Kementerian PPN/
Bappenas

ICCTF
Indonesia Climate Change Trust Fund

STUDI EKOSISTEM & DINAMIKA PERAIRAN DI KKP NUSA PENIDA, GILI MATRA, & GILI BALU

INDONESIA CLIMATE CHANGE TRUST FUND
KEMENTERIAN PPN/BAPPENAS

RINGKASAN EKSEKUTIF

Proyek COREMAP – CTI dirancang juga untuk mendukung otoritas pengelola kawasan konservasi perairan dengan data biofisik untuk menilai kondisi ekosistem terkini pada kawasan konservasi perairan Nusa Penida, Gili Balu, dan Gili Matra. Salah satu data dan informasi penting yang dibutuhkan oleh pengelola kawasan konservasi adalah yaitu kondisi perairan di kawasan konservasi seperti parameter fisik, kimia dan ekosistem pentingnya.

Survei biofisik dilakukan di 3 Kawasan Konservasi, yaitu Nusa Penida, Gili Matra, dan Gili Balu pada tanggal 10 – 28 Januari 2022 untuk mengambil parameter Data biofisik yang diambil meliputi: data kimia perairan, data parameter fisika, dan pemetaan lokasi rumput laut. Parameter fisika meliputi: arus permukaan, kecerahan, pasang surut, gelombang, suhu dan salinitas. Parameter kimia meliputi: oksigen terlarut, pH, nutrient dan klorofil.

Total ada 78 titik yang telah dilakukan oleh tim survei biofisik di Nusa Penida, Gili Matra dan Gili Balu untuk pengamatan parameter fisika dan kualitas air. Parameter fisik di perairan Lesser Sunda, proses biogeokimia juga dikaji dengan melibatkan beberapa parameter yang diperoleh melalui luaran model MERCATOR yang didistribusikan melalui platform marine Copernicus, data biogeokimia dihasilkan melalui konfigurasi PISCES-v2 (Pelagic Interactions Scheme for Carbon and Ecosystem Studies volume 2) dan platform numerik NEMO. Pengukuran langsung dan pengambilan sampel kualitas air dilakukan pada keseluruhan MPA.

Pada parameter salinitas di Nusa Penida berkisar 32.75 psu – 34 psu, dissolve oxygen di Nusa Penida berkisar 5.85 mg/l – 7.20 mg/l, pH di perairan Nusa Penida berkisar 7.6 – 8.3. Kecerahan di perairan Nusa Penida berkisar 6 m – 20 m, suhu di perairan Nusa Penida berkisar 26.5°C – 30.1°C dengan rata-rata suhu 28.6 °C.

Konsentrasi nitrat di Nusa Penida melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 0.06 mg/l berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021, konsentrasi ortofosfat di perairan Nusa Penida menunjukkan kisaran nilai 0.01 - 0.025 mg/l. Konsentrasi tersebut masih baik bagi kehidupan biota laut, sejalan dengan ketetapan baku mutu oleh PP RI No. 22 Tahun 2021 sebesar 0.015 mg/l untuk biota laut. Konsentrasi silikat di perairan Nusa Penida memiliki nilai lebih dari 0.4 mg/l dengan nilai tertinggi mencapai 0.7 mg/l. Sumber silikat dapat berasal dari sungai-sungai yang berada di sekitaran Nusa Penida. Konsentrasi klorofil-a di perairan Nusa Penida menunjukkan nilai berkisar pada 0.5 –1.2 μg/l

Salinitas di Gili Matra berkisar 32.95 psu – 33.33 psu, dissolve oxygen di Gili Matra berkisar 5.79 mg/l – 6.54 mg/l, pH di perairan Gili Matra berkisar 7.6 – 7.7, kecerahan di perairan Gili Matra berkisar 2 m – 20 m. Suhu di perairan Gili Matra berkisar 28.2°C – 30°C dengan rata-rata suhu 29°C Konsentrasi nitrat di Gili Matra memiliki besaran > 0.05 mg/l yang di mana konsentrasi tersebut masih relatif tinggi. Berdasarkan baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 sebesar 0.06 mg/l. Konsentrasi ortofosfat di perairan Gili Matra mulai dari

0.007 mg/l hingga 0.015 mg/l. Konsentrasi silikat di perairan Gili Matra memiliki nilai lebih dari 0.4 mg/l dengan nilai tertinggi mencapai 0.7 mg/l. Konsentrasi klorofil-a di perairan Gili Matra menunjukkan nilai berkisar pada 0.5 –1.1 μg/l Parameter salinitas di Gili Balu berkisar 33.19 psu – 33.77 psu, dissolve oxygen n di Gili Balu berkisar 6.21 mg/l – 6.95 mg/l. pH di perairan Gili Balu berkisar 7.6 – 7.9, kecerahan perairan di perairan Gili Matra berkisar 2 m – 17 m. Suhu di perairan Gili Balu berkisar 27.3°C – 29°C dengan rata-rata suhu 28.4°C.

Rata-rata suhu permukaan laut pada wilayah Nusa Penida rentang 26.5°C - 30.5°C. Sementara pengukuran secara langsung suhu permukaan air laut di Perairan Nusa Penida berkisar antara 27°C hingga 30.5°C. Salinitas di Nusa Penida berkisar antara 32 psu – 34.5 psu. Salinitas permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Nusa Penida memiliki nilai yang berkisar antara 32.75 PSU hingga 33.5 PSU. Di wilayah Nusa Penida dari Januari 2010 hingga Desember 2021 yang menunjukkan kecepatan arus berkisar antara 0.02 m/s – 2.87 m/s (keseluruhan). Pasang surut di Nusa Penida memiliki tipe pasang surut campuran cenderung ganda. Hal itu berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda.

Pada wilayah Gili Matra suhu permukaan laut berkisar 27°C - 30.5°C. Suhu permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Matra memiliki nilai yang berkisar antara 28.7°C hingga 29.7°C. Salinitas permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Matra memiliki nilai yang berkisar antara 33.85 PSU hingga 33.25 PSU. Di wilayah Gili Matra dari Januari 2010 hingga Desember 2021 kecepatan arus berkisar dari -0.5 m/s – 0.5 m/s. Pasang surut di Gili Matra memiliki tipe pasang surut campuran cenderung ganda. Hal itu berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda.

Pada wilayah Gili Balu suhu permukaan laut rentang suhu 27°C – 30.5°C. Suhu permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Balu memiliki nilai yang berkisar antara 27.4°C hingga 29.4°C. Salinitas di Gili Balu berkisar dari 31.5 psu – 34.5 psu. Salinitas permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Balu memiliki nilai yang berkisar antara 33.2 PSU – 33.6 PSU. Wilayah Gili Balu dari Januari 2010 hingga Desember 2021 menunjukkan kecepatan arus berkisar dari -0.1 m/s – 0.1 m/s. Pasang surut di Gili Balu memiliki tipe pasang surut campuran cenderung ganda. Hal itu berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda.

DAFTAR ISI

RINGKASAN EKSEKUTIF i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR GAMBAR iv
DAFTAR TABEL v

PENDAHULUAN 7
1.1 . Latar Belakang 7
1.2 . Tujuan 7

METODELOGI 8
2.1. Waktu Pengambilan Data 8
2.2. Lokasi Pengambilan Data 8
2.2.1. Pengambilan data fisika dan kimia perairan 8
2.3. Metodologi Pengumpulan Data 12
2.3.1. Kualitas air 12
2.3.2. Pasang surut 14
2.3.3. Arus 14
2.3.4. Suhu dan Salinitas 15

HASIL DAN PEMBAHASAN 16
3.1. Paramater Lingkungan dan Kualitas Perairan 16
3.1.1. Kawasan Konservasi Perairan Nusa Penida 16
3.1.2. Kawasan Konservasi Perairan Gili Matra 21
3.1.3. Kawasan Konservasi Perairan Gili Balu 26
3.2. Parameter Fisika Perairan di Nusa Penida 30
3.2.1. Suhu permukaan air laut 30
3.2.2. Salinitas permukaan laut 32
3.2.3. Arus permukaan 35
3.2.4. Pasang surut 37
3.2.5. Klorofil 38
3.3. Parameter Fisika Perairan Gili Matra 38
3.3.1. Suhu permukaan air laut 38
3.3.2. Salinitas permukaan 40
3.3.3. Arus permukaan 43
3.3.4. Pasang surut 45
3.3.5. Klorofil 45
3.4. Parameter Fisika Perairan Gili Balu 46
3.4.1. Suhu permukaan air laut 46
3.4.2. Salinitas permukaan 48
3.4.3. Arus permukaan 50
3.4.4. Pasang surut 52
3.4.5. Klorofil 52

KESIMPULAN 53
DAFTAR PUSTAKA 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	*Lokasi survei biofisik di Kawasan Konservasi Perairan Nusa Penida*	*9*
Gambar 2	*Lokasi pendataan parameter fisika dan kimia perairan di Gili Matra.*	*11*
Gambar 3	*Lokasi pendataan parameter fisika dan kimia perairan di Gili Balu*	*12*
Gambar 4	*Kualitas Air di Perairan Nusa Penida*	*16*
Gambar 5	*Lokasi pengambilan sampel kualitas air di Nusa Penida*	*17*
Gambar 6	*Konsentrasi Nitrat di setiap stasiun Nusa Penida*	*17*
Gambar 7	*Konsentrasi Ortofosfat di setiap stasiun Nusa Penida*	*18*
Gambar 8	*Konsentrasi Silikat di setiap stasiun Nusa Penida*	*19*
Gambar 9	*Konsentrasi Klorofil-a di setiap stasiun Nusa Penida*	*19*
Gambar 10	*Variasi nilai pH di perairan Nusa Penida pada Januari 2022*	*20*
Gambar 11	*Variasi nilai Oksigen Terlarut (DO) di Perairan Nusa Penida pada Januari 2022*	*20*
Gambar 12	*Variasi nilai Kecerahan di Perairan Nusa Penida pada Januari 2022*	*21*
Gambar 13	*Kualitas Air di Perairan Gili Matra*	*22*
Gambar 14	*Peta stasiun pengambilan sampel kualitas air di Gili Matra*	*22*
Gambar 15	*Konsentrasi Nitrat di setiap stasiun Gili Matra.*	*23*
Gambar 16	*Konsentrasi Ortofosfat di setiap stasiun Gili Matra*	*23*
Gambar 17	*Konsentrasi Silikat di setiap stasiun Gili Matra*	*24*
Gambar 18	*Konsentrasi Klorofil-a di setiap stasiun Gili Matra*	*24*
Gambar 19	*Variasi spasial nilai pH di perairan Gili Matra pada Januari 2022*	*25*
Gambar 20	*Variasi spasial Oksigen Terlarut (DO) di perairan Gili Matra pada Januari 2022*	*25*
Gambar 21	*Variasi spasial Kecerahan di perairan Gili Matra pada Januari 2022*	*25*
Gambar 22	*Kualitas Air di Perairan Gili Balu*	*26*
Gambar 23	*Peta stasiun pengambilan sampel kualitas air di Gili Balu*	*27*
Gambar 24	*Konsentrasi Nitrat di setiap stasiun Gili Balu*	*27*
Gambar 25	*Konsentrasi Ortofosfat di setiap stasiun Gili Balu*	*28*
Gambar 26	*Konsentrasi Silikat di setiap stasiun Gili Balu*	*28*
Gambar 27	*Konsentrasi Klorofil-a di setiap stasiun Gili Balu*	*29*
Gambar 28	*Variasi spasial pH di perairan Gili Balu pada Januari 2022*	*29*
Gambar 29	*Variasi spasial Oksigen Terlarut (DO) di perairan Gili Balu pada Januari 2022*	*29*
Gambar 30	*Variasi spasial Kecerahan di perairan Gili Balu pada Januari 2022*	*29*
Gambar 31	*Plot Deret Waktu Suhu Permukaan Laut selama 2010-2022*	*30*
Gambar 32	*Pola spasial suhu permukaan di Perairan Nusa Penida*	*30*
Gambar 33	*Profil melintang suhu di antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan*	*31*
Gambar 34	*Profil melintang suhu pada sisi barat Nusa Penida*	*31*
Gambar 35	*Profil melintang suhu pada sisi utara Nusa Penida*	*31*
Gambar 36	*Profil melintang suhu pada sisi timur Nusa Penida*	*32*
Gambar 37	*Profil melintang suhu pada sisi selatan Nusa Penida*	*32*
Gambar 38	*Plot Deret Waktu Salinitas Permukaan Laut selama 2010-2021*	*32*
Gambar 39	*Pola spasial salinitas permukaan di Nusa Penida*	*33*
Gambar 40	*Profil melintang salinitas di antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan*	*34*
Gambar 41	*Profil melintang salinitas pada sisi barat Nusa Penida*	*34*
Gambar 42	*Profil melintang salinitas pada sisi utara Nusa Penida*	*34*
Gambar 43	*Profil melintang salinitas pada sisi timur Nusa Penida*	*34*
Gambar 44	*Profil melintang salinitas pada sisi selatan Nusa Penida*	*34*
Gambar 45	*Stick Plot Garis Arus Permukaan Nusa Penida*	*35*
Gambar 46	*Diagram Pencar Arus Nusa Penida*	*36*
Gambar 47	*Grafik Kecepatan Arus a) Komponen Zonal, b) Komponen Meridional, c) Resultan*	*36*
Gambar 48	*Tinggi pasang surut di Nusa Penida*	*37*
Gambar 49	*Plot Deret Waktu klorofil selama 2010-2021*	*38*
Gambar 50	*Plot Deret Waktu Suhu Permukaan Laut selama 2010-2021*	*38*
Gambar 51	*Pola spasial suhu permukaan di Perairan Gili Matra*	*39*
Gambar 52	*Profil melintang suhu pada sisi utara Gili Matra*	*39*
Gambar 53	*Profil melintang suhu pada sisi selatan Gili Matra*	*40*
Gambar 54	*Profil melintang suhu pada sisi barat Gili Matra*	*40*
Gambar 55	*Profil melintang suhu pada sisi timur Gili Matra*	*40*
Gambar 56	*Plot Deret Waktu Salinitas Permukaan Laut selama 2010-2021*	*41*
Gambar 57	*Pola spasial salinitas permukaan di Perairan Gili Matra*	*41*
Gambar 58	*Profil melintang salinitas pada sisi utara Gili Matra*	*42*
Gambar 59	*Profil melintang salinitas pada sisi selatan Gili Matra*	*42*

