, pemodelan matematik dan data-data iklim mikro dapat menunjukkan struktur bentang alam.

2. METODE PENELITIAN

Pemodelan variabel iklim mikro dalam penelitian ini didasarkan pada model matematik. Variabel iklim mikro yang diukur yakni kelembaban udara (H) menggunakan fungsi Fourier. Sehingga pemodelan variabel tersebut untuk setiap posisi pengukuran menghasilkan fungsi semata. Fungsi Fourier yang digunakan untuk memodelkan variabel iklim mikro [13], [14] yakni:

$$f(t) = T_0 \sum_{m=0}^{\frac{N}{2}} a_m \cos \omega_m t + b_m \sin \omega_m t \quad (2)$$

dengan

$$\omega_m = \frac{2\pi m}{N} \quad (3)$$

$$a_m = \frac{2}{N} \sum_{t=0}^{N-1} f(t) \cos \omega_m t \tag{4}$$

$$b_m = \frac{2}{N} \sum_{t=0}^{N-1} f(t) \sin \omega_m t \tag{5}$$

m yakni cacah suku deret Fourier dan N adalah banyaknya data (pasangan data variabel bebas waktu (t) dan variabel terikat kelembaban udara (H)), $f(t)$ adalah kelembaban udara hasil pengukuran lapangan, a_m dan b_m adalah koefisien Fourier. Pengukuran variabel H selama 25 jam dengan interval waktu 1 jam, sehingga menghasilkan $N = 25$. Pengukuran setiap variabel dimulai dari jam 06.00–18.00, sehingga diperoleh data $N = 13$. Banyak harmonik yakni $N/2$, maka untuk 25 data pengamatan, nilai m yakni: 1, 2, 3, ..., 12. Untuk jumlah $N = 13$, data pengamatan $m = 1, 2, 3, \dots, 6$. Prosedur pemodelan setiap variabel iklim mikro yakni:

1. Menentukan harga koefisien a_m dan b_m menggunakan Persamaan (4) serta Persamaan (5).
2. Menentukan koefisien $c_m^2 = a_m^2 + b_m^2$.
3. Menentukan sumbangan keragaman: $s_m = (c_m^2 / (2 \cdot \sigma)) * 100$
4. Sinkronisasi data antar posisi pengukuran. Sinkronisasi data dilakukan karena pengukuran tidak serempak, tapi berpindah dari posisi satu ke posisi lainnya sepanjang transek. Sinkronisasi data ini dilakukan dengan memasukkan data selisih waktu pengukuran dari posisi satu ke posisi selanjutnya, ke dalam fungsi berikutnya. Sinkronisasi ini tidak mengubah fungsi tapi memberikan harga yang baru untuk setiap posisi.
5. Uji korelasi silang (*cross-correlation*). Uji korelasi silang ditunjukkan guna menghitung *time-lag* perubahan antara variabel kuat penerang terhadap variabel kelembaban udara. Persamaan yang digunakan untuk menentukan korelasi silang [15] yakni:

$$r = \frac{\sum_i^n \{(x(i) - mx) \cdot (y(i - d) - my)\}}{\sqrt{\sum_i^n (x((i) - mx))^2} \cdot \sqrt{\sum_i^n (y((i - d) - my))^2}} \tag{6}$$

dengan: r = koefisien korelasi, n = banyaknya pasangan data variabel bebas (x) dan variabel terikat (y), m = konstanta, i = cacah data, d = *time-lag* antar variabel x serta y . Untuk menentukan *lag* antara x dan y yakni dari nilai maksimal r . Proses penentuan *lag* yakni menggeser salah satu fungsi (misalnya y) terhadap x (proses iterasi). Pergeseran ini dilakukan dengan cara mengiterasi d dengan interval tertentu. Nilai d awal dapat dipilih sama dengan nol atau menggunakan nilai tertentu jika terdapat acuan *lag* kedua fungsi. Pergeseran diteruskan selama r bertambah dan dihentikan ketika mencapai nilai tertinggi. *Lag* kedua fungsi adalah nilai d ketika nilai r maksimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Topografi Transek Penelitian

Lokasi penelitian iklim mikro kelembaban udara yakni ditunjukkan dalam Tabel 1. Spesies mangrove yang tumbuh pada lokasi penelitian didominasi oleh *rhizophora* dengan tutupan kanopi 85%–92%.

