

Profil Vertikal dan Luas Bidang Dinamika Harian Gradien Suhu Air Danau Tondano di Lokasi Budidaya dan Luar Lokasi Budidaya Ikan

Elroy Eden Egeten ^{1)*}, Tineke Makahinda ²⁾ Farly Tumimomor ³⁾

^{1,2,3}Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

*E-mail: elroyegeten11@gmail.com

Diterima 10 Oktober 2023; Disetujui 29 Oktober 2023

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fungsi temporal dan spasial suhu air dan fungsi dinamika gradien suhu air Danau Tondano. Metode penelitian ini dilakukan pada dua transek yaitu di lokasi budidaya dan di luar lokasi budidaya ikan. Dengan melakukan pengambilan data pada Sembilan posisi kedalaman berbeda selama 24 jam. Waktu pengukuran dimulai jam 05:00 pagi s/d 05:00 pagi, dengan interval waktu 2 jam. Posisi pengukuran menurut jarak vertikal dari atas permukaan air adalah 0 cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm, 100 cm, 150 cm, 220 cm, 300 cm dan 400 cm. Pengolahan data dilakukan dengan cara Menyusun format data dalam bentuk matriks, selanjutnya di analisis menggunakan program atau perangkat lunak yang mencakup fungsi temporal dan spasial, fungsi dan luas bidang dinamika gradien. Hasil penelitian ini menunjukkan pemodelan matematik yang menghasilkan fungsi kontinu perubahan temporal dan spasial variabel iklim mikro yang memungkinkan pengembangan parameter baru yaitu dinamika gradien suhu air. Penelitian ini dilakukan pada dua transek berbeda dengan kondisi ekosistem danau dan lingkungan yang menunjukkan bahwa luas bidang dibentuk oleh kurva dinamika harian gradien suhu air berbeda untuk kedua transek.

Kata kunci : Fungsi Temporal, Fungsi Spasial, Suhu, Model Dinamika Gradien, Profil Vertikal, Danau Tondano.

ABSTRACT

This study aims to determine the temporal and spatial function of water temperature and the function of the dynamics of Lake Tondano water temperature gradient. This research method was carried out on two transects, namely at the cultivation site and outside the fish farming site. By taking data at nine different depth positions for 24 hours. Measurement time starts at 05:00 am to 05:00 am, with a time interval of 2 hours. Measurement positions according to vertical distance from the top of the water surface are 0 cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm, 100 cm, 150 cm, 220 cm, 300 cm and 400 cm. Data processing is done by arranging the data format in matrix form, then analyzed using a program or software that includes temporal and spatial functions, functions and area of the gradient dynamics field. The results of this study show mathematical modeling that produces a continuous function of temporal and spatial changes in microclimate variables that allow the development of new parameters, namely water temperature gradient dynamics. The study was conducted on two different transects with lake ecosystem and environmental conditions that showed that the area of the field formed by the daily dynamics curve of the water temperature gradient was different for both transects.

Keywords : Temporal Function, Spatial Function, Temperature, Gradient Dynamics Model, Vertical Profile, Lake Tondano.

1. PENDAHULUAN

Matahari adalah benda angkasa yang merupakan pusat dari tata surya, matahari memancarkan suatu sinar yang disebut sinar matahari. Sinar inilah yang sangat bermanfaat dalam tata surya terlebih bagi bumi. Sinar matahari adalah salah satu dari unsur kehidupan, tanpa adanya sinar ini kita sebagai manusia bahkan makhluk hidup lain didalam bumi ini tidak akan hidup, dapat kita bayangkan sendiri bumi ini tanpa adanya sinar matahari selain bumi akan menjadi gelap bumi juga akan

menjadi dingin. Dinginnya bumi membuat makhluk hidup seperti tanaman tidak akan hidup begitupun binatang serta manusia. Selain sebagai penunjang kehidupan dalam menghangatkan suhu bumi, sinar matahari juga sangat bermanfaat baik dalam membantu pekerjaan manusia, sebagai sumber vitamin D juga sebagai penghangat suhu tubuh manusia dan binatang, matahari juga sangat berperan penting dalam proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan, dimana dalam proses

ini tumbuhan menghasilkan oksigen yang merupakan kebutuhan umat manusia.

Pengaruh sinar matahari bukan hanya terbatas didaratkan saja tetapi lebih luas dan mencakup daerah-daerah lain yang dapat dijangkau atau disinari oleh cahaya matahari, salah satunya di daerah perairan, dimana kita tahu Bersama sepertiga dari bumi merupakan daerah perairan, dan bagian terbesarnya yaitu lautan yang berisi air asin. Hanya sebagian kecil saja yang merupakan air tawar, padahal yang sangat diperlukan makhluk hidup seperti manusia, hewan di daratan serta tumbuhan yaitu air tawar dalam proses keberlangsungan kehidupan.

Secara umum ekosistem perairan daratan dibagi menjadi 2, yaitu perairan mengalir (*lotic water*) dan perairan menggenang (*lentic water*). Perairan mengalir (*lotic water*) dicirikan dengan adanya arus yang terus menerus dengan kecepatan bervariasi sehingga perpindahan massa air berlangsung terus-menerus, contohnya antara lain: sungai, kali, kanal, parit, dan lain-lain. Perairan menggenang (*lentic water*) disebut juga perairan tenang yaitu perairan dimana aliran air lambat atau bahkan tidak ada dan massa air terakumulasi dalam periode waktu yang lama. Arus tidak menjadi faktor pembatas utama bagi biota yang hidup didalamnya. Contoh perairan lentik antara lain: Waduk, danau, kolam, telaga, situ, belik, dan lain-lain. (Satino, 2011). Menurut Effendi (2003), hal: 31) perairan tergenang meliputi danau, waduk, dan rawa. Perairan tergenang (lentik), khususnya danau, biasanya mengalami stratifikasi secara vertikal akibat perbedaan suhu. Danau dicirikan dengan arus yang sangat lambat (0,001- 0,01 m/detik atau tidak ada arus sama sekali. Oleh karena itu waktu tinggal (*residence time*) air dapat berlangsung lama. Arus air danau dapat bergerak ke berbagai arah. Intensitas radiasi matahari sangat berpengaruh terhadap kondisi ekosistem di daerah danau, selain memberikan pengaruh terhadap perubahan suhu baik di udara maupun di air, cahaya matahari juga memiliki peranan penting dalam proses fotosintesis yang terjadi di dalam ekosistem air dimana cahaya matahari ini dimanfaatkan oleh plankton yaitu fitoplankton dalam berfotosintesis. Plankton adalah tumbuhan bersel satu yang melayang dalam air. (Resosoedarmo, 1992). Faktor cahaya yang masuk ke dalam air ini juga akan mempengaruhi sifat optis dari air. Sebagian cahaya itu akan diabsorpsi dan sebagian lainnya akan

dipantulkan keluar dari permukaan air. Semakin bertambahnya kedalaman lapisan air, intensitas cahaya tersebut akan mengalami perubahan yang signifikan baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Batas akhir penetrasi cahaya disebut sebagai titik akhir kompensasi cahaya yaitu titik pada lapisan air dimana cahaya matahari mencapai nilai minimum yang menyebabkan proses asimilasi dan respirasi berada dalam keseimbangan. Dapat juga diartikan bahwa titik kompensasi cahaya ini konsentrasi karbon dioksida dan oksigen berada pada keadaan yang relative konstan. (Barus, 2004). Menarik untuk diketahui lebih jauh mengenai pengaruh dari intensitas cahaya matahari serta perubahan yang terjadi di bawah permukaan air dalam waktu yang berkesinambungan serta pada titik kedalaman tertentu.