Gambar 60	*Profil melintang salinitas pada sisi timur Gili Matra*	*42*
Gambar 61	*Profil melintang salinitas pada sisi timur Gili Matra*	*42*
Gambar 62	*Stick Plot Garis Gili Matra*	*43*
Gambar 63	*Stick Plot Garis Gili Matra*	*44*
Gambar 64	*Grafik Kecepatan Arus a) Komponen Zonal, b) Komponen Meridional, c) Resultan*	*44*
Gambar 65	*Tinggi pasang surut di Gili Matra*	*45*
Gambar 66	*Plot Deret Waktu Salinitas Permukaan Laut selama 2010-2021*	*45*
Gambar 67	*Plot Deret Waktu Suhu Permukaan Laut selama 2010-2021*	*46*
Gambar 68	*Pola spasial suhu permukaan di Perairan Gili Balu*	*46*
Gambar 69	*Profil melintang suhu pada sisi utara Gili Balu*	*47*
Gambar 70	*Profil melintang suhu pada sisi timur laut Gili Balu*	*47*
Gambar 71	*Profil melintang suhu pada sisi tenggara Gili Balu*	*47*
Gambar 72	*Profil melintang suhu pada sisi barat daya Gili Balu*	*47*
Gambar 73	*Plot Deret Waktu Salinitas Permukaan Laut selama 2010-2021*	*48*
Gambar 74	*Pola spasial salinitas permukaan di Perairan Gili Balu*	*48*
Gambar 75	*Profil melintang sallinitas pada sisi utara Gili Balu*	*49*
Gambar 76	*Profil melintang salinitas pada sisi timur laut laut Gili Balu*	*49*
Gambar 77	*Profil melintang salinitas pada sisi tenggara Gili Balu*	*49*
Gambar 78	*Profil melintang salinitas pada sisi barat daya Gili Balu*	*49*
Gambar 79	*Stick Plot Garis Gili Balu*	*50*
Gambar 80	*Diagram Pencar Arus Gili Balu*	*51*
Gambar 81	*Grafik Kecepatan Arus a) Komponen Zonal, b) Komponen Meridional, c) Resultan*	*51*
Gambar 82	*Tinggi pasang surut di Gili Balu*	*52*
Gambar 83	*Plot Deret Waktu klorofil selama 2010-2021*	*52*

DAFTAR TABEL

Tabel 1	*Lokasi survei biofisik di Kawasan Konservasi Nusa Penida*	*8*
Tabel 2	*Lokasi survei biofisik di Kawasan Konservasi Gili Matra*	*10*
Tabel 3	*Lokasi pengambilan data parameter fisika, kimia dan larva ikan di Perairan Gili Balu*	*12*
Tabel 4	*Spesifikasi data sekunder*	*13*
Tabel 5	*Tipe pasang surut berdasarkan bilangan formzahl*	*14*
Tabel 6	*Konstanta harmonik pasang surut di Nusa Penida*	*37*
Tabel 7	*Konstanta harmonik pasang surut di Gili Matra*	*45*
Tabel 8	*Konstanta harmonik pasang surut di Gili Balu*	*52*

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 . Latar Belakang

Ekosistem terumbu karang di Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang tertinggi di dunia dan merupakan pusat keanekaragaman terumbu karang dunia (segitiga karang dunia). Terlepas dari kekayaan dan keanekaragamannya, terumbu karang di Indonesia mendapatkan ancaman yang terus meningkat yang berasal dari berbagai faktor seperti faktor lokal yang berasosiasi dengan peningkatan populasi dan pembangunan di pesisir pantai, aktivitas perikanan yang merusak, eksploitasi berlebih, polusi, perubahan iklim global dan peningkatan CO2 yang menyebabkan suhu menjadi lebih hangat dan pengasaman air laut. Pemerintah Indonesia, melalui Proyek Coral Reef Rehabilitation and Management Program (COREMAP), berjuang mengelola ekosistem pesisir melalui kombinasi desentralisasi pengelolaan dan berbasis masyarakat; pendidikan dan kesadaran tentang pentingnya terumbu karang; serta pemberdayaan masyarakat dan insentif ekonomi melalui pendanaan untuk alternatif pendapatan.

Secara umum, proyek COREMAP – CTI ini dirancang dengan empat keluaran yang terdiri dari (i) penguatan kelembagaan dan pengelolaan terumbu karang di wilayah proyek; (ii) rencana pengelolaan sumber daya berbasis ekosistem dikembangkan dan dioperasikan; (iii) peningkatan mata pencaharian berbasis kelautan yang berkelanjutan; dan (iv) manajemen proyek, pemantauan dan transfer pengetahuan. Secara khusus, proyek ini didasarkan pada poin (iii) yang akan dilaksanakan di Kawasan Konservasi Perairan di Nusa Penida, Gili Matra, dan Gili Matra.

COREMAP-CTI juga akan mendukung otoritas pengelola Kawasan Konservasi Perairan dengan data biofisik untuk menilai kondisi ekosistem terkini pada Kawasan Konservasi Perairan Nusa Penida, Gili Balu, dan Gili Matra. Salah satu data dan informasi penting yang dibutuhkan oleh pengelola kawasan konservasi adalah yaitu kondisi perairan di kawasan konservasi seperti parameter fisik, kimia dan ekosistem pentingnya. Pada laporan ini penyusun telah mengumpulkan data dan informasi parameter fisika dan kimia di 3 kawasan konservasi hasil survei yang dilakukan pada Januari 2022.

1.2. Tujuan

Survei ini bertujuan untuk melakukan kajian fisika dan kimia perairan di 3 Kawasan Konservasi Nusa Penida, Gili Matra, dan Gili Balu. Beberapa parameter yang digunakan dalam kajian ini adalah:

- Kondisi oseanografi fisika di 3 kawasan konservasi di Nusa Penida, Gili Matra dan Gili Balu.
- Kondisi Oseanografi kimia di 3 kawasan konservasi di Nusa Penida, Gili Mantra dan Gili Balu

BAB 2. METODELOGI

2.1. Waktu Pengambilan Data

Survei biofisik dilakukan di 3 Kawasan Konservasi, yaitu Nusa Penida, Gili Matra, dan Gili Balu pada tanggal 10 – 28 Januari 2022. Survei biofisik di Kawasan Konservasi Nusa Penida dilakukan pada tanggal 10 – 17 Januari 2022, sementara survei di Kawasan Konservasi Gili Matra dilakukan pada tanggal 18 – 22 Januari 2022, dan survei di Kawasan Gili Balu dilakukan pada tanggal 23 – 28 Januari 2022.

Parameter Data biofisik yang diambil meliputi: data kimia perairan, data parameter fisika, dan pemetaan lokasi rumput laut. Parameter fisika meliputi: arus permukaan, kecerahan, pasang surut, gelombang, suhu dan salinitas. Parameter kimia meliputi: oksigen terlarut, pH, nutrient dan klorofil. Selain itu juga diambil sampel air untuk mengidentifikasi larva ikan. Data parameter kimia dikumpulkan dari daerah-daerah ini akan dianalisis menggunakan metode komprehensif seperti alat pengambilan sampel elektronik, instrumen CTD (conductivity, temperature, and depth) dan fasilitas Laboratorium Kualitas Air. Sampel air akan diambil masing-masing dari permukaan, kedalaman 10 meter dan 20 meter. Stasiun pengambilan sampel akan ditentukan menggunakan peta GIS. Parameter pH, salinitas, suhu, oksigen terlarut (DO), dan kecerahan di permukaan akan dilakukan dengan menggunakan alat sampling elektronik. Salinitas, suhu dan sampel air pada 10 dan 20 meter akan dilakukan dengan menggunakan instrumen CTD. Kesuburan perairan yang ditunjukkan oleh Fosfat dan Nitrat, serta biomassa produktivitas primer yang ditunjukkan dalam kandungan klorofil-a akan dianalisis di fasilitas Laboratorium Kualitas Air.

2.2. Lokasi Pengambilan Data

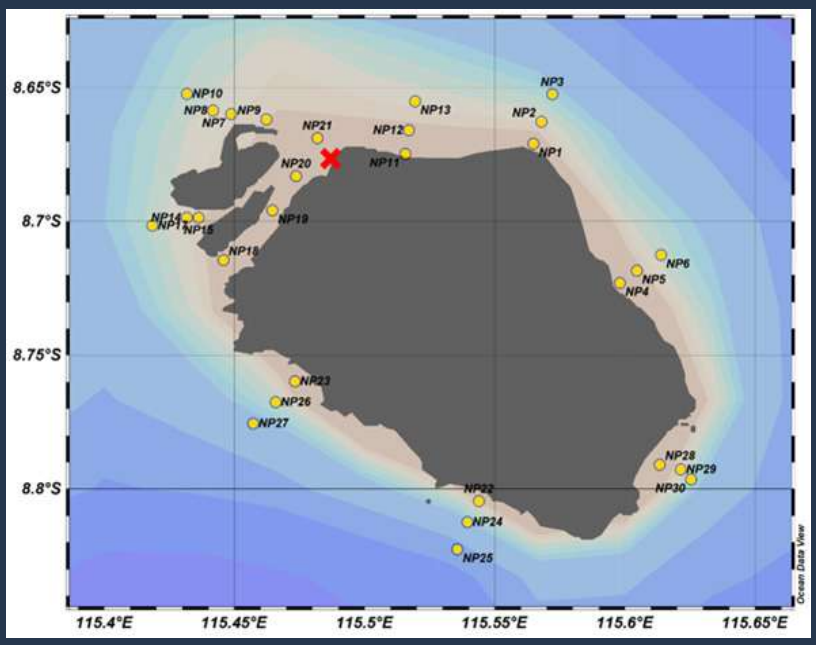
2.2.1. Pengambilan data fisika dan kimia perairan

Total ada 78 titik yang telah dilakukan oleh tim survei biofisik di Nusa Penida, Gili Matra dan Gili Balu untuk pengamatan parameter fisika dan kualitas air. Dari 78 lokasi pengambilan data, ada 30 titik pengamatan dilakukan di Kawasan Konservasi Nusa Penida Gambar 1. Pengambilan parameter fisika di Nusa Penida seperti suhu, salinitas, arus dilakukan di 30 lokasi pengamatan, sementara parameter kimia hanya dilakukan di 5 lokasi yang berdekatan dengan aktivitas budidaya rumput laut, yaitu: Desa Suana, Ped, Selat Lembongan, Batu Nunggul dan Jungut Batu. Sedangkan pengambilan sampel larva dilakukan pada 3 lokasi, yaitu: Jungut Batu, Selat Penida, dan Timur Penida.

Tabel 1. Lokasi survei biofisik di Kawasan Konservasi Nusa Penida

No.	Parameter	Lat	Long	Wilayah
1	Parameter fisik +Parameter kimia	-8.67283	115.56460	Batu Nunggul
2	Parameter fisik	-8.66442	115.56810	Batu Nunggul
3	Parameter fisik	-8.65428	115.57192	Batu Nunggul
4	Parameter fisik +Parameter kimia	-8.72488	115.59725	Desa Suana
5	Parameter fisik	-8.71992	115.60476	Desa Suana
6	Parameter fisik	-8.71430	115.61381	Desa Suana
7	Parameter fisik +Parameter kimia	-8.66354	115.44757	Jungut Batu

8	Parameter fisik	-8.65990	115.44202	Jungut Batu
9	Parameter fisik	-8.66368	115.46112	Jungut Batu
10	Parameter fisik	-8.65420	115.43214	Jungut Batu
11	Parameter fisik +Parameter kimia	-8.67620	115.51625	Ped
12	Parameter fisik	-8.66770	115.51738	Ped
13	Parameter fisik	-8.65826	115.51854	Ped
14	Parameter fisik	-8.70062	115.43197	Selat Lembongan
15	Parameter fisik +Parameter kimia	-8.69755	115.44238	Selat Lembongan
16	Arus dan Pasang surut	-8.68573	115.46510	Selat Lembongan
17	Parameter fisik	-8.70372	115.41851	Selat Lembongan
18	Parameter fisik	-8.71628	115.44590	Selat Penida
19	Parameter fisik	-8.69945	115.46340	Selat Penida
20	Parameter fisik	-8.68541	115.47315	Selat Penida
21	Parameter fisik	-8.67034	115.48195	Selat Penida
22	Parameter fisik	-8.80530	115.54301	Selatan Nusa Penida
23	Parameter fisik	-8.76151	115.47327	Selatan Nusa Penida
24	Parameter fisik	-8.81504	115.53980	Selatan Nusa Penida
25	Parameter fisik	-8.82431	115.53563	Selatan Nusa Penida
26	Parameter fisik	-8.76936	115.46614	Selatan Nusa Penida
27	Parameter fisik	-8.77695	115.45755	Selatan Nusa Penida
28	Parameter fisik	-8.79336	115.61150	Timur Nusa Penida
29	Parameter fisik	-8.79607	115.61954	Timur Nusa Penida
30	Parameter fisik	-8.79781	115.62575	Timur Nusa Penida