Tabel 1. Keterangan Transek Penelitian.

No. Transek	Posisi (Koordinat) Titik Ujung Transek				Panjang Transek (m)	Jarak Ke Batas Ekosistem (m)		
	Luar Hutan Mangrove		Dalam Hutan Mangrove			Arah Transek	Kiri	Kanan
	Lintang	Bujur	Lintang	Bujur				
1	0°51'20.95"	124°42'24.28	0°51'20.97"	124°42'23.66"	36	746	764	1500

Topografi transek pengukuran variabel kelembaban udara dalam penelitian ini yakni bagian terluar hutan mangrove merupakan laut dan bagian tepi/batas lebih rendah daripada bagian tengah, serta penggenangan laut tidak merata di lokasi penelitian.

3.2. Pemodelan Temporal Kelembaban Udara

Mengacu pada metode penelitian, sehingga dihasilkan data pemodelan kelembaban udara. Tertuang dalam Tabel 2 yakni terdapat 9 posisi pengukuran, tapi dalam tulisan ini hanya memaparkan hasil pemodelan kelembaban udara untuk ke-3 posisi pengukuran yakni Posisi 1 (4 m di luar hutan mangrove), Posisi 3 (tepi hutan mangrove), dan Posisi 9 (32 m ke dalam hutan mangrove).

Tabel 2. Data Rataan 9 Posisi Pengukuran Kelembaban Udara

Posisi	Jumlah Data	Rerata	Varians
1	1853.70	74.148	86.814
2	1854.20	74.168	86.413
3	1855.30	74.212	84.973
4	1864.70	74.588	71.955
5	1869.40	74.776	67.875
6	1873.10	74.924	63.657
7	1877.20	75.088	61.227
8	1880.40	75.216	59.527
9	1881.70	75.268	58.578

Berdasarkan prosedur pemodelan yang dijelaskan dalam metode penelitian, sehingga dihasilkan data-data iklim mikro kelembaban udara untuk Posisi 1 dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Luaran Pemodelan Kelembaban Udara Posisi 1

Posisi	Harmonik	Koefisien Fourier			Sumbangan Keragaman
		A_j	B_j	C_j	
1	1	-3.698	12.467	169.103	97.394
	2	1.292	-0.392	1.822	1.050
	3	-0.224	-0.294	0.136	0.079
	4	-0.728	-0.312	0.628	0.362
	5	0.655	-0.031	0.429	0.247
	6	-0.163	-0.519	0.295	0.170
	7	0.680	-0.292	0.547	0.315
	8	-0.227	-0.034	0.052	0.030
	9	0.684	0.020	0.468	0.270
	10	0.037	-0.324	0.106	0.061
	11	0.057	-0.073	0.009	0.005
	12	0.087	0.149	0.030	0.017
Jumlah	12				100%

Bentuk fungsi kelembaban udara Posisi 1 berdasarkan Persamaan 2 tersusun atas data rerata (Tabel 2), banyaknya harmonik, koefisien Fourier (A_j dan B_j) sehingga menghasilkan total sumbangan keragaman sebesar 100% (Tabel 3). Fungsi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

Posisi 1:

$$\begin{aligned}
 H(t) = & 74.148 - 3.698\cos(2\pi t)/12 + 12.467\sin(2\pi t)/12 + 1.292\cos(4\pi t)/12 - 0.392\sin(4\pi t)/12 \\
 & - 0.224\cos(6\pi t)/12 - 0.294\sin(6\pi t) - 0.728\cos(8\pi t)/12 - 0.312\sin(8\pi t)/12 + 0.655\cos(10\pi t)/12 \\
 & - 0.031\sin(10\pi t)/12 - 0.163\cos(12\pi t)/12 - 0.519\sin(12\pi t)/12 + 0.680\cos(14\pi t)/12 - 0.292\sin(14\pi t)/12 \\
 & - 0.227\cos(16\pi t)/12 - 0.034\sin(16\pi t)/12 + 0.684\cos(18\pi t)/12 + 0.020\sin(18\pi t)/12 + 0.037\cos(20\pi t)/12 \\
 & - 0.324\sin(20\pi t)/12 + 0.057\cos(22\pi t)/12 - 0.073\sin(22\pi t)/12 + 0.087\cos(24\pi t)/12 + 0.149\sin(24\pi t)/12
 \end{aligned}$$

Luaran pemodelan kelembaban udara Posisi 3 dengan mengacu pada prosedur pemodelan dalam metode penelitian, maka dihasilkan data–data kelembaban udara fungsi Fourier dirangkum dalam Tabel 2 dan 4.