Maka dari itu berdasarkan uraian diatas peneliti terdorong untuk melakukan penelitian selain untuk menambah pengetahuan juga agar dapat lebih mengetahui kondisi dibawah permukaan air mengenai pengaruh sinar matahari terhadap suhu air lewat suatu pemodelan. Untuk itu peneliti mengangkat judul “Profil vertikal dan luas bidang dinamika harian gradien suhu air danau tondano baik dilokasi budidaya maupun diluar lokasi budidaya”.

2. KAJIAN LITERATUR

Dalam struktur Ekosistem perairan di daratan secara umum dibagi menjadi 2 yaitu perairan mengalir (*lotic water*) dan perairan menggenang (*lentic water*). Perairan mengalir (*lotic water*) dicirikan dengan adanya arus yang terus menerus dengan kecepatan bervariasi sehingga perpindahan massa air berlangsung terus-menerus, contohnya antara lain: sungai, kali, kanal, parit, dan lain-lain. Perairan menggenang (*lentic water*) disebut juga perairan tenang yaitu perairan dimana aliran air lambat atau bahkan tidak ada dan massa air terakumulasi dalam periode waktu yang lama. Arus tidak menjadi faktor pembatas utama bagi biota yang hidup didalamnya. Contoh perairan lentik antara lain: Waduk, danau, kolam, telaga, situ, belik, dan lain-lain. (Satino, 2011).

Menurut Effendi (2003), hal: 31) perairan tergenang meliputi danau, waduk, dan rawa. Perairan tergenang (lentik), khususnya danau, biasanya mengalami stratifikasi secara vertikal akibat perbedaan suhu. Danau dicirikan dengan arus yang sangat lambat (0,001- 0,01 m/detik

atau tidak ada arus sama sekali. Oleh karena itu waktu tinggal (*residence time*) air dapat berlangsung lama. Arus air danau dapat bergerak ke berbagai arah. Berdasarkan intensitas cahaya yang masuk keperairan, stratifikasi vertical pada perairan lentik dikelompokkan menjadi 3 yaitu:

- a. Zona (lapisan) Eufotik, yaitu lapisan yang masih cukup mendapat cahaya matahari.
- b. Zona (lapisan) kompensasi yaitu lapisan dengan intensitas cahaya sebesar 1 persen dari intensitas cahaya permukaan.
- c. Lapisan profundal; yaitu lapisan dibawah lapisan kompensasi, dengan intensitas cahaya kecil atau bahkan tidak ada cahaya.

Selanjutnya, menurut Effendi (2003, hlm :33) berdasarkan perbedaan panas pada setiap kedalaman (dalam perbedaan suhu), stratifikasi kolom air pada perairan tergenang dibagi atas 3, yakni:

- a. Epilimnion, yaitu lapisan bagian atas permukaan perairan. Lapisan ini merupakan bagian yang hangat dengan suhu yang relatif konstan atau perubahan suhu secara vertikal sangat kecil.
- b. Termoklin atau metalimnion yaitu lapisan dibawah epilimnion. Pada lapisan ini, perubahan suhu dan panas vertikal relatif besar setiap penambahan 10 meter terjadi penurunan suhu sekurang-kurangnya 1°C.
- c. Hipolimnion, yaitu lapisan dibawah ketalimnion. Lapisan ini merupakan lapisan yang lebih dingin ditandai dengan perubahan suhu secara vertikal yang relatif kecil. Massa air pada lapisan ini bersifat stagnan atau tidak mengalami pencampuran dan memiliki densitas yang lebih besar.

Danau dapat diklasifikasikan berdasarkan bahan produksi organiknya. Danau oligotrofik merupakan danau yang dalam dan tidak banyak mengandung nutrisi. Danau eutrofik merupakan danau yang umumnya lebih dangkal dan kandungan nutrisi pada airnya tinggi.

Stratifikasi vertikal suhu, oksigen dan pH di perairan danau dapat menunjukkan dinamika perairan, potensi produktivitas dan evolusi kimia di dalamnya (Araoye, 2009; Lukman dan Ridwansyah, 2010). mengemukakan bahwa

stratifikasi suhu di suatu perairan berperan penting dalam proses ekologis badan air. Lebih lanjut (Ambrosetti dan Barbanti, 2001; Katsev et al., 2014) menyebutkan, profil suhu secara vertikal di danau diperlukan untuk menentukan kandungan panas di perairan, lapisan termoklin dan pencampuran massa air di perairan. Sementara itu, Oksigen terlarut sangat penting untuk respirasi, pertumbuhan, perkembangbiakan, proses metabolisme oleh seluruh jasad hidup organisme akuatik. Selain itu oksigen terlarut juga berperan dalam dekomposisi bahan organik di perairan. Dinamika dan penyebaran oksigen pada danau-danau berstratifikasi panas dikendalikan oleh kombinasi kondisi kelarutan, hidrodinamika, masukan dari fotosintesis, dan kehilangan untuk oksidasi metabolis dan kimia (Wetzel, 1983; Lukman dan Ridwansyah, 2010). Profil suhu dan oksigen secara vertikal akan memberikan informasi penting terkait turbulensi dan pengadukan serta penurunan oksigen pada lapisan hipolimnion. Oksigen terlarut dan pH mempengaruhi secara langsung atau tidak langsung parameter limnologi lainnya seperti viskositas, total padatan terlarut dan konduktivitas (Whitney, 1942); yang semuanya merupakan parameter fisik dan kimia yang sangat penting dalam pengelolaan perairan (Araoye et al., 2009).

3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian yaitu terletak di danau tondano kelurahan Peleloan Kecamatan Tondano Selatan Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara dengan titik Koordinat 01°14,930' N dan 124°53,917' E.

Dalam penelitian ini, alat dan bahan digunakan terdiri Perangkat Keras (Hardware), Software dan peralatan pendukung lainnya.

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu metode studi literatur dan metode pengumpulan data secara sekunder. Jenis penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif.