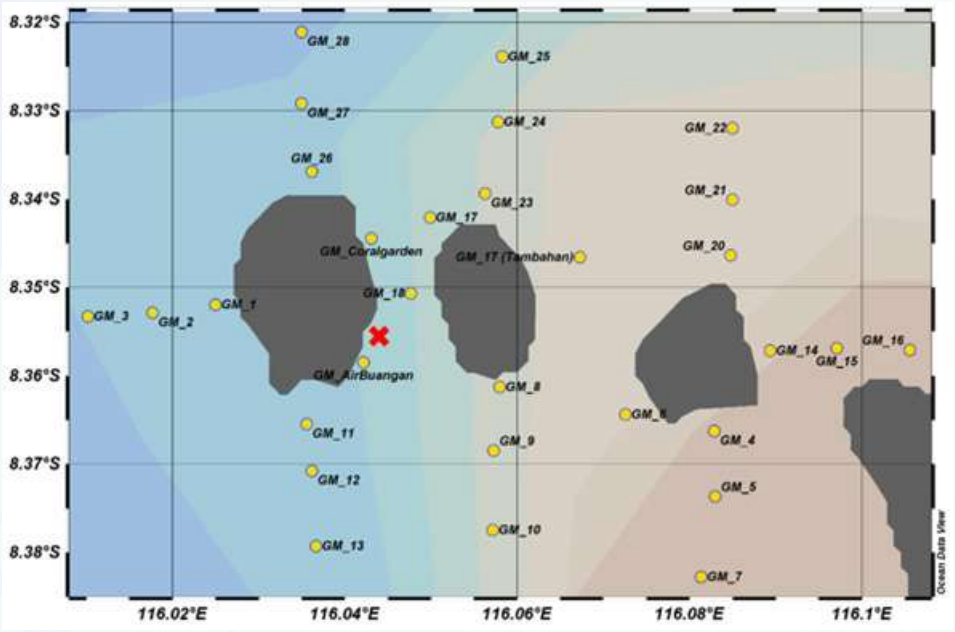


Gambar 1. Lokasi survei biofisik di Kawasan Konservasi Perairan Nusa Penida

Pendataan parameter fisik dan kimia perairan di Kawasan Konservasi Gili Matra dilakukan pada 28 titik pengamatan yang meliputi pendataan gelombang pasang surut 1 lokasi (mooring), pendataan parameter fisika perairan, pengumpulan data samper air dan pengambilan larva pada 3 lokasi pengamatan (Gambar 2). Pendataan dengan mooring dilakukan selama 3 x 24 jam dengan memasang alat pengukur di pelabuhan di Gili Trawangan. Pengamatan parameter fisika perairan dilakuan dengan menggunakan alat pengukur secara langsung seperti current meter untuk mengukur arus, CTD untuk mengukur suhu, salinitas pada kedalaman 1 meter, 10 meter dan 20 meter. Parameter kimia perairan dilakukan pengukuran dengan menggunakan DO meter untuk mengukur oksigen terlarut, pH meter untuk mengukur keasaman, sementara pengukuran klorofil, nutrient dilakukan dengan mengambil sampel air untuk kemudian dilakukan analisis lab.

Tabel 2. Lokasi survei biofisik di Kawasan Konservasi Gili Matra

No.	Parameter	Lat	Long	Wilayah
1	Parameter fisik	-8.35223	116.02602	Barat Gili Trawangan
2	Parameter fisik	-8.35289	116.01479	Barat Gili Trawangan
3	Parameter fisik	-8.35282	116.00403	Barat Gili Trawangan
4	Parameter fisik + kimia	-8.36631	116.08269	Selatan Gili Air
5	Parameter fisik	-8.37822	116.08242	Selatan Gili Air
6	Parameter fisik	-8.36509	116.07345	Selatan Gili Air
7	Parameter fisik	-8.38950	116.08178	Selatan Gili Air
8	Parameter fisik + kimia	-8.36087	116.05747	Selatan Gili Meno
9	Parameter fisik	-8.37291	116.05731	Selatan Gili Meno
10	Parameter fisik	-8.38782	116.05724	Selatan Gili Meno
11	Parameter fisik + kimia	-8.36381	116.03644	Selatan Gili Trawangan
12	Parameter fisik	-8.37362	116.03665	Selatan Gili Trawangan
13	Parameter fisik	-8.38595	116.03680	Selatan Gili Trawangan
14	Parameter fisik	-8.35712	116.08932	Timur Gili Air
15	Parameter fisik	-8.35700	116.10118	Timur Gili Air
16	Parameter fisik	-8.35707	116.11258	Timur Gili Air
17	Parameter fisik	-8.34864	116.06778	Timur Gili Meno
18	Parameter fisik + kimia	-8.35070	116.04779	Timur Gili Trawangan
19	Arus dan Pasut	-8.35505	116.04357	Timur Gili Trawangan
20	Parameter fisik + kimia	-8.34813	116.08453	Utara Gili Air
21	Parameter fisik	-8.33651	116.08506	Utara Gili Air
22	Parameter fisik	-8.32538	116.08511	Utara Gili Air
23	Parameter fisik + kimia	-8.34005	116.05668	Utara Gili Meno
24	Parameter fisik	-8.32829	116.05793	Utara Gili Meno
25	Parameter fisik	-8.31780	116.05773	Utara Gili Meno
26	Parameter fisik + kimia	-8.33727	116.03590	Utara Gili Trawangan
27	Parameter fisik	-8.32552	116.03525	Utara Gili Trawangan
28	Parameter fisik	-8.31602	116.03438	Utara Gili Trawangan



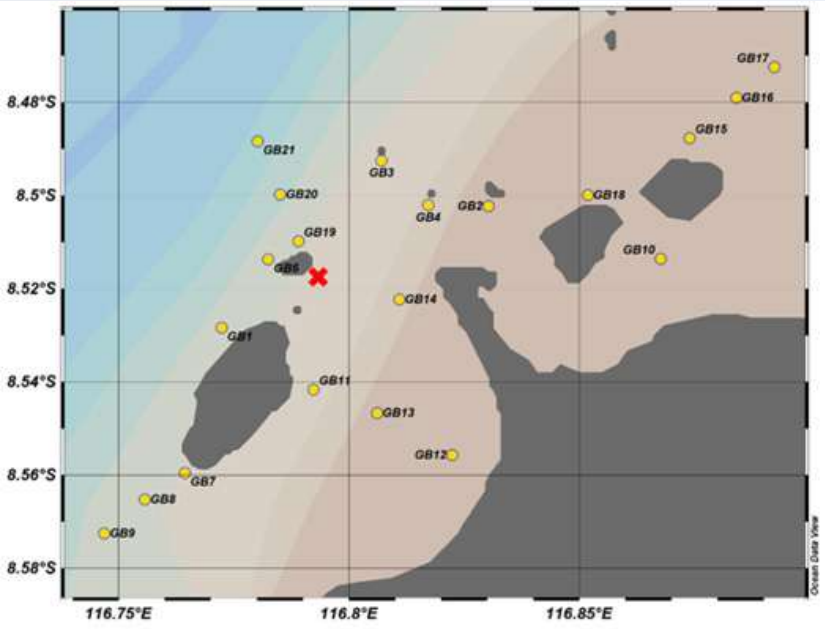
Gambar 2. Lokasi pendataan parameter fisika dan kimia perairan di Gili Matra.

Parameter fisika dan kimia perairan di Kawasan Konservasi di Gili Balu dilakukan pada 22 lokasi. Pendataan arus dan pasang surut dilakukan dengan memasang alat pengukur (mooring) di lokasi pulau Paserang (Gambar 3). Pemasangan alat pengukur mooring dilakukan dengan selama 3 x 24 jam untuk mendapatkan gambaran arus dan pasang surut yang representative. Pengambilan sampel kimia perairan dilakukan pada 5 lokasi pengamatan (warna hijau), di mana selain dilakukan pengambilan data kimia perairan dengan in situ (DO, pH) juga dilakukan pengambilan sampel air untuk menguji nutrient (fosfat dan nitrat) serta produktivitas primer. Identifikasi larva ikan, dilakukan pengambilan sampel larva dengan menyaring sampel air untuk kemudian dianalisis di laboratorium di 3 lokasi (ungu dan pink).

Tabel 3. Lokasi pengambilan data parameter fisika, kimia dan larva ikan di Perairan Gili Balu

No	Parameter	Lat	Long	Wilayah
1	Parameter fisik + kimia	-8.52819	116.77445	Barat P Belang
2	Parameter fisik + kimia	-8.50240	116.83015	Barat P Kenawa
3	Parameter fisik + kimia	-8.49241	116.80707	Barat P Mandiki
4	Parameter fisik	-8.50203	116.81695	Barat P Ular
5	Arus dan Pasut	-8.51748	116.79327	P Paserang
6	Parameter fisik + kimia	-8.51368	116.78290	P Paserang
7	Parameter fisik	-8.55941	116.76438	Selatan P Belang
8	Parameter fisik	-8.56537	116.75555	Selatan P Belang
9	Parameter fisik	-8.57253	116.74690	Selatan P Belang
10	Parameter fisik	-8.51387	116.86764	Selatan P Kalong
11	Parameter fisik + kimia	-8.54152	116.79225	Timur P Belang
12	Parameter fisik	-8.55554	116.82231	Timur P Belang

13	Parameter fisik	-8.54663	116.80746	Timur P Belang
14	Parameter fisik	-8.52220	116.81094	Timur P Paserang
15	Parameter fisik	-8.48785	116.87397	Utara P Kalong
16	Parameter fisik	-8.47904	116.88404	Utara P Kalong
17	Parameter fisik	-8.47231	116.89230	Utara P Kalong
18	Parameter fisik + Kimia	-8.49994	116.85155	Utara P Namo
19	Parameter fisik	-8.51003	116.78887	Utara P Paserang
20	Parameter fisik	-8.49977	116.78517	Utara P Paserang
21	Parameter fisik	-8.48839	116.78030	Utara P Paserang



Gambar 3. Lokasi pendataan parameter fisika dan kimia perairan di Gili Balu

2.3. Metodologi Pengumpulan Data

2.3.1. Kualitas air

Selain melihat proses fisik di perairan Lesser Sunda, proses biogeokimia juga dikaji dengan melibatkan beberapa parameter, antara lain nutrien (Fosfat dan Nitrat), klorofil-a, DO, pH dan produktivitas perairan. Variabel tersebut diperoleh melalui luaran model MERCATOR yang didistribusikan melalui platform marine copernicus. Data biogeokimia memiliki resolusi yang lebih kasar dibandingkan dengan data fisik yaitu ¼ degree, akan tetapi memiliki resolusi vertikal yang sama yaitu 50 layer dari 0 m hingga 5500 meter. Luaran variabel biogeokimia dihasilkan melalui konfigurasi PISCES-v2 (Pelagic Interactions Scheme for Carbon and Ecosystem Studies volume 2) dan platform numerik NEMO. PISCES-v2 merupakan model biogeokimia yang mensimulasikan trophic level rendah dari ekosistem laut (phytoplankton, microzooplankton and meso-zooplankton) dan nutrient utama (P, N, Fe, and Si). Model tersebut merepresentasikan konfigurasi skala regional dan global juga menggambarkan fluktuasi musiman dan perubahan jangka panjang karena adanya perubahan iklim.

Pengukuran langsung dan pengambilan sampel kualitas air dilakukan pada keseluruhan MPA, di mana masing-masing MPA diukur pada lokasi berbeda dengan tiga kedalaman pada tiap lokasinya yaitu 1 m, 10 m, dan 20 m. Pengukuran langsung menggunakan Water Quality Checker dilakukan untuk parameter pH dan DO, yang mana sampel pada masing-masing kedalaman diambil terlebih dahulu menggunakan water sampler, kemudian diukur di atas kapal. Kecerahan diukur menggunakan secchi disk dengan merata-ratakan kedalaman disk yang terlihat saat menurunkan dan menariknya kembali ke permukaan. Konsentrasi nutrient dan klorofil-a diketahui melalui pengambilan sampel dengan water sampler dan menganalisisnya dengan teknik spectrophotometry di laboratorium. Untuk mengetahui kesuburan perairan, pengukuran produktivitas primer dapat dilakukan dengan pendekatan produksi oksigen yang diukur melalui titrasi Winkler dari sampel sebelum dan sesudah inkubasi.

Sumber data didapatkan dari hasil pengukuran di lapang yang dilakukan pada dua waktu berbeda, yaitu periode pertama dilaksanakan pada tanggal 29 Maret 2021 - 1 April 2021 dan periode kedua dilaksanakan pada tanggal 24 – 27 Agustus 2021. Parameter yang diukur meliputi suhu, salinitas, kecepatan arus, pasang surut, batimetri, substrat dasar, dan laju sedimentasi.

Data sekunder yang digunakan berasal dari laman marine.copernicus.eu meliputi parameter suhu, salinitas, arus, klorofil, gelombang (Tabel 2) yang ditampilkan dalam bentuk rataan spasial bulanan klimatologis dan plot deret waktu pada tiga lokasi di Nusa Penida, Gili Matra dan Gili Balu.

Tabel 4. Spesifikasi data sekunder

Parameter	*Resolusi Spasial*	*Resolusi Temporal*
Suhu	*9.21 km*	*Jan 2010 – Des 2021 (Bulanan)*
Salinitas	*9.21 km*	*Jan 2010 – Des 2021 (Bulanan)*
Arus	*9.21 km*	*Jan 2010 – Des 2021 (Bulanan)*
Klorofil	*2 km*	*Jan 2010 – Des 2021 (Bulanan)*
Gelombang	*22.2 km*	*Jan 2010 – Des 2020 (Bulanan)*

2.3.2, Pasang surut

Komponen pasang surut dianalisis mengunakan metode admiralty untuk didapatkan komponen harmonik yang kemudian dihitung menjadi enam nilai penting yaitu nilai rata-rata tinggi muka air laut tertinggi (Mean High Higher Water), nilai rata-rata tinggi muka air laut terendah (Mean Low Lower Water), rata-rata muka air tertinggi saat surut (Mean Higher Low Water), dan rata-rata muka air terendah saat pasang (Mean Lower High Water). Perhitungan nilai Mean High Higher Water (MHHW), Mean Low Lower Water (MLLW), Mean Higher Low Water (MHLW), Mean Lower High Water (MLHW) dapat dihitung menggunakan rumus oleh (Stephenson 2016)

Untuk tipe tunggal dan campuran:

MLLW = Mean Lower Low Water = Z - (M2 + K1 + O1)
MHLW = Mean Higher Low Water = Z - |M2 - (K1 + O1)|
MSL = Mean Sea-Level = Z
MLHW = Mean Lower High Water = Z + |M2 - (K1 + O1)|
MHHW = Mean Higher High Water = Z + (M2 + K1 + O1)

Untuk tipe ganda:

MLWS = Mean Low Water Springs = Z - (M2 + S2)
MLWN = Mean Low Water Neaps = Z - |M2 - S2|
MSL = Mean Sea-Level = Z
MHWN = Mean High Water Neaps = Z + |M2 - S2|
MHWS = Mean High Water Springs = Z + (M2 + S2)

Selain itu komponen harmonik juga digunakan untuk menentukan tipe pasang surut melalui perhitungan nilai Formzahl menggunakan rumus:

$$F = \frac{(O1+K1)}{(M2+S2)} \ldots\ldots (2)$$

Keterangan:
F : Bilangan Formzahl
O1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.
K1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari.
M2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.
S2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari bilangan.