Tabel 4. Luaran Pemodelan Kelembaban Udara Posisi 3

Posisi	Harmonik	Koefisien Fourier			Sumbangan Keragaman
		A_j	B_j	C_j	
3	1	-3.807	12.289	165.502	97.385
	2	1.360	-0.354	1.976	1.162
	3	-0.226	-0.255	0.117	0.069
	4	-0.709	-0.318	0.604	0.355
	5	0.607	-0.041	0.370	0.218
	6	-0.079	-0.505	0.262	0.154
	7	0.580	-0.345	0.455	0.268
	8	-0.266	-0.030	0.072	0.042
	9	0.692	0.002	0.479	0.282
	10	0.061	-0.257	0.070	0.041
	11	0.079	-0.007	0.006	0.004
	12	0.096	0.158	0.034	0.020
Jumlah	12				100%

Bentuk fungsi kelembaban udara Posisi 3 berdasarkan Persamaan 2 tersusun atas data rerata (Tabel 2), jumlah harmonik, koefisien Fourier (A_j dan B_j) dimana menghasilkan total jumlah keragaman sebesar 100% (Tabel 4). Sehingga fungsi Fourier kelembaban udara Posisi 3 dituliskan sebagai berikut:

Posisi 3:

$$\begin{aligned}
 H(t) = & 74.212 - 3.807 \cos(2\pi t) / 12 + 12.289 \sin(2\pi t) / 12 + 1.360 \cos(4\pi t) / 12 - 0.354 \sin(4\pi t) / 12 \\
 & - 0.226 \cos(6\pi t) / 12 - 0.255 \sin(6\pi t) / 12 - 0.709 \cos(8\pi t) / 12 - 0.318 \sin(8\pi t) / 12 + 0.607 \cos(10\pi t) / 12 \\
 & - 0.041 \sin(10\pi t) / 12 - 0.079 \cos(12\pi t) / 12 - 0.505 \sin(12\pi t) / 12 + 0.580 \cos(14\pi t) / 12 - 0.345 \sin(14\pi t) / 12 \\
 & - 0.266 \cos(16\pi t) / 12 - 0.030 \sin(16\pi t) / 12 + 0.692 \cos(18\pi t) / 12 + 0.002 \sin(18\pi t) / 12 + 0.061 \cos(20\pi t) / 12 \\
 & - 0.257 \sin(20\pi t) / 12 + 0.079 \cos(22\pi t) - 0.007 \sin(22\pi t) / 12 + 0.096 \cos(24\pi t) / 12 + 0.158 \sin(24\pi t) / 12
 \end{aligned}$$

Data–data yang diperlihatkan dalam Tabel 5 yakni merupakan luaran pemodelan kelembaban udara untuk Posisi 9 berdasarkan prosedur pemodelan dalam metode penelitian.

Tabel 5. Luaran Pemodelan Kelembaban Udara Posisi 9

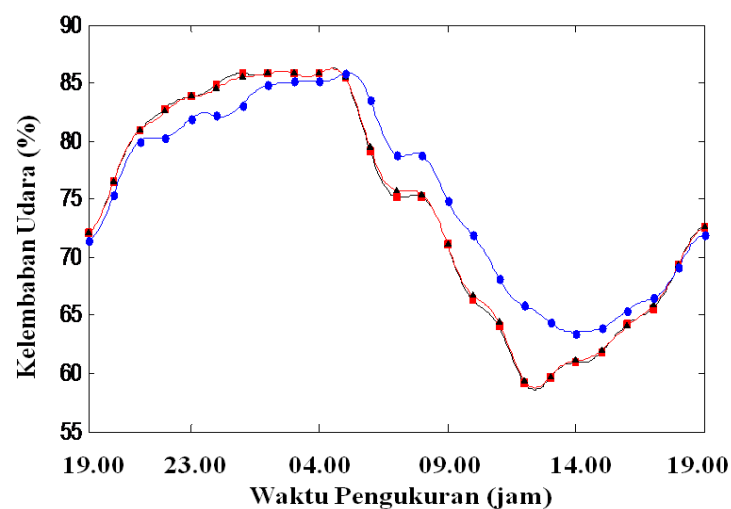
Posisi	Harmonik	Koefisien Fourier			Sumbangan Keragaman
		A_j	B_j	C_j	
9	1	-5.352	9.225	113.740	97.084
	2	1.356	0.263	1.909	1.630
	3	-0.288	0.068	0.088	0.075
	4	-0.437	-0.398	0.349	0.298
	5	0.159	-0.204	0.067	0.057
	6	-0.021	-0.486	0.237	0.202
	7	0.393	0.040	0.156	0.133
	8	0.074	-0.377	0.148	0.126
	9	0.570	-0.017	0.325	0.277
	10	0.033	-0.095	0.010	0.009
	11	0.195	0.244	0.098	0.083
	12	-0.050	-0.166	0.030	0.026
Jumlah	12				100%