Variabel yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu air berdasarkan waktu pengukuran pada Sembilan posisi pengukuran arah vertikal dari permukaan air sampai ke kedalaman yang telah ditentukan dan digunakan untuk mengontrol perubahan suhu air danau. Ketelitian pembacaan alat untuk pembacaan suhu air danau adalah 0,1°C sehingga data suhu air danau adalah 0,1°C.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara melakukan survei lapangan, dimana data yang diperoleh langsung dari lokasi penelitian meliputi:

- Mengidentifikasi dan menetapkan zona pengukuran.
- Menetapkan posisi transek pengukuran melalui zona yang telah ditetapkan untuk pengambilan titik kordinat melalui GPS di lokasi penelitian.
- Perencanaan kegiatan, penyiapan peralatan dan format pengamatan serta persiapan kelompok untuk melakukan pengamatan.
- Melakukan pengukuran suhu air danau pada posisi yang sudah ditetapkan disepanjang transek ada Sembilan titik pengukuran di mulai dari kedalaman 0 cm, 10 cm, 30 cm, 60 cm, 100 cm, 150 cm, 220 cm, 300 cm dan 400 cm. Pengukuran suhu air dilakukan dengan jarak interval 2 jam dimulai jam 05.00 sampai 21.00 malam hari. Intensitas cahaya pengukurannya dilakukan pada jam 05.00 pagi sampai 17.00 sore hari.
- Data yang telah diperoleh kemudian dimasukan dalam format table excel lalu diolah menggunakan program matlab.

Teknik pengolahan data yang dipakai dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan data data yang didapat dari pengukuran langsung dilapangan kemudian dimasukan dan diolah dengan menggunakan suatu program aplikasi yaitu Matlab.

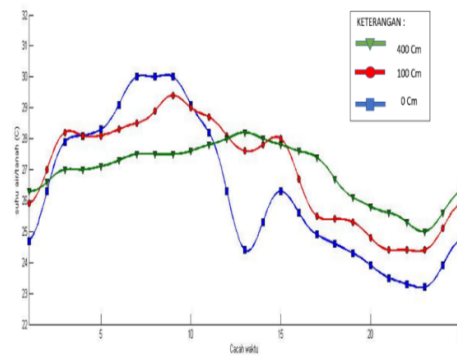
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis dan Pemodelan Matematik Fungsi Temporal Dan Spasial Suhu Air Danau

Berdasarkan prosedur pada metode penelitian, pengukuran dilakukan pada transek yang telah ditentukan untuk mengukur suhu air danau di transek 1 yaitu di lokasi budidaya dan transek 2 yaitu di luar lokasi budidaya ikan. Proses penelitian dilakukan pada tanggal 11 November 2019, dimana pengukuran dilaksanakan pada transek dan posisi pengukuran yang telah direncanakan, Posisi pengukuran sendiri di bagi dalam 9 posisi pengukuran yaitu dimulai dari 0 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 60 cm, 100 cm, 150 cm, 220 cm, 300 cm dan 400 cm di bawah permukaan air danau. Dari hasil penelitian yang dilakukan

dapat diamati bahwa perubahan suhu udara di bawah permukaan air cenderung berubah disetiap posisi pengukuran secara vertikal dari permukaan air sampai pada posisi 400 cm di bawah permukaan air.

Hasil Analisis Dan Pemodelan Matematik Suhu Air Danau Tondano Di Lokasi budidaya Ikan



Gambar 1. Perubahan Temporal Suhu Air Di Lokasi Budidaya Ikan

Gambar 1 di atas menunjukkan perubahan temporal harian suhu air pada 3 posisi pada arah vertikal dimana pengukuran dimulai pada jam 05.00 (cacah waktu 1) yang merupakan titik awal pengukuran dengan suhu awal yaitu 0 cm = 24°C, 100 cm = 25,9°C dan 400 cm = 26.3°C. Ketika sinar matahari mulai nampak perubahan suhu mulai mengalami kenaikan, pada saat pukul 09.00 (cacah waktu 5) di kurva 100 cm (merah) mengalami sedikit penurunan suhu namun kemudian kembali naik bersamaan dengan ke dua kurva lainnya bahkan mencapai suhu maksimum dimana energi matahari mencapai puncaknya dan secara langsung berpengaruh terhadap kenaikan suhu air di permukaan danau, cahaya yang masuk kedalam air diabsorpsi dan terakumulasi sebagian lagi di pantulkan kembali ke permukaan, semakin bertambahnya kedalaman lapisan air intensitas cahaya pun semakin berkurang baik secara kualitatif maupun kuantitatif titik akhir penetrasi cahaya di sebut titik akhir kompensasi cahaya dimana cahaya matahari mencapai nilai minimum yang menyebabkan proses asimilasi dan respirasi berada dalam keadaan seimbang (Barus, 2004).

Pada pukul 13.00 (cacah waktu 9) suhu air pada posisi 0 cm mencapai 30° C dan 100 cm yaitu 29,4° C walaupun kemudian berangsur turun pada sore hari sampai pada pukul 17.00 WITA. Sedangkan pada posisi 400 cm suhu air

cenderung naik walaupun tidak terlalu signifikan dan baru mencapai puncaknya yaitu pada pukul 17.00 WITA (cacah waktu 13) suhu airnya 28.2°C dimana matahari sudah hampir tenggelam, dibandingkan dengan ke dua kurva lain pengaruh intensitas cahaya yang berkurang membuat suhu pun ikut menurun namun pada posisi 400 cm ini suhu air baru mencapai puncaknya disebabkan akumulasi energi cahaya yang terabsorpsi selama masih adanya sinar matahari. Namun semakin berjalannya waktu di posisi ini terus mengalami penurunan suhu sampai pada jam 03.00 pagi tetapi jika dilihat dari grafik suhu air pada posisi ini lebih tinggi dibandingkan di dua posisi lainnya yang lebih dekat dengan permukaan. ini dikarenakan hasil cahaya yang terabsorpsi yang kemudian mulai diemisikan keatas. Pada kurva 0 cm dan 100 cm pada pukul 19.00 (cacah waktu 15) mengalami kenaikan suhu air namun kemudian kembali turun sampai pada pukul 03.00 (cacah waktu 23). Kemudian ketiga kurva ini kembali bersamaan naik kembali pada posisi awal penguuran pada pukul 05.00 (cacah waktu 1).