Tabel 5. Tipe pasang surut berdasarkan bilangan formzahl

Nilai Formzal	*Tipe Pasang Surut*	*Deskripsi*
O < F <0.25	*Harian ganda*	*2x pasang sehari dengan tinggi relatif sama*
0.25 < F <1.5	*Campuran cenderung ganda*	*2x pasang sehari dengan perbedaan tinggi dan interval yang berbeda*
1.5 < F <3	*Campuran cenderung tunggal*	*1 x atau 2 x pasang sehari dengan interval yang berbeda*
F > 3	*Tunggal*	*1 x pasang sehari, saat spring bisa terjadi 2x pasang sehari*

2.3.3. Arus

Pengukuran arus menggunakan alat JFE Infinity EM dengan teknik pengambilan di titik tetap selama beberapa waktu (mooring). Periode pengukuran dilakukan selama 4 hari dengan interval sampel tiap 1 menit pada kedalaman 2 – 3 meter dari permukaan. Pengukuran arus di Nusa Penida dilakukan di sekitar Toyapakeh pada koordinat 115.4867 BT dan 8.6765 LS. Pengambilan data dilakukan dari tanggal 11 Januari 2022 – 14 Januari 2022. Hasil pengukuran arus ditampilkan dalam grafik kecepatan arus.

Pengukuran arus di Gili Matra dilakukan di selatan Pulau Trawangan pada koordinat 116.0435 BT dan 8.3550 LS. Pengambilan data dilakukan dari tanggal 18 Januari 2022 – 21 Januari 2022. Hasil pengukuran arus ditampilkan dalam grafik kecepatan arus.

Pengukuran arus di Gili Balu dilakukan di Pulau Paserang pada koordinat 116.7932 BT dan 8.5174 LS. Pengambilan data dilakukan dari tanggal 23 Januari 2022 – 26 Januari 2022. Hasil pengukuran arus ditampilkan dalam grafik kecepatan arus.

2.3.4. Suhu dan Salinitas

Pengukuran Suhu dan Salinitas dilakukan dengan instrumen Conductivity Temperature Depth (CTD) AML Minos-x dengan methode depth trigger untuk setiap perubahan tekanan akibat perubahan kedalaman. Perekaman CTD dilakukan pada titik stasiun seperti pada peta di Nusa Penida (Gambar 1), Gili Matra (Gambar 2), dan Gili Balu (Gambar 3).

Analisis yang digunakan untuk menggambarkan profil suhu dan salinitas di lokasi kajian adalah Data-Interpolating Variational Analysis (DIVA) dengan perangkat lunak Ocean Data View (ODV). DIVA memungkinkan interpolasi spasial secara optimal, dengan memperhitungkan garis pantai, sub-cekungan dan adveksi. Perhitungan sangat dioptimalkan dengan mengandalkan resolusi finite element. Metode ini memisahkan berdasarkan area yang terputus secara alami pada topografi dan topologi. Metode ini berguna dalam oseanografi di mana massa air yang terputus seringkali memiliki sifat fisik yang berbeda (Barth et al, 2014).

BAB 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Paramater Lingkungan dan Kualitas Perairan

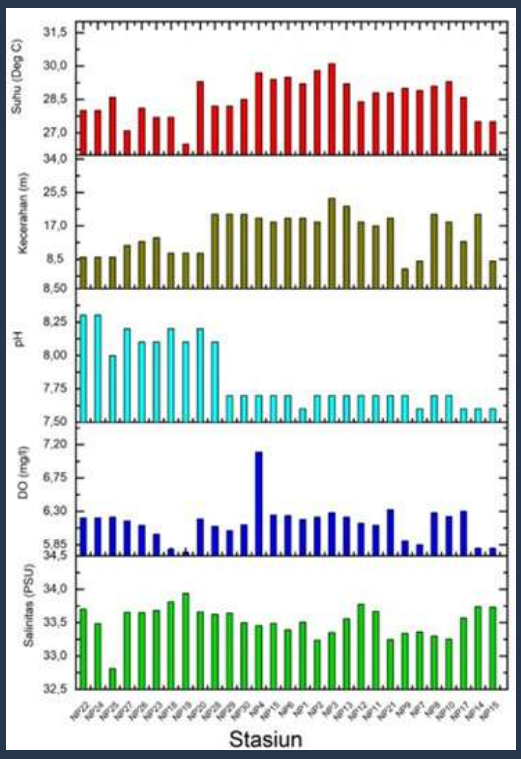
3.1.1. Kawasan Konservasi Perairan Nusa Penida

Parameter kualitas air di Nusa Penida terdiri dari parameter salinitas, dissolve oxygen, pH, kecerahan, dan suhu ditampilkan pada Gambar 4. Pada parameter salinitas yang ditampilkan oleh diagram batang warna hijau terlihat salinitas di Nusa Penida berkisar 32.75 psu – 34 psu dengan salinitas terendah berada pada stasiun NP25 dan salinitas tertinggi berada pada stasiun NP19. Salinitas rendah tersebut kemungkinan terpengaruh ketika pengambilan sampel yang terjadi ketika hujan. Secara umum salinitas di Nusa Penida didominasi dengan salinitas berkisar 33.5 psu.

Kemudian pada parameter dissolve oxygen yang ditampilkan oleh diagram batang warna biru tua terlihat dissolve oxygen di Nusa Penida berkisar 5.85 mg/l – 7.20 mg/l. Nilai terendah berada pada stasiun NP14, NP15, NP18, dan NP19 yang berada di dekat celah Nusa Penida. Sedangkan konsentrasi dissolve oxygen tertinggi berada pada stasiun NP4 yang mencapai 7.20 mg/l. Secara umum konsentrasi dissolve oxygen di Nusa Penida dominan berkisar 6.20 mg/l.

Pada parameter pH yang ditampilkan oleh diagram batang warna biru muda terlihat pH di perairan Nusa Penida berkisar 7.6 – 8.3. Nilai pH tinggi umumnya berada pada bagian barat daya dan celah antara Nusa Penida – Nusa Ceningan, sedangkan pada bagian lain nilai pH cenderung mirip berkisar 7.6 – 7.7 yang cenderung netral.

Pada parameter kecerahan perairan yang ditampilkan oleh diagram batang warna coklat terlihat kecerahan di perairan Nusa Penida berkisar 6 m – 20 m. Kecerahan terendah berada di stasiun sekitar celah dan bagian selatan Nusa Penida pada stasiun NP22, NP24, NP25. Sedangkan kecerahan tinggi dominan diseluruh stasiun Nusa Penida.



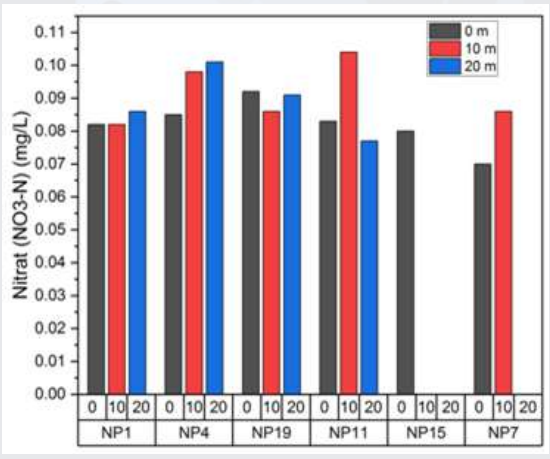
Gambar 4. Kualitas Air di Perairan Nusa Penida

Parameter suhu yang ditampilkan oleh diagram batang warna merah terlihat suhu di perairan Nusa Penida berkisar 26.5°C – 30.1°C dengan rata-rata suhu 28.6 °C. Nilai suhu tertinggi terletak di stasiun NP 3, sedangkan nilai suhu terendah terletak di stasiun NP 19. Nilai suhu di NP 19 kecil dikarenakan hujan ketika pengambilan sampel kualitas air. Suhu di sebelah selatan Nusa Penida cenderung lebih dingin ±1.5°C dibandingkan dengan bagian utara Nusa Penida.

Parameter kualitas air lainnya yang diukur dalam kajian kali ini yaitu nitrat, fosfat, silikat dan klorofil-a. Pengambilan dilakukan pada tiga kedalaman yaitu di permukaan (1-2 m), 10 m, dan 20 m. Penentuan titik pengambilan sampel air dilakukan pada lokasi yang dianggap dapat mewakili kondisi perairan lokasi kajian seperti lokasi budidaya dan wilayah aliran air seperti selat (Gambar 5). Konsentrasi keempat parameter ditampilkan dalam bentuk diagram batang pada setiap kedalaman.

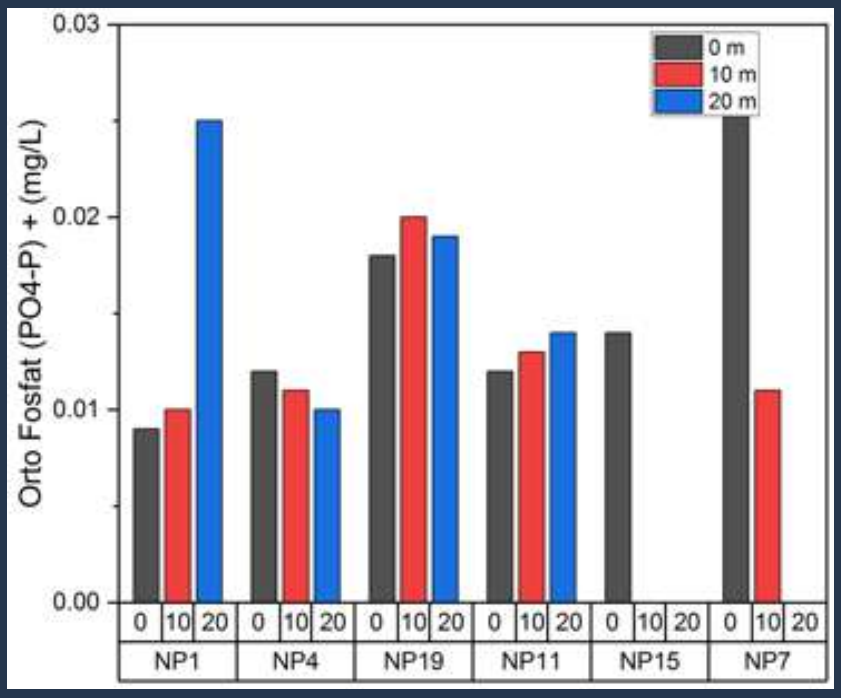
Gambar 5. Lokasi pengambilan sampel kualitas air di Nusa Penida

Konsentrasi nitrat secara keseluruhan berkisar 0.06 - 0.09 mg/l di semua kedalaman dan stasiun pengamatan di Nusa Penida. Nilai tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 0.06 mg/l berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021. Kelebihan konsentrasi nitrat di perairan dapat menimbulkan terjadinya eutrofikasi (pengkayaan zat hara) yang menjadi penanda adalah blooming fitoplankton, sehingga berdampak kematian berbagai jenis biota laut. Namun kondisi tersebut juga harus didukung oleh konsentrasi parameter nutrient lain seperti fosfat, atau zat mikro essensial lainnya. Sementara rendahnya konsentrasi nitrat mendorong pertumbuhan dan metabolisme biota laut seperti fitoplankton secara optimal sementara. Sumber utama nitrat secara alami melalui proses biologi seperti penguraian, pelapukan, dekomposisi tumbuhan dan sisa organisme mati. Selain itu, adanya sumbangan antropogenik dari daratan. Secara umum, konsentrasi nitrat semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman. Hal tersebut dapat disebabkan pemanfaatan nitrat yang lebih rendah di perairan yang lebih dalam, dibandingkan wilayah permukaan. Pola tersebut juga ditunjukkan oleh hasil penelitian Purnamaningtyas (2014).