Dalam Tabel 2, Tabel 5 diperlihatkan data rerata, banyak harmonik, koefisien Fourier (A_j dan B_j) dimana menghasilkan menghasilkan total sumbangan keragaman sebesar 100%. Sehingga penulisan bentuk fungsi kelembaban udara Posisi 9 sebagai berikut:

Posisi 9:

$$\begin{aligned}
 H(t) = & 75.268 - 5.352 \cos(2\pi)/12 + 9.225 \sin(2\pi)/12 + 1.356 \cos(4\pi)/12 + 0.263 \sin(4\pi)/12 \\
 & - 0.288 \cos(6\pi)/12 + 0.068 \sin(6\pi)/12 - 0.437 \cos(8\pi)/12 - 0.398 \sin(8\pi)/12 + 0.159 \cos(10\pi)/12 \\
 & - 0.204 \sin(10\pi)/12 - 0.021 \cos(12\pi)/12 - 0.486 \sin(12\pi)/12 + 0.393 \cos(14\pi)/12 + 0.040 \sin(14\pi)/12 \\
 & + 0.074 \cos(16\pi)/12 - 0.377 \sin(16\pi)/12 + 0.570 \cos(18\pi)/12 - 0.017 \sin(18\pi)/12 + 0.033 \cos(20\pi)/12 \\
 & - 0.095 \sin(20\pi)/12 + 0.195 \cos(22\pi)/12 + 0.244 \sin(22\pi)/12 - 0.050 \cos(24\pi)/12 - 0.166 \sin(24\pi)/12
 \end{aligned}$$

Berdasarkan bentuk fungsi kelembaban udara Posisi 1, Posisi 3, dan Posisi 9, maka fungsi–fungsi tersebut dapat dilukiskan sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik Fungsi Untuk Ke-3 Posisi Pengukuran Kelembaban Udara. Posisi 1 Grafik Warna Hitam, Posisi 3 Grafik Warna Merah, dan Posisi 9 Grafik Warna Biru.

Luaran grafik fungsi kelembaban udara Gambar 1 memperlihatkan grafik sinusoidal satu periode. Grafik tersebut berbanding terbalik dengan perubahan temporal kuat penerangan (intensitas matahari) dan suhu udara dalam penelitian [7], [16]. Siklus kelembaban udara yang diperlihatkan oleh grafik sejak pukul 19.00 mengalami kenaikan hingga mencapai kelembaban maksimum 85,8% tepat pukul 01.00, dan kembali menurun mulai pukul 04.00 hingga mencapai batas minimum 59,2% pukul 12.00. Selain itu selisih antara posisi 1 ke posisi 3 dan posisi 3 ke Posisi 9 pada malam hari yakni 2,7%, sedangkan siang hari 6,1%. Khusus Posisi 9 sejak pukul 05.00–14.00 siklus kelembaban udara yang ditampilkan dalam grafik menunjukkan presentase 85%–64%. Sedangkan Posisi 1 dan Posisi 3 pada pukul yang sama memperlihatkan presentase 85%–60%. Hasil ini sejalan dengan [16] yang mengukur kelembapan udara hutan mangrove batas pantai, dimana kelembaban maksimum 86,70% pukul 03.00 dan minimumnya pukul 13.00 sebesar 59,9%.