Dari gambar 1 menunjukan bahwa fungsi temporal suhu air di lokasi budidaya ikan berupa deret fourier yang suku-sukunya terdiri dari koefisien A_j dan koefisien B_j yang diperoleh dari hasil pemodelan menggunakan aplikasi matlab. Banyaknya harmonik yang di pakai untuk fungsi fourier mengacu pada total sumbangan keragaman dan jumlah harmonik yang digunakan adalah 12, sehingga fungsi Fouriernya adalah:

$$F(t) = 26.236 - 1.144 \cos(2\pi t/12) + 2.717 \sin(2\pi t/12) - 0.888 \cos(4\pi t/12) - 0.033 \sin(4\pi t/12) + 0.442 \cos(6\pi t/12) - 0.219 \sin(6\pi t/12) - 0.431 \cos(8\pi t/12) + 0.000 \sin(8\pi t/12) + 0.192 \cos(10\pi t/12) - 0.005 \sin(10\pi t/12) - 0.144 \cos(12\pi t/12) - 0.323 \sin(2\pi t/12) + 0.200 \cos(14\pi t/12) + 0.044 \sin(14\pi t/12) + 0.085 \cos(16\pi t/12) - 0.159 \sin(16\pi t/12) + 0.067 \cos(18\pi t/12) + 0.074 \sin(18\pi t/12) + 0.032 \cos(20\pi t/12) - 0.077 \sin(20\pi t/12) + 0.057 \cos(22\pi t/12) - 0.013 \sin(22\pi t/12) - 0.004 \cos(24\pi t/12) + 0.019 \sin(24\pi t/12)$$

Tabel 1. Data rata-rata perposisi pada kedalaman 0 cm di lokasi budidaya ikan

Posisi	Jumlah Data	Rataan	Varians
1	655.90	26.236	5.084

Tabel 2. Harmonik, koefisien harmonik dan sumbangan keragaman pemodelan pola perubahan suhu air di lokasi budidaya ikan di danau Tondano pada kedalaman 0 cm dibawah permukaan air

Banyaknya Harmonik = 12

Posisi	Harmonik	Koefisien Fourier			Sum
		A_j	B_j	C_j	Keberagaman SK_j
1	1	-1.144	2.717	8.691	85.475
	2	-0.888	-0.033	0.790	7.774
	3	0.442	0.219	0.243	2.394
	4	-0.431	0.000	0.185	1.823
	5	0.192	-0.005	0.037	0.365
	6	-0.144	-0.323	0.125	1.232
	7	0.200	0.044	0.042	0.414
	8	0.085	-0.159	0.033	0.321
	9	0.067	0.074	0.010	0.098
	10	0.032	-0.077	0.007	0.068
	11	0.057	0.013	0.003	0.003
	12	-0.004	0.019	0.000	0.004
Total Sumbangan Keragaman					100

$$F(t) = 26.940 - 1.312 \cos(2\pi t/12) + 1.799 \sin(2\pi t/12) + 0.044 \cos(4\pi t/12) + 0.315 \sin(4\pi t/12) + 0.028 \cos(6\pi t/12) + 0.115 \sin(6\pi t/12) - 0.229 \cos(8\pi t/12) + 0.120 \sin(8\pi t/12) + 0.186 \cos(10\pi t/12) - 0.176 \sin(10\pi t/12) - 0.090 \cos(12\pi t/12) - 0.152 \sin(2\pi t/12) + 0.078 \cos(14\pi t/12) + 0.042 \sin(14\pi t/12) + 0.145 \cos(16\pi t/12) - 0.125 \sin(16\pi t/12) + 0.057 \cos(18\pi t/12) + 0.022 \sin(18\pi t/12) + 0.034 \cos(20\pi t/12) - 0.004 \sin(20\pi t/12) + 0.028 \cos(22\pi t/12) - 0.016 \sin(22\pi t/12) - 0.009 \cos(24\pi t/12) + 0.028 \sin(24\pi t/12)$$

Tabel 3. Data rata-rata perposisi pada kedalaman 100 cm di lokasi budidaya ikan

Posisi	Jumlah Data	Rataan	Varians
5	673.50	26.940	2.645

Tabel 4. Harmonik, koefisien harmonik dan sumbangan keragaman pemodelan pola perubahan suhu air di lokasi budidaya ikan di danau Tondano pada kedalaman 100 cm dibawah permukaan air

Banyaknya Harmonik = 12

Posisi	Harmonik		Koefisien Fourier			Sum
	J	Aj	Bj	Cj	SKj	Keberagaman
5	1	-1.312	1.799	4.960	93.763	
	2	0.044	0.315	0.101	1.908	
	3	0.028	0.115	0.014	0.264	
	4	-0.229	0.120	0.067	1.263	
	5	0.186	-0.176	0.066	1.242	
	6	-0.090	-0.152	0.031	0.590	
	7	0.078	0.042	0.008	0.149	
	8	0.145	-0.125	0.037	0.692	
	9	0.057	0.022	0.004	0.069	
	10	0.034	-0.004	0.001	0.022	
	11	0.028	-0.016	0.001	0.020	
	12	-0.009	0.028	0.001	0.016	
Total Sumbangan Keragaman						100

$$F(t) = 26.904 - 1.065 \cos(2\pi t/12) + 0.505 \sin(2\pi t/12) + 0.085 \cos(4\pi t/12) + 0.454 \sin(4\pi t/12) + 0.053 \cos(6\pi t/12) + 0.034 \sin(6\pi t/12) + 0.057 \cos(8\pi t/12) + 0.053 \sin(8\pi t/12) - 0.010 \cos(10\pi t/12) + 0.049 \sin(10\pi t/12) + 0.108 \cos(12\pi t/12) - 0.010 \sin(12\pi t/12) + 0.072 \cos(14\pi t/12) - 0.068 \sin(14\pi t/12) + 0.041 \cos(16\pi t/12) - 0.012 \sin(16\pi t/12) + 0.035 \cos(18\pi t/12) - 0.016 \sin(18\pi t/12) + 0.026 \cos(20\pi t/12) - 0.012 \sin(20\pi t/12) - 0.004 \cos(22\pi t/12) - 0.011 \sin(22\pi t/12) - 0.001 \cos(24\pi t/12) + 0.017 \sin(24\pi t/12)$$

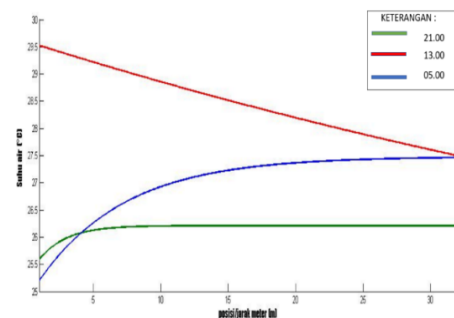
Tabel 5. Data rata-rata perposisi pada kedalaman 400 cm di lokasi budidaya ikan

Posisi	Jumlah Data	Rataan	Varians
9	672.60	26.904	0.820

Tabel 6. Harmonik, koefisien harmonik dan sumbangan keragaman pemodelan pola perubahan suhu air di lokasi budidaya ikan di danau Tondano pada kedalaman 400 cm dibawah permukaan air

Banyaknya Harmonik = 12

Posisi	Harmonik		Koefisien Fourier			Sum
	J	Aj	Bj	Cj	SKj	Keberagaman
9	1	-1.065	0.505	1.389	84.672	
	2	0.085	0.454	0.213	12.975	
	3	0.053	0.034	0.004	0.239	
	4	0.057	0.053	0.006	0.371	
	5	-0.010	0.049	0.003	0.154	
	6	0.108	-0.010	0.012	0.713	
	7	0.072	-0.068	0.010	0.600	
	8	0.041	-0.012	0.002	0.110	
	9	0.035	-0.016	0.002	0.092	
	10	0.026	-0.012	0.001	0.049	
	11	-0.004	-0.011	0.000	0.008	
	12	-0.001	0.017	0.000	0.019	
Total Sumbangan Keragaman						100