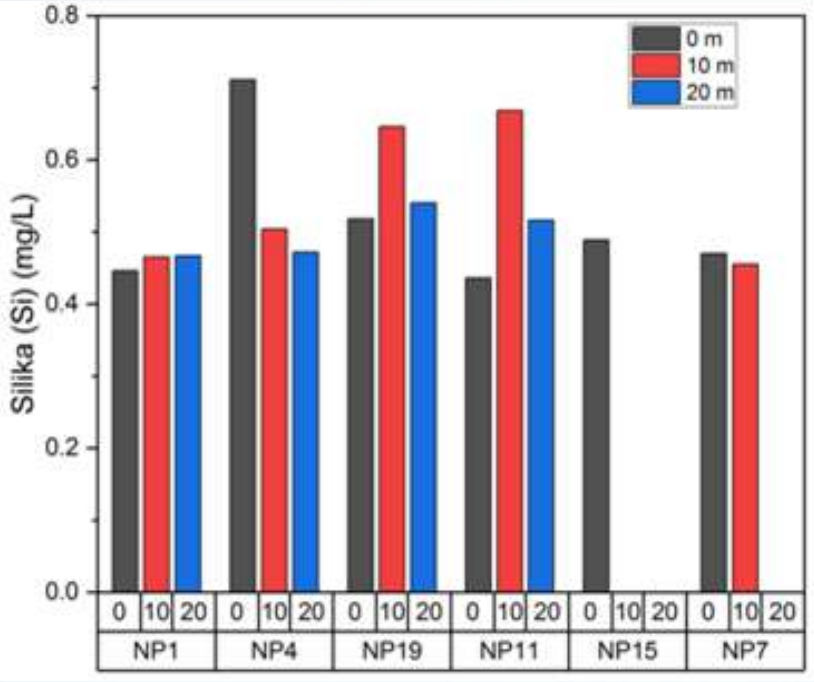
Gambar 6. Konsentrasi Nitrat di setiap stasiun Nusa Penida

Konsentrasi ortofosfat di perairan Nusa Penida menunjukkan kisaran nilai 0.01 - 0.025 mg/l. Konsentrasi tersebut masih baik bagi kehidupan biota laut, sejalan dengan ketetapan baku mutu oleh PP RI No. 22 Tahun 2021 sebesar 0.015 mg/l untuk biota laut. Keberadaan ortofosfat dalam perairan berasal dari fosfat terlarut yang terdiri atas fosfat organik dan anorganik (Rumhayati, 2010). Konsentrasi tinggi telihat pada stasiun NP19 dengan rata – rata konsentrasi 0.018 mg/l dari 3 kedalaman pengukuran yang berbeda. Nilai tinggi ditunjukan juga oleh stasiun NP 1 di kedalaman 20 meter dan NP7 di permukaan dengan konsentrasi 0.025 mg/l.



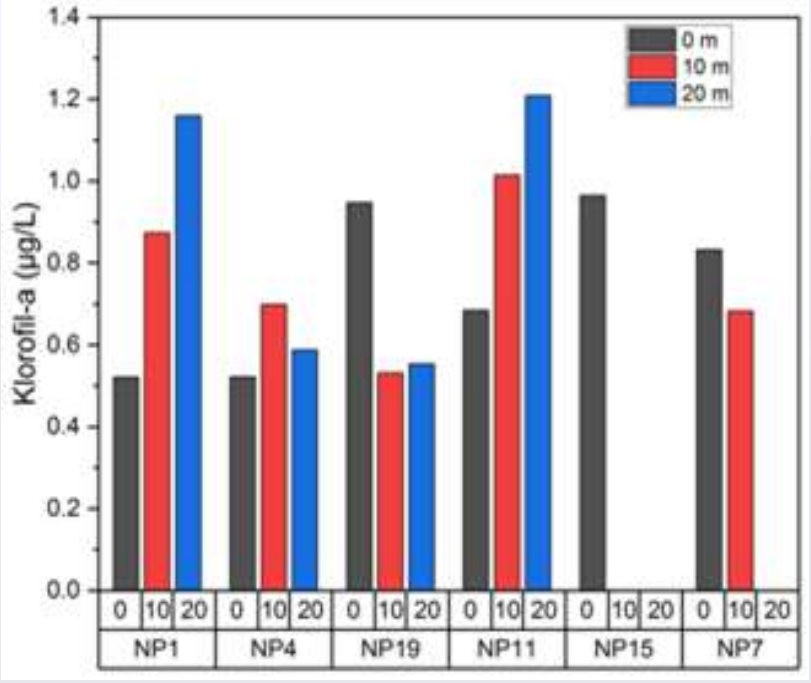
Gambar 7. Konsentrasi Ortofosfat di setiap stasiun Nusa Penida

Unsur silikat (SiO_2) memainkan peran penting dalam menunjang kesehatan ekosistem pesisir dan laut, khususnya dalam mendukung produktivitas primer di perairan. Konsentrasi silikat di perairan Nusa Penida memiliki nilai lebih dari 0.4 mg/l dengan nilai tertinggi mencapai 0.7 mg/l. Sumber silikat dapat berasal dari sungai-sungai yang berada di sekitaran Nusa Penida. Unsur silikat juga dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan karena semakin banyak silikat mengindikasikan adanya diatom yang tinggi pula pada perairan tersebut selain itu silikat menjadi faktor pembatas dan pengatur pertumbuhan fitoplankton di perairan pesisir dan laut termasuk estuary (Fehling et al, 2012; Wu dan Chou, 2003; Brzeinski et al, 1990; Turner et al, 1998; Fisher et al, 1992).



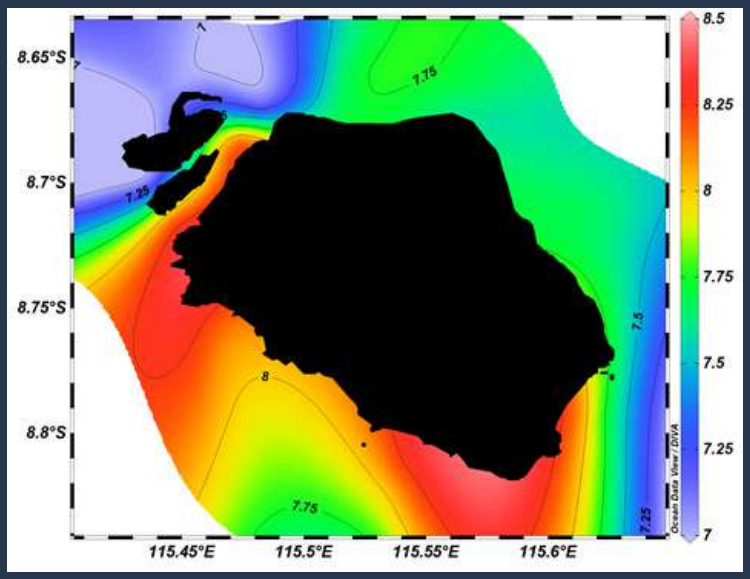
Gambar 8. Konsentrasi Silikat di setiap stasiun Nusa Penida

Klorofil-a, sebagai salah satu indikator kesuburan perairan, diperlukan dalam budidaya untuk menduga keberlanjutan trofik level minimal dari fitoplankton, zooplankton, hingga ikan kecil atau moluska. Hal ini berkaitan dengan kesuburan budidaya rumput laut yang berada di sekitar area kajian. Konsentrasi klorofil-a di perairan Nusa Penida menunjukkan nilai berkisar pada 0.5 –1.2 μg/l (Gambar 9). Nilai yang terukur pada keenam stasiun cukup rendah. Keberadaan klorofil pada lingkungan perairan mempengaruhi proses fotosintesis. Hal ini berkaitan dengan ukuran banyaknya fitoplankton pada perairan tersebut dan dapat menunjukkan produktivitas perairan. Oleh karena itu, konsentrasi klorofil terukur menunjukkan tingginya aktivitas produksi primer di perairan Nusa Penida.

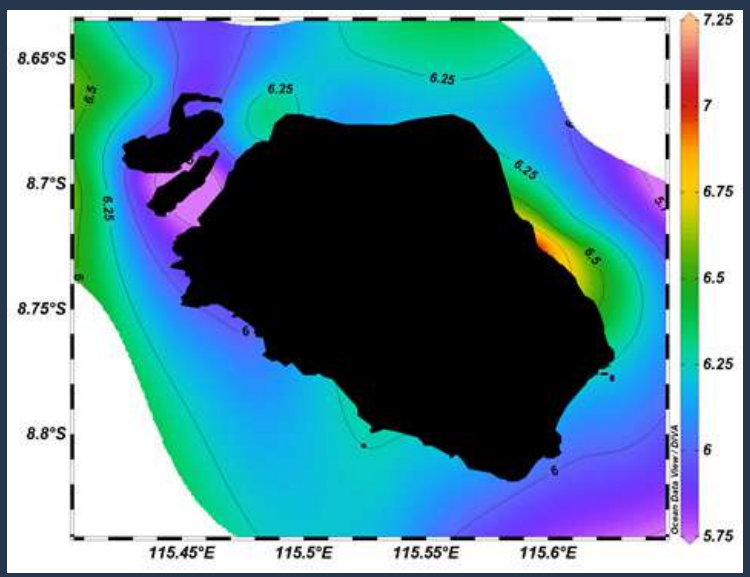


Gambar 9. Konsentrasi Klorofil-a di setiap stasiun Nusa Penida

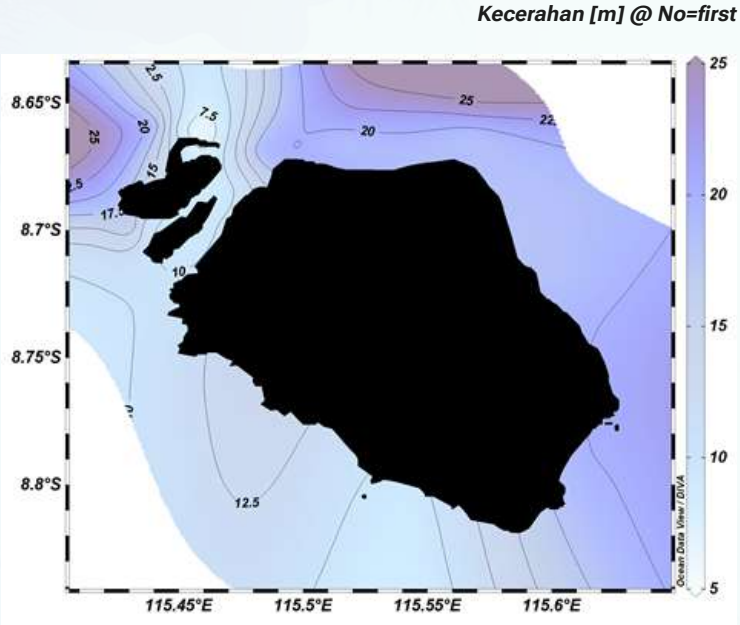
Secara spasial terdapat variasi beberapa parameter di Nusa Penida yang meliputi pH, DO dan kecerahan perairan pada bulan Januari 2022 (Gambar 10 - 12). Sebaran pH di sisi utara Nusa Penida berkisar 7 – 7,75. Pada sisi selatan ditemukan nilai pH lebih tinggi dari sisi utara dengan nilai 7,75 – 8. Pada sisi timur nilai pH lebih rendah dari sisi selatan dengan nilai 7,25 – 7,5, sedangkan sisi terendah pH ditemukan di sisi barat. Nilai oksigen terlarut secara spasial di sisi utara Nusa Penida berkisar antara 6 – 6,5 mg/l, sedangkan di sisi timur dan selatan, nilai DO ditemukan lebih seragam dibandingkan sisi utara dengan nilai 6 – 6,25 mg/l . Nilai DO pada sisi barat lebih rendah dengan nilai DO kurang dari 6 mg/l. Kecerahan perairan di sisi utara Nusa Penida berkisar antara 20 – 25, sedangkan di sisi selatan nilai kecerahannya lebih rendah dari sisi utara dengan nilai 10 – 12,5 m. Nilai kecerahan pada sisi barat memiliki variasi yang lebih tinggi dengan nilai 10 – 25 m.



Gambar 10. Variasi nilai pH di perairan Nusa Penida pada Januari 2022



Gambar 11. Variasi nilai Oksigen Terlarut (DO) di Perairan Nusa Penida pada Januari 2022



Gambar 12. Variasi nilai Kecerahan di Perairan Nusa Penida pada Januari 2022

3.1.2. Kawasan Konservasi Perairan Gili Matra

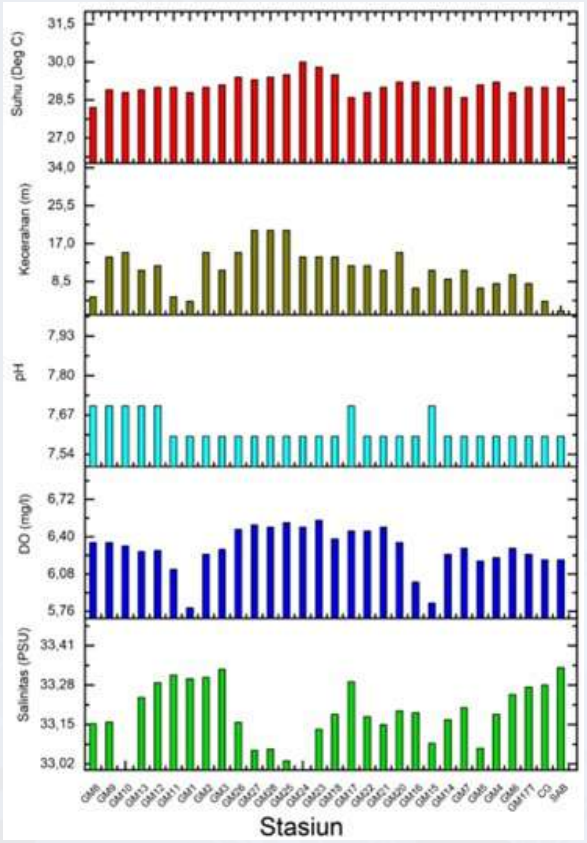
Parameter kualitas air di Gili Matra terdiri dari parameter salinitas, dissolve oxygen, pH, kecerahan, dan suhu ditampilkan pada Gambar 13. Pada parameter salinitas yang ditampilkan oleh diagram batang warna hijau terlihat salinitas di Gili Matra berkisar 32.95 psu – 33.33 psu. Secara umum parameter salinitas di Gili Matra cenderung mirip antar stasiunnya berkisar 33 psu.

Kemudian pada parameter dissolve oxygen yang ditampilkan oleh diagram batang warna biru tua terlihat dissolve oxygen di Gili Matra berkisar 5.79 mg/l – 6.54 mg/l. Nilai terendah berada pada stasiun GM11 dan GM15. Sedangkan konsentrasi dissolve oxygen tertinggi berada pada stasiun GM24, GM25, GM 27, dan GM28 yang berada di sebelah utara dari Gili Matra. Secara umum konsentrasi dissolve oxygen di Gili Matra cenderung sama berkisar 6.30 mg/l dan tersebar merata di banyak stasiun pengambilan data.