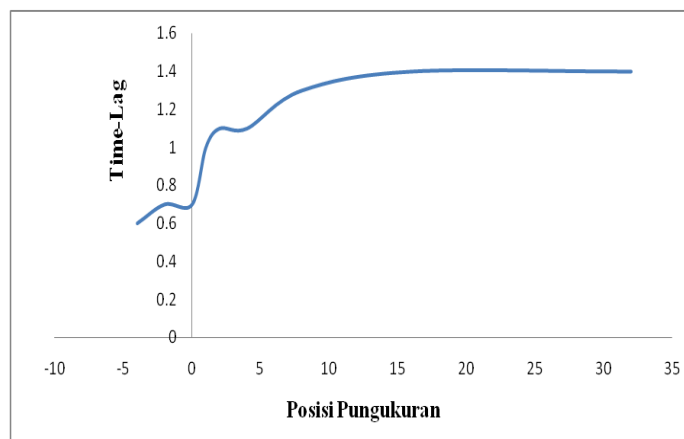
3.3. Respon Kelembaban Udara terhadap Kuat Penerangan

Penelitian ini tidak memaparkan fluktuasi variabel kuat penerangan, karena sudah di publikasikan dalam [7]. Luaran korelasi silang dan besarnya *time-lag* untuk setiap posisi dalam transek disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Korelasi Silang dan *Time-lag* Untuk Setiap Posisi Pengukuran dalam Transek

Posisi Pengukuran	<i>Time-lag</i> menurut transek dan posisi pengukuran	
	Koefisien korelasi	<i>Time-lag</i>
1	0.965	0.6
2	0.968	0.7
3	0.964	0.7
4	0.960	1.0
5	0.973	1.1
6	0.957	1.1
7	0.964	1.3
8	0.966	1.4
9	0.974	1.4

Penentuan korelasi silang dan *time-lag* pada Tabel 6 yakni berdasarkan uraian dalam metode penelitian Persamaan (6), sehingga dihasilkan koefisien korelasi dan *time-lag* untuk semua posisi dalam transek pengukuran. Dalam Tabel 6 tercatat 9 posisi yakni; 1) Posisi 1 yakni posisi -4 meter di luar hutan bakau; 2) Posisi 2 yakni -2 m di luar mangrove; 3) Posisi 3 yakni 0 m tepi mangrove; 4) Posisi 4 yakni 1 m ke dalam mangrove; 5) Posisi 5 yakni 2 m ke dalam mangrove; 6) Posisi 6 yakni 4 m ke dalam mangrove; 7) Posisi 7 yakni 8 m ke dalam mangrove; 8) Posisi 8 yakni 16 m ke dalam mangrove dan; 9) Posisi 9 yakni 32 m ke dalam mangrove. Di samping itu, setiap nilai koefisien yang tertuang dalam Tabel 6 merupakan nilai koefisien korelasi maksimum terjadi saat fungsi kuat penerangan digeser mundur sejauh $t = d$. Dalam hal ini d merupakan *time-lag* antara perubahan kelembapan udara dengan perubahan kuat penerangan. Visualisasi setiap bersarnya harga *time-lag* dipaparkan ke dalam Gambar 2.

**Gambar 2. Grafik *Time-lag* Kelembapan Udara Terhadap Kuat Penerangan.**

Grafik *time-lag* pada Gambar 2 memperlihatkan perubahan dari Posisi 1 ke Posisi 3 sebesar 0.6 jam hingga 0.7 jam, mengindikasikan bahwa proses penguapan udara sangat cepat terjadi. Sedangkan Posisi 3 sampai Posisi 9 pada rentang 1.0 jam hingga 1.4 jam, mengindikasikan siklus pelepasan udara panas ke atmosfer terhambat dikarenakan tutupan kanopi. Disamping itu siklus kelembapan udara sejalan dengan siklus *time-lag* suhu udara dalam penelitian [7]. Selain itu, analisis *time-lag* kelembapan udara menunjukkan perbedaan dengan [16] yakni 1.0 hingga 1.2 jam. Sehingga dari hasil pembuktian *time-lag* terhadap kuat penerangan dapat digunakan sebagai parameter untuk pemantauan perubahan iklim mikro mangrove, termasuk perubahan dalam ekosistem mangrove dan lingkungan berbatasan.