**Gambar 2.** Spasial Perubahan Suhu Air Di Lokasi Budidaya Ikan

Gambar 2 menunjukkan perubahan suhu air berdasarkan kedalaman tempat dilokasi budidaya ikan, kurva berwarna biru adalah suhu air pada pukul 05.00 WITA, yaitu ketika matahari mulai terbit perubahan suhu air di setiap kedalaman pun mulai meningkat. Kurva berwarna merah adalah suhu air laut pada puncak matahari berada pada nilai maksimum, posisi matahari sangat berpengaruh terhadap energi sinar matahari yang diserap oleh air danau. Semakin bertambah kedalaman maka suhu air pun semakin menurun namun pada kurva ini suhu air di tiap kedalaman lebih tinggi dibandingkan dengan 2 kurva lainnya.

Sedangkan kurva berwarna hijau adalah pukul 21.00 WITA, atau pada malam hari perubahan suhu air semakin meningkat di setiap kedalaman disebabkan hasil dari absorsi air danau terhadap energi matahari yang terakumulasi sehingga pada malam hari air danau tidak secara signifikan kehilangan panas pada saat matahari sudah tidak memancarkan energi.

Fungsi dari ketiga grafik di atas adalah sebagai berikut:

Untuk pukul 05.00 cacah waktu 1 :

$$T(1) = 26.21157 - 2.82919 \cdot \exp(1.02010 + 0.49410 \cdot x) 0.03552$$

Dengan ketelitian fungsi model pada data pengukuran adalah 0.03552.

Untuk pukul 13.00 cacah waktu 9 :

$$T(9) = 22.90563 + 0.00827 \cdot \exp(6.69730 + 0.01180 \cdot x) 0.03426$$

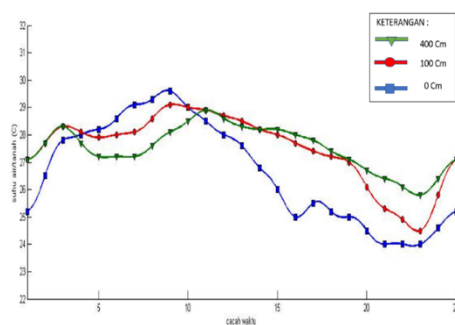
Dengan ketelitian fungsi model pada data pengukuran adalah 0.03426

Untuk pukul 21.00 cacah waktu 17 :

$$T(17) = 27.48063 - 38.61391 \cdot \exp(-2.67112 + 0.15720 \cdot x) 0.14355$$

Dengan ketelitian fungsi model pada data pengukuran adalah 0.14355

Hasil Analisis Dan Pemodelan Matematik Suhu Air Danau Tondano Di Luar Lokasi budidaya Ikan



Gambar 3. Perubahan Temporal Suhu Air Di Luar Lokasi Budidaya Ikan

Gambar 3 menunjukkan perubahan temporal harian suhu air danau di luar lokasi budidaya pada tiga posisi pengukuran. Saat awal pengukuran yaitu pada pukul 05.00 WITA (cacah waktu 1) suhu air di ketiga posisi beranjak naik seiring berjalannya waktu dan pengaruh dari cahaya matahari, namun pada pukul 08.00 WITA (cacah waktu 4) terjadi penurunan suhu di dua posisi yakni 100 cm dan

400 cm dan kemudian mulai beranjak naik bersamaan tiga posisi tersebut hingga mencapai puncak tertinggi suhu air maksimum yaitu pada pukul 13.00 WITA (cacah waktu 9) pada posisi 0 cm suhu air mencapai $29,6^{\circ}\text{C}$ dan pada 100 cm $28,7^{\circ}\text{C}$ dimana pada saat ini matahari mencapai puncaknya yang menyebabkan pengaruh secara langsung terhadap daerah permukaan air danau di mana energi yang di pancarkan memanaskan daerah permukaan danau dan masuk ke dalam air sehingga diabsorpsi dan sebagian cahaya lagi dipantulkan ke permukaan. Sedangkan pada posisi 400 cm suhu air baru mencapai nilai maksimum pada pukul 15.00 (cacah waktu 11) ketika suhu di permukaan mulai berangsur turun namun pada titik ini air mengakumulasi energi yang masuk sehingga energi panas tersimpan menyebabkan di suhu di 400 cm lebih panas dibandingkn di dua posisi lain yang lebih mendekati permukaan. Kemudian saat mulai menjelang malam hingga subuh perubahan suhu mengalami penurunan sampai pada pukul 03.00 WITA (cacah waktu 23) kemudian berangsur naik sampai pada pukul 05.00 (cacah waktu 1) atau titik awal pengukuran dimulai.

Fungsi temporal suhu air di luar lokasi budidaya ikan berupa deret fourier yang suku-sukunya terdiri dari koefisien A_j dan koefisien B_j yang diperoleh dari hasil pemodelan menggunakan aplikasi matlab. Banyaknya harmonik yang di pakai untuk fungsi fourier mengacu pada total sumbangan keragaman dan jumlah harmonik yang digunakan adalah 12, sehingga fungsi Fouriernya adalah:

$$F(t) = 26.608 - 1.314 \cos(2\pi t/12) + 2.216 \sin(2\pi t/12) - 0.263 \cos(4\pi t/12) - 0.045 \sin(4\pi t/12) - 0.067 \cos(6\pi t/12) + 0.251 \sin(6\pi t/12) + 0.023 \cos(8\pi t/12) + 0.015 \sin(8\pi t/12) - 0.090 \cos(10\pi t/12) - 0.243 \sin(10\pi t/12) + 0.022 \cos(12\pi t/12) - 0.021 \sin(12\pi t/12) + 0.080 \cos(14\pi t/12) - 0.109 \sin(14\pi t/12) + 0.060 \cos(16\pi t/12) - 0.053 \sin(16\pi t/12) + 0.075 \cos(18\pi t/12) + 0.041 \sin(18\pi t/12) + 0.062 \cos(20\pi t/12) - 0.066 \sin(20\pi t/12) - 0.012 \cos(22\pi t/12) - 0.026 \sin(22\pi t/12) + 0.014 \cos(24\pi t/12) + 0.081 \sin(24\pi t/12)$$

Tabel 7. Data rata-rata perposisi pada kedalaman 0 cm di luar lokasi budidaya ikan

Posisi	Jumlah Data	Rataan	Varians
1	665.20	26.608	3.446

Tabel 8. Harmonik, koefisien harmonik dan sumbangan keragaman pemodelan pola perubahan suhu air di luar lokasi budidaya ikan di danau Tondano pada kedalaman 0 cm dibawah permukaan air
Banyaknya Harmonik = 12