Pada parameter pH yang ditampilkan oleh diagram batang warna biru muda terlihat pH di perairan Gili Matra berkisar 7.6 – 7.7. Nilai pH tinggi umumnya berada pada selatan Gili Meno, sedangkan pada bagian lain nilai pH cenderung mirip berkisar 7.6 yang cenderung netral.

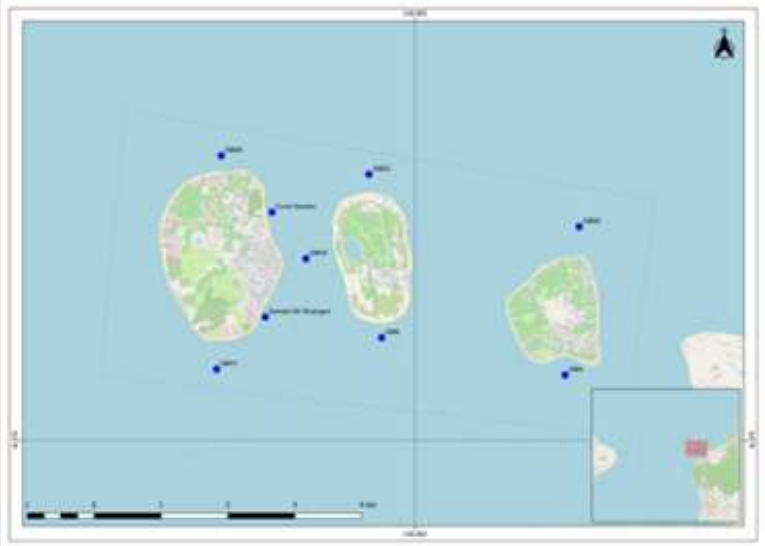
Pada parameter kecerahan perairan yang ditampilkan oleh diagram batang warna coklat terlihat kecerahan di perairan Gili Matra berkisar 2 m – 20 m. Kecerahan terendah berada di stasiun dekat pesisir gili terutama pada stasiun Gm_Air Buangan, GM_CoralGarden, GM1, GM8, dan GM11. Sedangkan kecerahan tinggi berada pada stasiun GM25, GM27, dan GM28 yang berada di bagian utara gili.

Parameter suhu yang ditampilkan oleh diagram batang warna merah terlihat suhu di perairan Gili Matra berkisar 28.2°C – 30°C dengan rata-rata suhu 29°C. Nilai suhu tertinggi terletak di stasiun GM23, sedangkan nilai suhu terendah terletak di stasiun GM8. Suhu di Gili Matra tidak begitu berbeda antar stasiunnya.



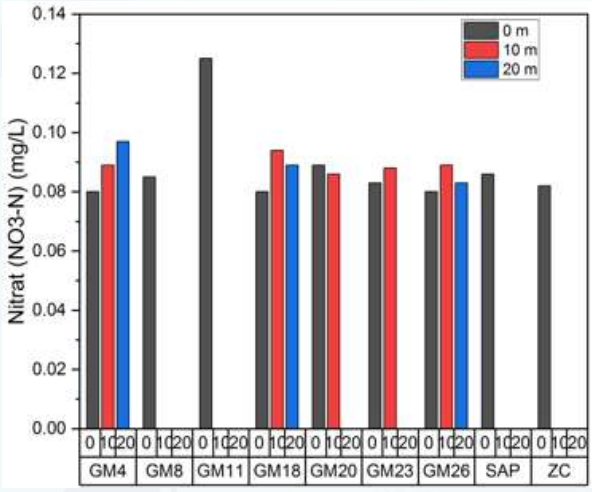
Gambar 13. Kualitas Air di Perairan Gili Matra

Parameter kualitas air di Gili Matra diwakili oleh Nitrat, Fosfat, Silikat dan Klorofil-a. Pengambilan dilakukan pada tiga kedalaman yaitu dipermukaan, kedalaman 10 meter dan 20 meter. Penentuan titik pengambilan sampel air dilakukan pada lokasi yang dianggap dapat mewakili kondisi perairan lokasi kajian seperti lokasi wisata dan area konservasi karang. Konsentrasi keempat parameter ditampilan dalam bentuk diagram batang pada setiap kedalaman. Sementara lokasi pengambilan sampel ditampilkan oleh Gambar 14.



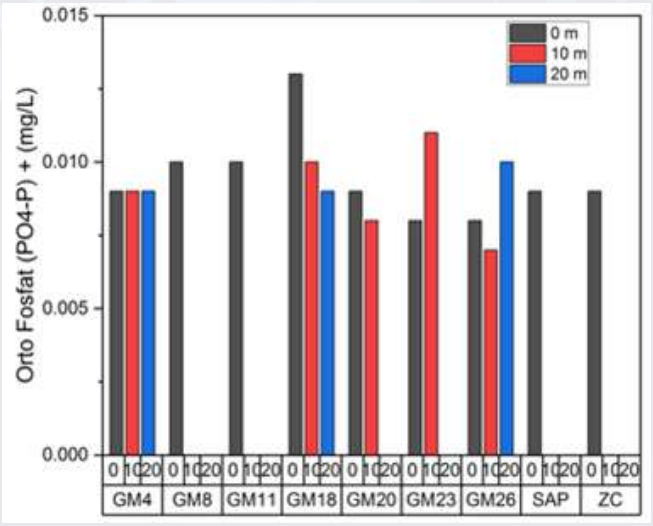
Gambar 14. Peta stasiun pengambilan sampel kualitas air di Gili Matra

Konsentrasi nitrat berdasarkan hasil analisis laboratorium memiliki besara > 0.05 mg/l yang di mana konsentrasi tersebut masih relatif tinggi. Berdasarkan baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 sebesar 0.06 mg/l. Konsentrasi nutrient secara keseluruhan menunjukkan angka melebihi baku mutu dengan kisaran 0.08 mg/l hingga 0.12 mg/l disemua kedalaman dan semua lokasi pengamatan. Kelebihan konsentrasi nitrat di perairan dapat menimbulkan terjadinya eutrofikasi (pengkayaan zat hara) yang menjadi penanda adalah blooming fitoplankton, sehingga berdampak kematian berbagai jenis biota laut sementara rendahnya konsentrasi nitrat mendorong pertumbuhan dan metabolisme biota laut seperti fitoplankton secara optimal sementara. Sumber utama nitrat secara alami melalui proses biologi seperti penguraian, pelapukan, dekomposisi tumbuhan dan sisa organisme mati. Selain itu, adanya sumbangan limbah dari daratan yang mengandung bahan organik. Konsentrasi yang terlihat cukup tinggi terjadi di stasiun GM11, sementara konsentrasi nitrat di semua stasiun menunjukkan hasil yang relatif sama.



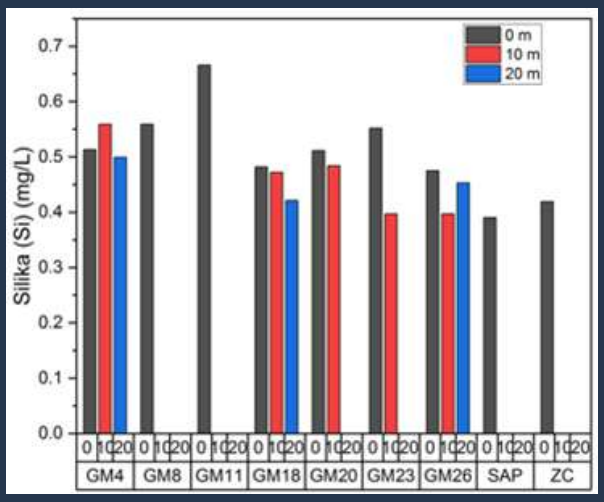
Gambar 15. Konsentrasi Nitrat di setiap stasiun Gili Matra.

Konsentrasi ortofosfat di perairan Gili Matra menunjukkan konsentrasi yang berfluktuatif mulai dari 0.007 mg/l hingga 0.015 mg/l. Konsentrasi tersebut masih baik bagi kehidupan biota laut dan tidak melebihi baku mutu. Hal ini sejalan dengan ketetapan baku mutu oleh PP RI No. 22 Tahun 2021 sebesar 0.015 mg/l untuk biota laut. Keberadaan ortofosfat dalam perairan berasal dari fosfat terlarut yang terdiri atas fosfat organik dan anorganik (Rumhayati, 2010). Organisme akuatik memanfaatkan ortofosfat dalam bentuk fosfat. Nilai tinggi telihat pada stasiun GM18 dengan konsentrasi 0.015 mg/l. Nilai dengan konsentrasi rendah ditunjukan oleh GM 26 dengan nilai konsentrasi sebesar 0.008 mg/l.



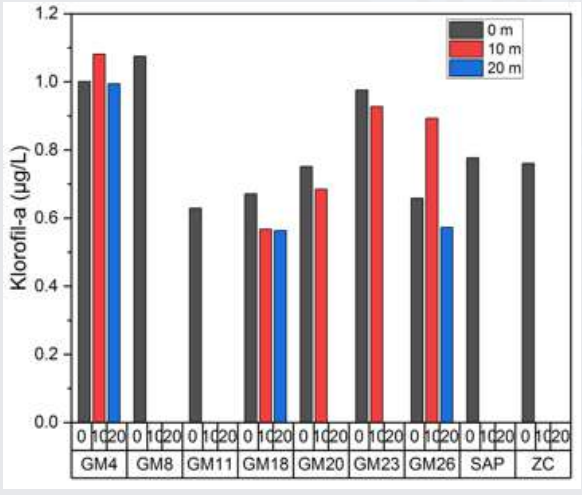
Gambar 16. Konsentrasi Ortofosfat di setiap stasiun Gili Matra

Unsur silikat (SiO_2) memainkan peran penting dalam menunjang kesehatan ekosistem pesisir dan laut, khususnya dalam mendukung produktifitas primer di perairan. Konsentrasi silikat di perairan Gili Matra memiliki nilai lebih dari 0.4 mg/l dengan nilai tertinggi mencapai 0.7 mg/l. Sumber silikat dapat berasal dari buangan air aktivitas manusia yang berada di sekitaran Gili Matra. Unsur silikat juga dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan karena semakin banyak silikat mengindikasikan adanya diatom yang tinggi pula pada perairan tersebut selain itu silikat menjadi faktor pembatas dan pengatur pertumbuhan fitoplankton di perairan pesisir dan laut termasuk estuary (Fehling et al, 2012; Wu dan Chou, 2003; Brzeinski et al, 1990; Turner et al, 1998; Fisher et al, 1992).



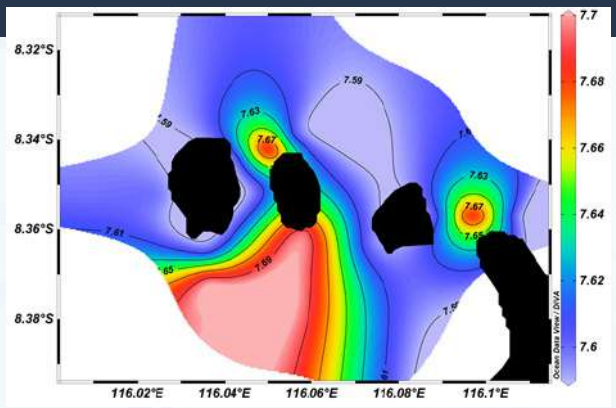
Gambar 15. Konsentrasi Nitrat di setiap stasiun Gili Matra.

Klorofil-a menjadi salah satu indikator kesuburan perairan, diperlukan dalam budidaya untuk menduga keberlanjutan trofik level minimal dari fitoplankton, zooplankton, hingga ikan kecil atau moluska. Hal ini berkaitan dengan kesuburan budidaya rumput laut yang berada disekitar area kajian. Konsentrasi klorofil-a di perairan Gili Matra menunjukkan nilai berkisar pada 0.5 –1.1 μg/l (Gambar 18). Nilai yang terukur pada keenam stasiun cukup rendah. Keberadaan klorofil pada lingkungan perairan mempengaruhi proses fotosintesis. Hal ini berkaitan dengan ukuran banyaknya fitoplankton pada perairan tersebut dan dapat menunjukkan produktivitas perairan. Oleh karena itu, konsentrasi klorofil terukur menunjukkan tingginya aktivitas produksi primer di perairan Gili Matra.

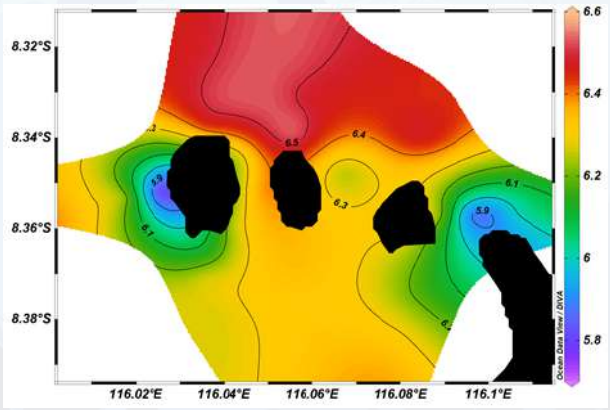


Gambar 18. Konsentrasi Klorofil-a di setiap stasiun Gili Matra

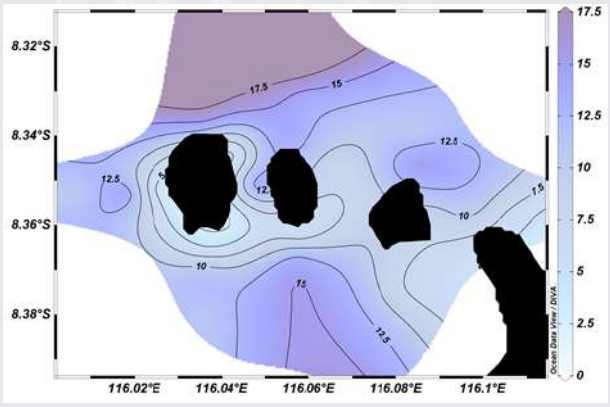
Secara spasial terdapat variasi beberapa nilai kualitas air di Gili Matra baik dari pH, DO dan kecerahan lapisan permukaan laut pada bulan Januari 2022 (Gambar 19-21). Karakteristik pH spasial di sisi utara Gili Matra berkisar antara 7,59 hingga 7,67. Pada sisi selatan nilai pH lebih tinggi dibandingkan sisi utara dengan nilai 7,61 – 7,69. Di sisi timur nilai pH sedikit lebih rendah dari sisi selatan dengan nilai 7,61 – 7,67. Nilai pH di sisi barat berkisar antara 7,59 – 7,61. Karakteristik spasial DO di sisi utara Gili Matra berkisar antara 6,4 – 6,5 mg/l. Pada sisi timur dan barat, nilai DO yang ditemukan cenderung sama yaitu 5,9 – 6,1 mg/l. Nilai DO yang ditemukan cenderung lebih homogen pada sisi selatan dengan nilai DO kurang dari 6,3 mg/l. Karakteristik kecerahan spasial di sisi utara Gili Matra berkisar antara 12,5 – 17,5 m. Pada sisi selatan nilai kecerahan yang ditemukan lebih rendah dibandingkan sisi utara dengan nilai 12,5 – 15 m. Kecerahan pada sisi timur memiliki variasi yang lebih tinggi dengan nilai 7,5 – 12,5 m. Di sisi barat, nilai kecerahan berkisar antara 5 – 12,5 m.