4. KESIMPULAN

Salah satu parameter iklim mikro yang dikaji dalam penelitian ini yakni kelembapan udara di area hutan mangrove. Dari uraian di atas terbukti bahwa siklus kelembapan mengalami kenaikan pada malam hari dan terjadi penurunan pada pagi hari sampai siang hari baik di luar dan di dalam hutan mangrove. Perubahan siklus kelembapan udara karena dipengaruhi oleh intensitas matahari. Ini terbukti dari setiap perubahan *time-lag*

lag untuk setiap posisi pengukuran, dimana besarnya *time-lag* menandakan bahwa proses difusi termal dari arah vertikal melambat untuk setiap posisi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. W. Hadi, "Miliki 23% Ekosistem Mangrove Dunia Indonesia Tuan Rumah Konferensi Internasional Mangrove 2017," 14 Maret 2017, [Online]. Tersedia: http://ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/561 [Diakses: 6 Juli 2019].
- [2] Y. Mazda and K. Kamiyami, "Tidal Deformation and Inundation Characteristics Within Mangrove Swamps," *Mangrove Science*, vol. 4, no. 5, pp. 21–29, 2007.
- [3] E. Granek and B. I. Ruttenberg, "Changes In Biotic and Abiotic Processes Following Mangrove Clearing," *Estuarine Coastal and Shelf Science*, vol. 80, Issue 4, pp. 555–562, October 2008.
- [4] R. J. Davies-Colley, G. W. Payne and M. van Elswijk, "Microclimate Gradients Across a Forest Edge," *New Zealand Journal of Ecology*, vol. 24, no. 2, pp. 111–121, 2000.
- [5] K. J. Hennenberg, D. Goetze, J. Szarzynski, B. Orthmann, B. Reineking, I. Steinke and S. Porembski, "Detection of Seasonal Variability in Microclimatic Borders and Ecotones Between Forest and Savanna," *Basic and Applied Ecology*, vol. 9, Issue 3, pp. 275–285, February 2007.
- [6] J. Chen, S. C. Saunders, T. R. Crow, R. J. Naiman, K. D. Brosofske, G. D. Mroz, B. L. Brookshire and J. F. Franklin, "Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology," *BioScience*, vol. 49, no. 4, pp. 288–297, April 1999.
- [7] M. N. Dalengkade, "Pemodelan Reaksi Suhu Udara Terhadap Penyinaran Cahaya Matahari Dalam Hutan Bakau," *Barekeng*, vol. 13, no. 2, pp. 061–068, Agustus 2019.
- [8] H. Dym and H. P. McKean. *Fourier Series and Integrals*. New York: Academic Press Inc, 1972.
- [9] M. R. Spiegel. *Fourier Analysis*. New York: McGraw–Hill Inc, 1974.
- [10] P. Bloomfield. *Fourier Analysis of Time Series: An Introduction*. New York: John Wiley & Sons Inc. 2000.
- [11] G. S. Campbell. *An Introduction to Environmental Biophysics*. New York: Springer–Verlag, 1977.
- [12] Q. T. Vo, C. Kuenzer, Q. M. Vo, F. Moder and N. Oppelt, "Review of Valuation Methods for Mangrove Ecosystem Services," *Ecological Indicators*, vol. 23, pp. 431–446, April 2012.
- [13] C. S. Medellu and D. Tulandi, "Parameter: The Area of Microclimate Gradient Diurnal Dynamic for Characterization and Monitoring of Forest Ecosystem and Environment," *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*, vol. 3, Issue-3, pp. 934–943, May–June 2018.
- [14] C. S. Medellu, "The Area and Index of Diurnal Dynamic of Microclimate Gradient as a Mangrove–Environment Interaction Parameter," *Journal of Natural Sciences Research*, vol. 3, no. 14, pp. 68–77, 2013.
- [15] V. Bewick, L. Cheek and J. Ball, "Statistics review 7: Correlation and regression," *Critical Care*, vol. 7, no. 6, pp. 451–459, November 2003.
- [16] M. N. Dalengkade, "Profil 24 Jam Kuat Penerangan, Suhu Udara, Kelembaban Udara Di Luar Dan Di Dalam Hutan Mangrove" *Barekeng*, Vol. 14, no.1, pp. 047–058, Maret 2020.