Posisi	Harmonik	Koefisien Fourier			Sum
		J	Aj	Bj	Cj
1	1	-1.314	2.216	6.635	96.291
	2	-0.263	-0.045	0.071	1.034
	3	-0.067	0.251	0.068	0.982
	4	0.023	0.015	0.001	0.011
	5	-0.090	-0.243	0.067	0.975
	6	0.022	-0.021	0.001	0.014
	7	0.080	-0.109	0.018	0.266
	8	0.060	-0.053	0.006	0.093
	9	0.075	0.041	0.007	0.106
	10	0.062	-0.066	0.008	0.119
	11	-0.012	-0.026	0.001	0.011
	12	0.014	0.081	0.007	0.098
Total Sumbangan Keragaman					100

$$F(t) = 27.488 - 1.180 \cos(2\pi t/12) + 1.055 \sin(2\pi t/12) + 0.053 \cos(4\pi t/12) + 0.506 \sin(4\pi t/12) + 0.146 \cos(6\pi t/12) + 0.503 \sin(6\pi t/12) + 0.077 \cos(8\pi t/12) + 0.098 \sin(8\pi t/12) + 0.124 \cos(10\pi t/12) - 0.105 \sin(10\pi t/12) + 0.087 \cos(12\pi t/12) - 0.045 \sin(12\pi t/12) + 0.072 \cos(14\pi t/12) - 0.029 \sin(14\pi t/12) + 0.141 \cos(16\pi t/12) - 0.059 \sin(16\pi t/12) + 0.087 \cos(18\pi t/12) - 0.037 \sin(18\pi t/12) + 0.008 \cos(20\pi t/12) - 0.034 \sin(20\pi t/12) - 0.002 \cos(22\pi t/12) - 0.029 \sin(22\pi t/12) - 0.001 \cos(24\pi t/12) + 0.010 \sin(24\pi t/12)$$

Tabel 9. Data rata-rata perposisi pada kedalaman 100 cm di luar lokasi budidaya ikan

Posisi	Jumlah Data	Rataan	Varians
5	687.20	27.448	1.565

Tabel 10. Harmonik, koefisien harmonik dan sumbangan keragaman pemodelan pola perubahan suhu air di luar lokasi budidaya ikan di danau Tondano pada kedalaman 100 cm dibawah permukaan air
Banyaknya Harmonik = 12

Posisi	Harmonik	Koefisien Fourier			Sum
		J	Aj	Bj	Cj
5	1	-1.180	1.055	2.505	80.024
	2	0.053	0.506	0.259	8.275
	3	0.146	0.503	0.274	8.764
	4	0.077	0.098	0.016	0.498
	5	0.124	-0.105	0.027	0.847
	6	0.087	-0.045	0.010	0.304
	7	0.072	-0.029	0.006	0.192
	8	0.141	-0.059	0.023	0.742
	9	0.087	-0.037	0.009	0.285
	10	0.008	-0.034	0.001	0.038
	11	-0.002	-0.029	0.001	0.027
	12	-0.001	0.010	0.000	0.003
Total Sumbangan Keragaman					100

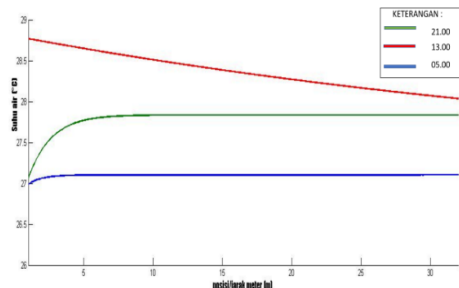
$$F(t) = 27.504 - 0.838 \cos(2\pi t/12) + 0.355 \sin(2\pi t/12) + 0.258 \cos(4\pi t/12) + 0.393 \sin(4\pi t/12) - 0.023 \cos(6\pi t/12) + 0.411 \sin(6\pi t/12) - 0.111 \cos(8\pi t/12) - 0.019 \sin(8\pi t/12) + 0.031 \cos(10\pi t/12) + 0.008 \sin(10\pi t/12) + 0.026 \cos(12\pi t/12) - 0.099 \sin(12\pi t/12) + 0.095 \cos(14\pi t/12) - 0.052 \sin(14\pi t/12) + 0.074 \cos(16\pi t/12) - 0.055 \sin(16\pi t/12) + 0.083 \cos(18\pi t/12) + 0.000 \sin(18\pi t/12) + 0.005 \cos(20\pi t/12) + 0.005 \sin(20\pi t/12) - 0.007 \cos(22\pi t/12) - 0.013 \sin(22\pi t/12) + 0.003 \cos(24\pi t/12) + 0.019 \sin(24\pi t/12)$$

Tabel 11. Data rata-rata perposisi pada kedalaman 400 cm di luar lokasi budidaya ikan

Posisi	Jumlah Data	Rataan	Varians
9	687.60	27.504	0.636

Tabel 12. Harmonik, koefisien harmonik dan sumbangan keragaman pemodelan pola perubahan suhu air di luar lokasi budidaya ikan di danau Tondano pada kedalaman 400 cm dibawah permukaan air
Banyaknya harmonik = 12

Posisi	Koefisien Fourier				Sum
	J	Aj	Bj	Cj	SKj
5	1	-0.838	0.355	0.829	65.223
	2	0.258	0.393	0.221	17.356
	3	-0.023	0.411	0.169	13.330
	4	-0.111	-0.019	0.013	0.988
	5	0.031	0.008	0.001	0.082
	6	0.026	-0.099	0.011	0.830
	7	0.095	-0.052	0.012	0.926
	8	0.074	-0.055	0.009	0.671
	9	0.083	0.000	0.007	0.545
	10	0.005	0.005	0.000	0.003
	11	-0.007	-0.013	0.000	0.003
	12	0.003	0.019	0.000	0.028
Total Sumbangan Keragaman					100



Gambar 4. Perubahan Spasial Suhu Air Di Luar Lokasi Budidaya Ikan

Gambar 4 menunjukkan perubahan spasial atau perubahan suhu air danau berdasarkan kedalaman tempat di luar lokasi budidaya ikan, kurva berwarna biru merupakan suhu air pada pukul 05.00 WITA, yaitu ketika matahari mulai memancarkan energi perubahan suhu air di tiap kedalaman mulai meningkat walaupun tidak terlalu signifikan. Kurva berwarna merah adalah suhu air maksimum pada pukul 13.00 WITA, yaitu ketika matahari berada pada puncaknya, energi yang dipancarkan oleh matahari di absorsi oleh air danau sehingga terjadi kenaikan suhu paling tinggi di permukaan walaupun di setiap kedalaman perubahan suhu mengalami penurunan tetapi

bila dibandingkan dengan 2 kurva lainnya pada kurva ini suhu air di setiap kedalaman lebih tinggi. Sedangkan kurva berwarna hijau adalah pada pukul 21.00 WITA atau pada malam hari, suhu air di setiap kedalaman semakin meningkat walaupun matahari sudah tidak lagi memancarkan energinya, tetapi kondisi dimana air danau tidak kehilangan panas disebabkan oleh matahari yang menyinari atau melepaskan energi pada saat siang hari di absorsi oleh air danau sehingga terakumulasi dan pada saat matahari sudah tidak memancarkan energi, air danau mulai mengemisikan energi panas hasil absorsi tadi.