Gambar 19. Variasi spasial nilai pH di perairan Gili Matra pada Januari 2022



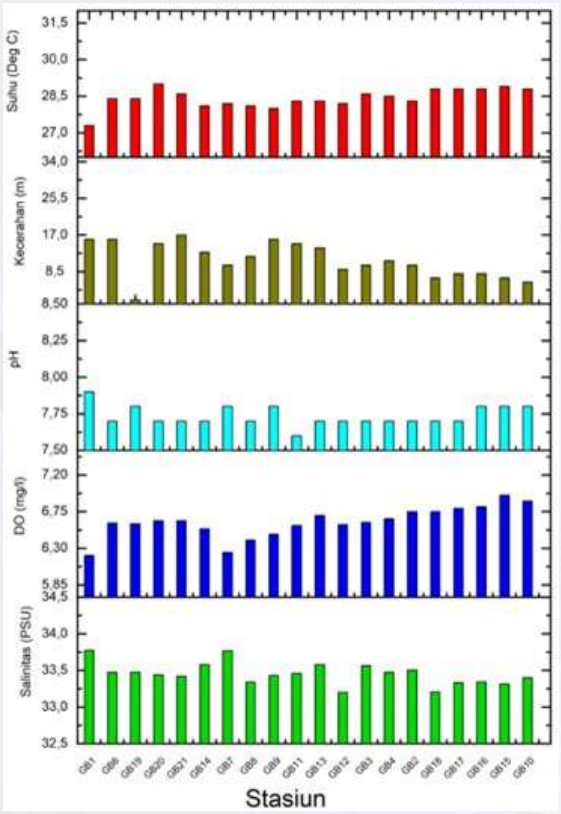
Gambar 20. Variasi spasial Oksigen Terlarut (DO) di perairan Gili Matra pada Januari 2022



Gambar 21. Variasi spasial Kecerahan di perairan Gili Matra pada Januari 2022

3.1.3. Kawasan Konservasi Perairan Gili Balu

Parameter lingkungan perairan di Gili Balu terdiri dari parameter salinitas, dissolve oxygen, pH, kecerahan, dan suhu ditampilkan pada Gambar 22. Pada parameter salinitas yang ditampilkan oleh diagram batang warna hijau terlihat salinitas di Gili Balu berkisar 33.19 psu – 33.77 psu dengan salinitas terendah berada pada stasiun GB12 yang berada dekat pesisir Pulau Sumbawa dan salinitas tertinggi berada pada stasiun GB1. Secara umum salinitas di Gili Balu didominasi dengan salinitas berkisar 33.45 psu.



Gambar 22. Kualitas Air di Perairan Gili Balu

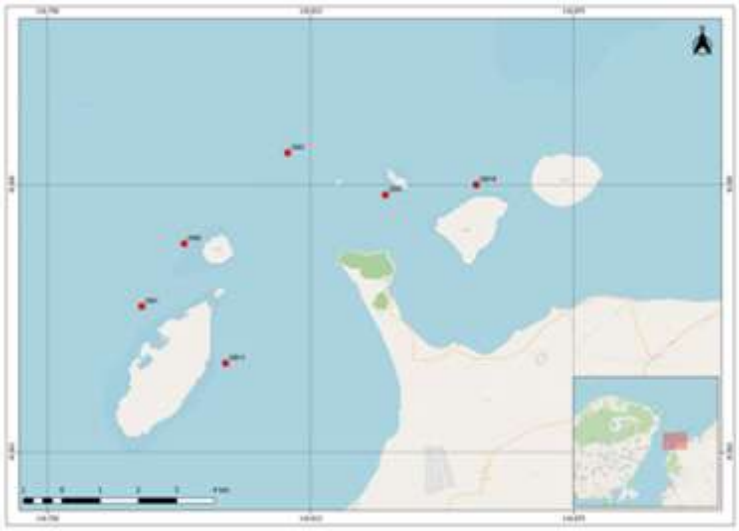
Kemudian pada parameter dissolve oxygen yang ditampilkan oleh diagram batang warna biru tua terlihat dissolve oxygen di Gili Balu berkisar 6.21 mg/l – 6.95 mg/l. Nilai terendah berada pada stasiun GB1 dan GB7 yang berada di pesisir Pulau Belang. Sedangkan konsentrasi dissolve oxygen tertinggi berada pada stasiun GB10, GB15, GB16, GB17 yang berada di sekitar P. Namo dan P. Kalong yang mencapai 6.79 mg/l – 6.95 mg/l. Secara umum konsentrasi dissolve oxygen di Gili Balu dominan berkisar 6.62 mg/l.

Pada parameter pH yang ditampilkan oleh diagram batang warna biru muda terlihat pH di perairan Gili Balu berkisar 7.6 – 7.9. Nilai pH tinggi berada pada stasiun GB1 yang berada di sebelah barat Pulau Belang dan GB10, GB15, dan GB16 yang berada di sekitar P. Namo dan P. Kalong domain pengambilan data, sedangkan pada bagian lain nilai pH cenderung mirip berkisar 7.7 yang cenderung netral.

Pada parameter kecerahan perairan yang ditampilkan oleh diagram batang warna coklat terlihat kecerahan di perairan Gili Balu Matra berkisar 2 m – 17 m. Kecerahan terendah berada di stasiun dekat pesisir gili terutama pada stasiun GB19 yang berada dekat Pulau Paserang dikarenakan kedalaman perairan yang dangkal. Sedangkan kecerahan tinggi berada pada stasiun GB1, GB6, GB9, dan GB21 yang menjauhi dari daratan sekitar Gili Balu.

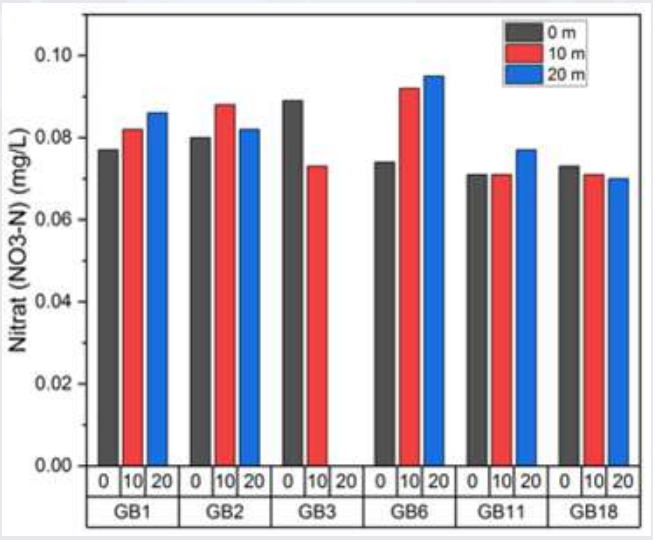
Parameter suhu yang ditampilkan oleh diagram batang warna merah terlihat suhu di perairan Gili Balu berkisar 27.3°C – 29°C dengan rata-rata suhu 28.4°C. Nilai suhu tertinggi terletak di stasiun GB20, sedangkan nilai suhu terendah terletak di stasiun GB1. Secara umum suhu di Gili Balu cenderung sama dan tidak begitu bervariasi antar stasiun pengambilan data.

Parameter yang diukur dalam kajian kualitas air di Gili Balu tetap sama yaitu Nitrat, Fosfat, Silikat dan Klorofil-a. Pengambilan dilakukan pada tiga kedalaman yaitu dipermukaan, kedalaman 10 meter dan 20 meter. Penentuan titik pengambilan sampel air dilakukan pada lokasi yang dianggap dapat mewakili kondisi perairan lokasi kajian seperti lokasi budidaya dan area aliran air. Konsentrasi keempat parameter ditampilkan dalam bentuk diagram batang pada setiap kedalaman (Gambar 23).



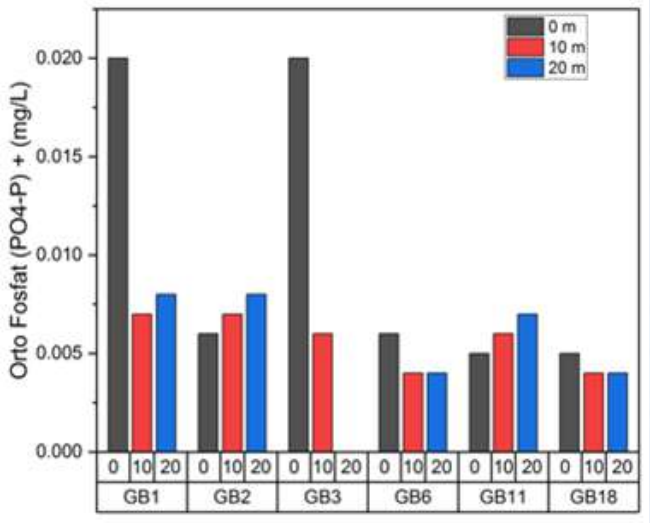
Gambar 23. Peta stasiun pengambilan sampel kualitas air di Gili Balu

Konsentrasi nitrat berdasarkan hasil analisis laboratorium memiliki besaran > 0.05 mg/l yang di mana konsentrasi tersebut masih relatif tinggi. Berdasarkan baku mutu PP RI No. 22 Tahun 2021 sebesar 0.06 mg/l. Konsentrasi nutrient secara keseluruhan menunjukkan angka melebihi baku mutu dengan kisaran 0.08 mg/l hingga 0.09 mg/l di semua kedalaman dan lokasi pengamatan. Kelebihan konsentrasi nitrat di perairan dapat menimbulkan terjadinya eutrofikasi (pengkayaan zat hara) yang menjadi penanda adalah blooming fitoplankton, sehingga berdampak kematian berbagai jenis biota laut sementara rendahnya konsentrasi nitrat mendorong pertumbuhan dan metabolisme biota laut seperti fitoplankton secara optimal sementara. Sumber utama nitrat secara alami melalui proses biologi seperti penguraian, pelapukan, dekomposisi tumbuhan dan sisa organisme mati. Selain itu, adanya sumbangan limbah dari daratan yang mengandung bahan organik.



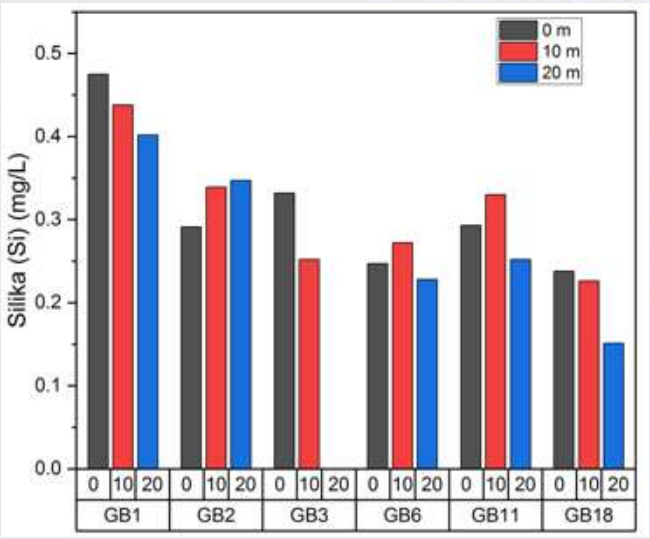
Gambar 24. Konsentrasi Nitrat di setiap stasiun Gili Balu

Konsentrasi ortofosfat di perairan Gili Balu menunjukkan konsentrasi yang rendah dengan nilai kurang dari 0.01 mg/l. Konsentrasi tersebut masih baik bagi kehidupan biota laut. Hal ini sejalan dengan ketetapan baku mutu oleh PP RI No. 22 Tahun 2021 sebesar 0.015 mg/l untuk biota laut. Keberadaan ortofosfat dalam perairan berasal dari fosfat terlarut yang terdiri atas fosfat organik dan anorganik (Rumhayati, 2010). Organisme akuatik dapat memanfaatkan ortofosfat dalam bentuk fosfat. Nilai tinggi untuk parameter ortofosfat berada di stasiun GB1 dan GB3 yang ditemukan di permukaan dengan nilai konsentrasi 0.02 mg/l.