Fungsi dari ketiga grafik diatas yaitu sebagai berikut:

Untuk pukul 05.00, cacah waktu 1 :

$$T(1) = 27.10231 - 0.40832 \cdot \exp(-0.30191 + 0.99990 \cdot x) \cdot 0.00836$$

Dengan ketelitian fungsi model pada data pengukuran adalah 0.00836

Untuk pukul 13.00, cacah waktu 9 :

$$T(9) = 27.10168 + 0.31087 \cdot \exp(1.69760 + 0.01870 \cdot x) \cdot 0.14357$$

Dengan ketelitian fungsi model pada data pengukuran adalah 0.14357

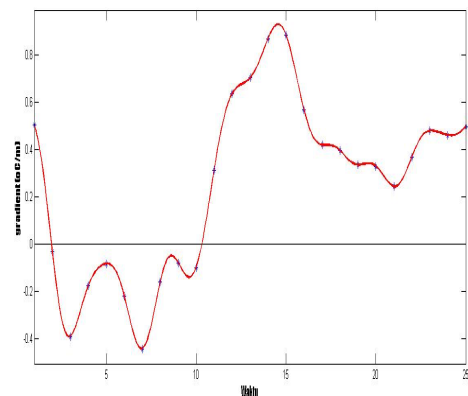
Untuk pukul 21.00, cacah waktu 17 :

$$T(17) = 27.83569 - 5.97365 \cdot \exp(1.42981 + 0.61130 \cdot x) \cdot 0.02459$$

Dengan ketelitian fungsi model pada data pengukuran adalah 0.02459

Hasil Analisis Data Dan Model Dinamika Harian Gradien Suhu Air Di Danau Tondano

Model Dinamika Harian Gradien Suhu Air Di Lokasi Budidaya Ikan



Gambar 5. Grafik harian Gradien Suhu Air Di Lokasi Budidaya Ikan

Gambar 5 menunjukkan luas bidang dinamika harian gradien suhu air di lokasi budidaya ikan. Luas bidang dinamika harian gradien suhu air pada siang hari yaitu yang terletak dibawah garis kesetimbangan termal sedangkan luas bidang dinamika harian gradien suhu air saat mulai sore sampai subuh yaitu yang terletak di atas garis kesetimbangan termal.

Pada pukul 05.00 (cacah waktu 1) kurva berada di atas garis kesetimbangan termal dan mulai menurun menjelang pagi atau mulai nampaknya sinar matahari, pada pukul 06.00 (cacah waktu 2) kurva berada sedikit di bawah garis kesetimbangan termal, pada pukul 07.00 dan 11.00 WITA (cacah waktu 3 dan 7) kurva berada agak jauh di bawah garis kesetimbangan termal. Kemudian kurva agak mendekati garis kesetimbangan termal yaitu pada pukul 09.00, 13.00 dan 14.00 WITA (cacah waktu 5,9 dan 10). Kemudian menjelang pukul 15.00 ketika intensitas matahari mulai berkurang kurva berada di atas garis kesetimbangan termal sampai pada pukul 05.00(cacah waktu 1). Puncak simpangan terjauh kurva terhadap garis kesetimbangan termal yaitu antara pukul 18.00 dan 19.00 (cacah waktu 14 dan 15).

Fungsi dan grafik fungsi dinamika harian gradien suhu air di lokasi budidaya ikan di bangun dari pasangan data gradien tepi dan waktu, menggunakan prosedur dari pemodelan yang sama dengan pemodelan pada fungsi temporal suhu air. Koefisien Fourier dan sumbangan keragaman pemodelan dinamika harian gradien suhu air di lokasi budidaya disajikan pada Tabel 13.

Rataan Gradien Suhu Air : 0.2530

Tabel 13. Koefisien Fungsi Dinamika harian Gradien Suhu Air Di Lokasi Budidaya

Harmonik	Koefisien Fourier			Sum Keberagaman
	Aj	Bj	Cj	
J	Aj	Bj	Cj	SKj
1	-0.1241	-0.3765	0.1572	57.0659
2	0.2749	0.0691	0.0803	29.1733
3	0.0085	-0.1003	0.0101	3.6817
4	0.0854	0.0092	0.0074	2.6773

5	0.0642	-0.0036	0.0041	1.5036
6	0.0193	0.0499	0.0029	1.0376
7	-0.0322	0.0935	0.0098	3.5540
8	-0.0346	-0.0219	0.0017	0.6072
9	0.0050	0.0360	0.0013	0.4790
10	-0.0114	0.0056	0.0002	0.0584
11	-0.0105	-0.0168	0.0004	0.1426
12	0.0002	-0.0073	0.0001	0.0193
Total Sumbangan Keragaman				100

Berdasarkan data dari sumbangan keragaman (SKj), Maka untuk mendapatkan hasil fungsi yang valid , harus mengambil 12 harmonik sehingga fungsi dinamika gradien suhu air dilokasi budidaya adalah sebagai berikut:

$$G(t) = 0.2530 - 0.1241 \cos(2\pi t/12) - 0.3765 \sin(2\pi t/12) + 0.2749 \cos(4\pi t/12) + 0.0691 \sin(4\pi t/12) + 0.0085 \cos(6\pi t/12) - 0.1003 \sin(6\pi t/12) + 0.0854 \cos(8\pi t/12) + 0.0092 \sin(8\pi t/12) + 0.0642 \cos(10\pi t/12) - 0.0036 \sin(10\pi t/12) + 0.0193 \cos(12\pi t/12) + 0.0499 \sin(2\pi t/12) - 0.0322 \cos(14\pi t/12) + 0.0935 \sin(14\pi t/12) - 0.0346 \cos(16\pi t/12) - 0.0219 \sin(16\pi t/12) + 0.0050 \cos(18\pi t/12) + 0.0360 \sin(18\pi t/12) - 0.0114 \cos(20\pi t/12) + 0.0056 \sin(20\pi t/12) - 0.0105 \cos(22\pi t/12) - 0.0168 \sin(22\pi t/12) + 0.0002 \cos(24\pi t/12) - 0.0073 \sin(24\pi t/12)$$

Luas bidang dan indeks dinamika harian gradien suhu air di lokasi budidaya ikan :

Total luas siang hari = 1.723

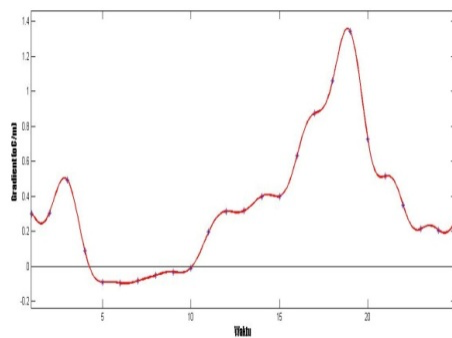
Total luas malam hari = 7.522

Indeks dinamika gradien = 4.365

Dinamika Harian Gradien Suhu Air Di Luar Lokasi Budidaya Ikan

Gambar 6 menunjukkan luas bidang dinamika harian gradien suhu air di luar lokasi budidaya ikan. Pada pukul 05.00 sampai 08.00 WITA (cacah waktu 1 sampai 4) kurva berada

di atas garis kesetimbangan termal dan titik terjauh yaitu pada pukul 07.00 WITA (cacah waktu 3), lalu pada pukul 09.00 sampai 13.00 WITA (cacah waktu 5 sampai 9) kurva berada sedikit di bawah garis kesetimbangan termal dan pada pukul 14.00 (cacah waktu 10) kurva tepat berada di garis kesetimbangan termal. Kemudian menjelang pukul 15.00 saat mulai berkurangnya energi matahari yang dipancarkan sampai kembali pada pukul 05.00 WITA menjelang pagi (cacah waktu 11 sampai 1) kurva berada di atas garis kesetimbangan termal dengan puncak simpangan terjauh dari garis kesetimbangan termal yaitu pada pukul 23.00 WITA (cacah waktu 19).



Gambar 6. Grafik Harian Gradien Suhu Air Di Luar Lokasi Budidaya Ikan

Fungsi dan grafik fungsi dinamika harian gradien suhu air di luar lokasi budidaya ikan dibangun dari pasangan data gradien tepi dan waktu, menggunakan prosedur dari pemodelan yang sama dengan pemodelan pada fungsi temporal suhu air. Koefisien fourier dan sumbangan keragaman pemodelan dinamika harian gradien suhu air di luar lokasi budidaya ikan disajikan pada Tabel 14.

Rataan gradien suhu : 0.3460

Tabel 14. Koefisien Fungsi Dinamika Harian Gradien Suhu Air Di Luar Lokasi Budidaya Ikan

Harmonik	Koefisien Fourier			Sum Keberagaman
	Aj	Bj	Cj	
J	Aj	Bj	Cj	SKj
1	0.0012	-0.4157	0.1728	67.3870
2	-0.1079	0.1234	0.0269	10.4761
3	-0.0074	0.1928	0.0372	14.5217

4	0.0617	0.0127	0.0040	1.5465
5	-0.0539	-0.0479	0.0052	2.0283
6	-0.0293	-0.0325	0.0019	0.7461
7	0.0136	0.0159	0.0004	0.1705
8	0.0483	0.0025	0.0023	0.9123
9	0.0438	-0.0111	0.0020	0.7976
10	-0.0333	-0.0010	0.0011	0.4324
11	-0.0195	0.0420	0.0021	0.8346
12	0.0013	0.0194	0.0004	0.1470
Total Sumbangan Keragaman				100

Berdasarkan data dari sumbangan keragaman (SKj), Maka untuk mendapatkan hasil fungsi yang valid , harus mengambil 12 harmonik sehingga fungsi dinamika gradien suhu air di luar lokasi budidaya adalah sebagai berikut:

$$G(t) = 0.3460 + 0.0012 \cos(2\pi t/12) - 0.4157 \sin(2\pi t/12) - 0.1079 \cos(4\pi t/12) + 0.1234 \sin(4\pi t/12) - 0.0074 \cos(6\pi t/12) + 0.1928 \sin(6\pi t/12) + 0.0617 \cos(8\pi t/12) + 0.0127 \sin(8\pi t/12) - 0.0539 \cos(10\pi t/12) - 0.0479 \sin(10\pi t/12) - 0.0293 \cos(12\pi t/12) - 0.0325 \sin(2\pi t/12) + 0.0136 \cos(14\pi t/12) + 0.0159 \sin(14\pi t/12) + 0.0483 \cos(16\pi t/12) + 0.0025 \sin(16\pi t/12) + 0.0438 \cos(18\pi t/12) - 0.0111 \sin(18\pi t/12) - 0.0333 \cos(20\pi t/12) - 0.0010 \sin(20\pi t/12) - 0.0195 \cos(22\pi t/12) + 0.0420 \sin(22\pi t/12) + 0.0013 \cos(24\pi t/12) + 0.0194 \sin(24\pi t/12)$$

Luas bidang dan indeks dinamika harian gradien suhu air di luar lokasi budidaya:

Total luas siang hari = 0.369

Total luas malam hari = 8.704

Indeks dinamika gradien = 23.618

5. KESIMPULAN

Intensitas cahaya matahari sangat berpengaruh terhadap perubahan suhu air danau dimana cahaya yang dipancarkan matahari secara langsung menyebabkan perubahan suhu air di area permukaan danau dan sinar matahari yang masuk kedalam permukaan air danau diabsorpsi dan disimpan secara berkesinambungan oleh air danau selama

matahari masih memancarkan energinya dan setelah matahari tidak lagi memancarkan energi, air danau masih menyimpan energi panas dan kemudian mengemisikan energi tersebut ke atas. Perubahan temporal dan spasial harian suhu air danau di dua lokasi dapat dilihat berdasarkan grafik dan dapat dinyatakan dengan model matematika fungsi Fourier.

Luas bidang dinamika harian gradien suhu air dilokasi budidaya dan luar lokasi budidaya ikan menunjukkan pola perubahan yang relatif hampir sama dimana pada siang hari perubahan suhu air berada dibawah garis kesetimbangan termal kemudian mengalami perubahan mulai sore sampai menjelang pagi hari dimana perubahan suhu air berada di atas garis kesetimbangan termal hal ini dipengaruhi oleh penyerapan energi yang dilakukan air danau terhadap sinar matahari kondisi ini menyebabkan suhu air danau cenderung lebih stabil atau dapat menyimpan energi walaupun sudah tidak ada lagi pancaran sinar dari matahari.

6. REFERENSI

- Ambrosetti, W., Barbanti, L. 2001. Temperature, heat content, mixing and stability in Lake Orta: a pluriannual investigation. *Journal of Limnology* 60(1): 6068.
- Araoye, P.A. 2009. The Seasonal Variation of pH and Dissolved Oxygen (DO₂) Concentration in Asa Lake Ilorin, Nigeria. *International Journal of Physical Science* 4(5): 271-274
- Barus, T. A. 2004. *Pengantar Limnologo Studi Tentang Ekosistem Sungai Danau*. Medan: USU-Press
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Resosoedarmo. S., Kartawanita K., Soegianto A. 1992. *Pengantar Ekologi*. PT. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Satino. 2011. *Handout Limnologi*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Wetzel, R.G., Likens, G.E. 1991. *Limnological Analyses 2nd*. Springer-Verlag New York. 391p.