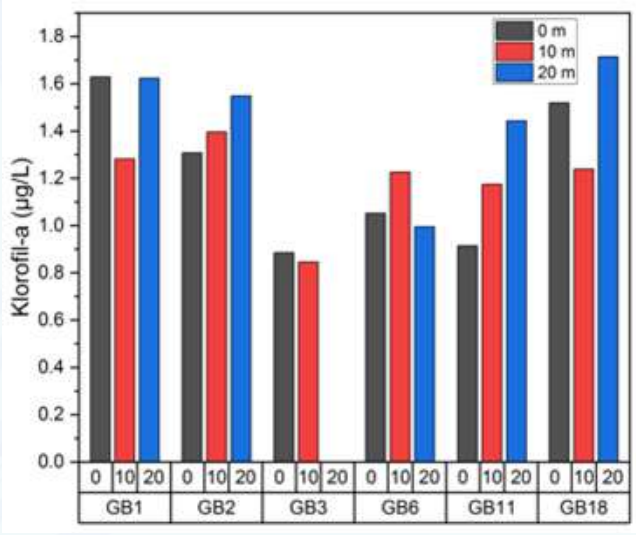
Gambar 25. Konsentrasi Ortofosfat di setiap stasiun Gili Balu

Unsur silikat (SiO2) memainkan peran penting dalam menunjang kesehatan ekosistem pesisir dan laut, khususnya dalam mendukung produktivitas primer di perairan. Konsentrasi silikat di perairan Gili Balu memiliki nilai lebih dari 0.15 mg/l dengan nilai tertinggi mencapai 0.45 mg/l. Sumber silikat dapat berasal dari sungai-sungai yang berada di sekitaran Gili Balu. Unsur silikat juga dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan karena semakin banyak silikat mengindikasikan adanya diatom yang tinggi pula pada perarain tersebut selain itu silikat menjadi faktor pembatas dan pengatur pertumbuhan fitoplankton di perairan pesisir dan laut termasuk estuary (Fehling et al, 2012; Wu dan Chou, 2003; Brzeinski et al, 1990; Turner et al, 1998; Fisher et al, 1992).



Gambar 26. Konsentrasi Silikat di setiap stasiun Gili Balu

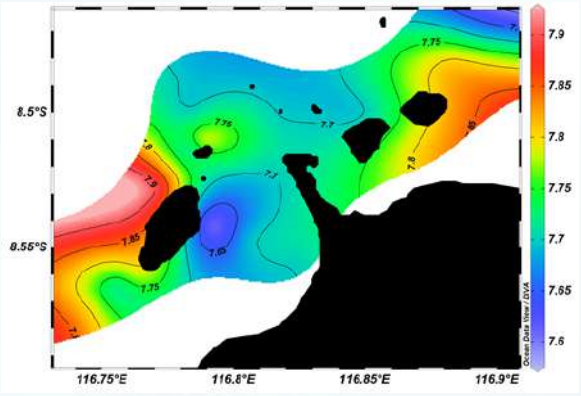
Klorofil-a, sebagai salah satu indikator kesuburan perairan, diperlukan dalam budidaya untuk menduga keberlanjutan trofik level minimal dari fitoplankton, zooplankton, hingga ikan kecil atau moluska. Konsentrasi klorofil-a di Gili menunjukkan nilai berkisar pada 0.8 –1.7 μg/l. Nilai yang terukur pada keenam stasiun cukup rendah. Keberadaan klorofil pada lingkungan perairan mempengaruhi proses fotosintesis. Hal ini berkaitan dengan ukuran banyaknya fitoplankton pada perairan tersebut dan dapat menunjukkan produktivitas perairan. Oleh karena itu, konsentrasi klorofil terukur menunjukkan tingginya aktivitas produksi primer di perairan Gili Balu.



Gambar 27. Konsentrasi Klorofil-a di setiap stasiun Gili Balu

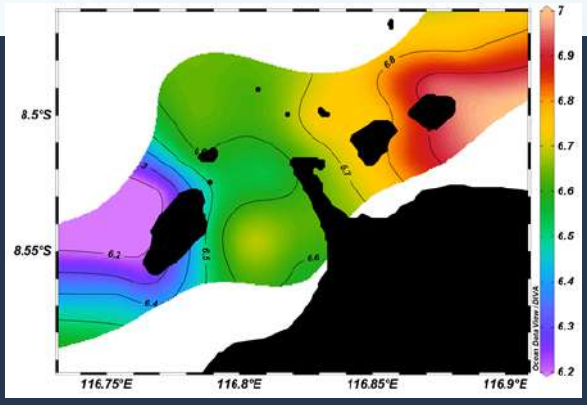
Secara spasial, terdapat variasi kualitas air di Gili Balu dari pH, DO dan kecerahan pada Januari 2022 (Gambar 28-30). Nilai pH di sebelah barat laut Gili Balu berkisar antara 7,7 hingga 7,9. Di sebelah tenggara Gili Balu nilai pH lebih tinggi dibandingkan di sebelah utara dengan nilai 7,65 – 7,85. Di sebelah timur laut, nilai pH lebih tinggi dari sisi tenggara Gili Balu dengan nilai 7,75 – 7,85. Nilai pH di sebelah barat daya Gili Balu memiliki nilai berkisar antara 7,75 – 7,85. Karakteristik DO secara spasial pada sisi barat laut dan tenggara Gili Balu berkisar antara 6,3 – 6,8 mg/l. Di sisi barat daya, nilai DO cenderung lebih rendah dengan nilai 6,2 – 6,4 mg/l. Nilai DO tertinggi terdapat pada sisi timur laut dengan nilai DO lebih dari 6,8 mg/l. Karakteristik kecerahan spasial di sisi barat laut Gili Balu berkisar antara 7,5 – 17,5 m. Pada sisi tenggara nilai kecerahan sedikit lebih rendah dibandingkan dengan sisi barat laut dengan nilai 7,5 – 15 m. Nilai kecerahan di bagian timur laut lebih rendah dibandingkan daerah lain dengan nilai kurang dari 7,5 m. Di sisi barat daya, nilai kecerahan lebih tinggi dibanding daerah lain yang berkisar antara 15 – 17,5 m.

pH @ No=first



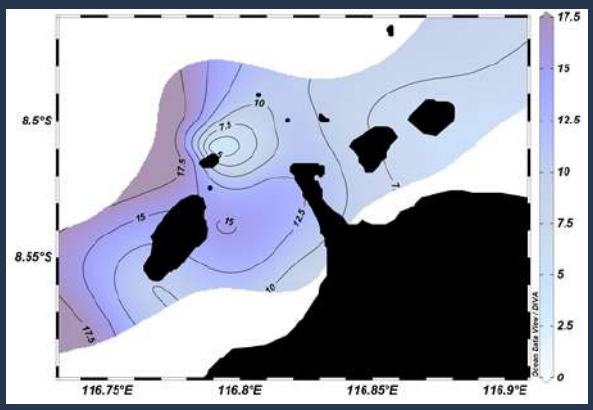
Gambar 28. Variasi spasial pH di perairan Gili Balu pada Januari 2022

Do [mg/L] @ No=first



Gambar 29. Variasi spasial Oksigen Terlarut (DO) di perairan Gili Balu pada Januari 2022

Kecerahan [m] @ No=first

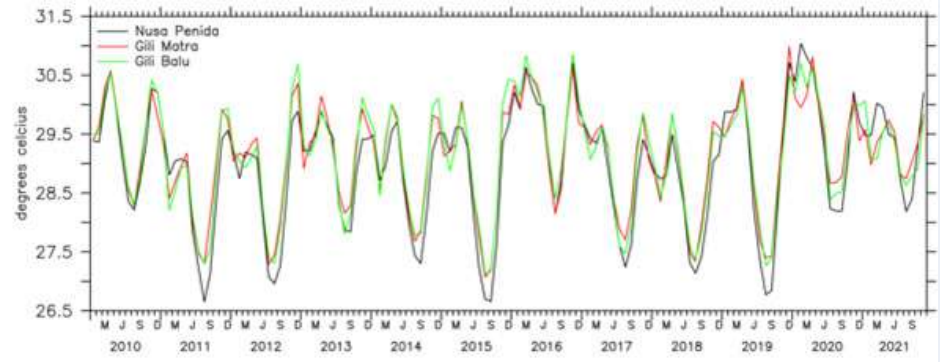


Gambar 30. Variasi spasial Kecerahan di perairan Gili Balu pada Januari 2022

3.2. Parameter Fisika Perairan di Nusa Penida

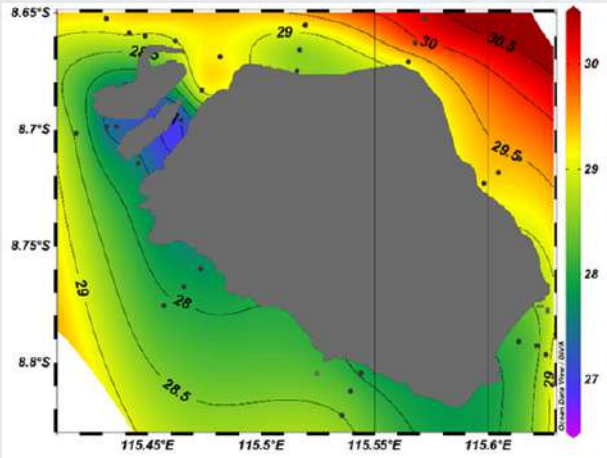
3.2.1. Suhu permukaan air laut

Berdasarkan data pada tahun 2010 – 2021 rata-rata suhu permukaan laut pada wilayah Nusa Penida ditunjukkan oleh plot warna hitam pada grafik yang terlihat berfluktuasi dari rentang 26.5°C - 30.5°C dengan pola musiman pada Gambar 31. Pada musim barat (DJF) suhu permukaan laut berada pada nilai tertinggi kemudian suhu menurun dan naik kembali pada bulan Maret karena intensitas matahari yang tinggi. Kemudian suhu kembali menurun hingga pada musim timur (JJA) suhu berada pada nilai terendah dan naik lagi sampai mencapai nilai tertinggi pada bulan Desember. Pada musim barat nilai tertinggi suhu permukaan juga berubah-ubah di setiap tahunnya dari rentang 29.5°C - 31°C karena pengaruh fenomena antar tahunan. Hal serupa juga terjadi pada nilai terendah saat musim timur yang berubah-ubah dengan nilai berkisar 26.5°C - 28°C.



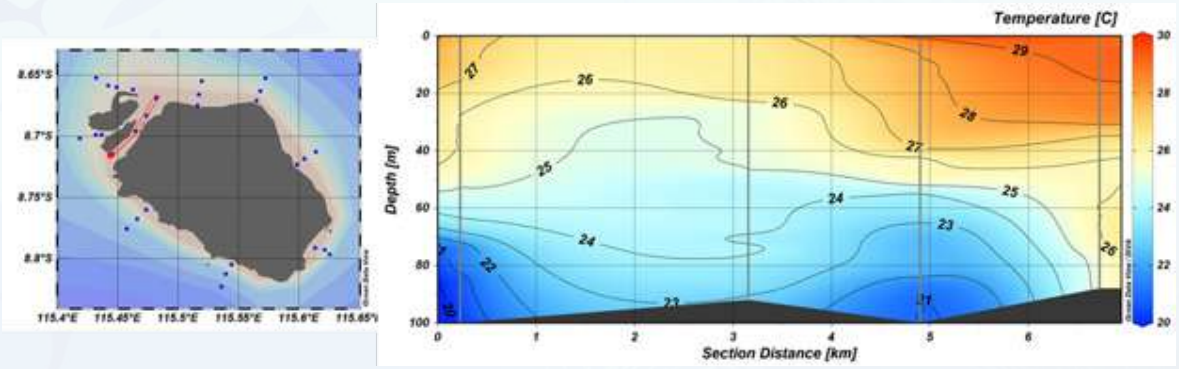
Gambar 31. Plot Deret Waktu Suhu Permukaan Laut selama 2010-2022

Sedangkan berdasarkan pengukuran secara langsung dengan menggunakan CTD yang dilakukan pada Januari 2022, suhu permukaan air laut di Perairan Nusa Penida berkisar antara 27°C hingga 30.5°C (Gambar 32). Secara umum memiliki karakter suhu di perairan Nusa Penida bervariasi, khususnya pada sisi utara dan selatan, serta di selat antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan. Pada sisi utara and timur laut Nusa Penida, distribusi suhu permukaan cenderung lebih hangat dibandingkan dengan sisi lainnya dengan nilai suhu berkisar antara 29°C – 29.5°C di sekitar pesisir dan 29.5°C – 30.5°C. Pada sisi selatan Nusa Penida, distribusi nilai suhu cenderung lebih rendah dengan nilai yang berkisar antara 28°C – 28.5°C dan kisaran suhu serupa ditemukan pada sisi tenggara Nusa Penida. Kisaran suhu terendah hasil pengukuran suhu di permukaan ditemukan di area selat (antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan) dengan nilai suhu rata-rata kurang dari 28°C.

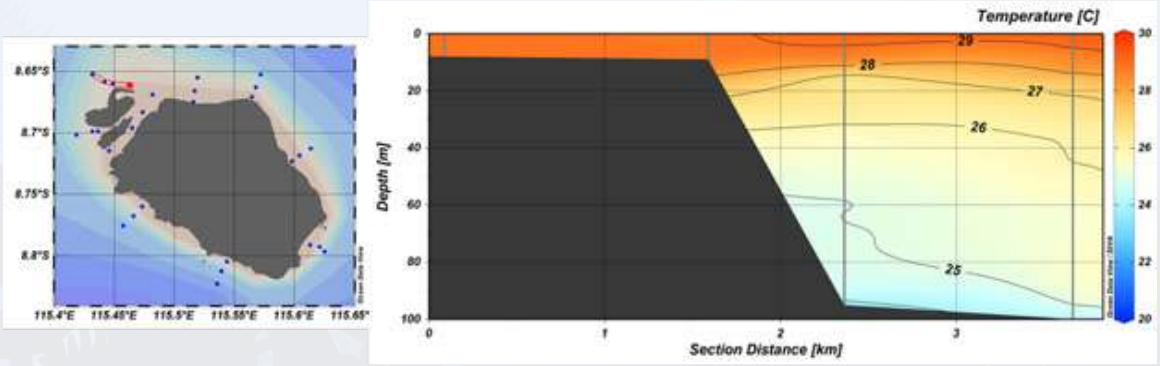


Gambar 32. Pola spasial suhu permukaan di Perairan Nusa Penida

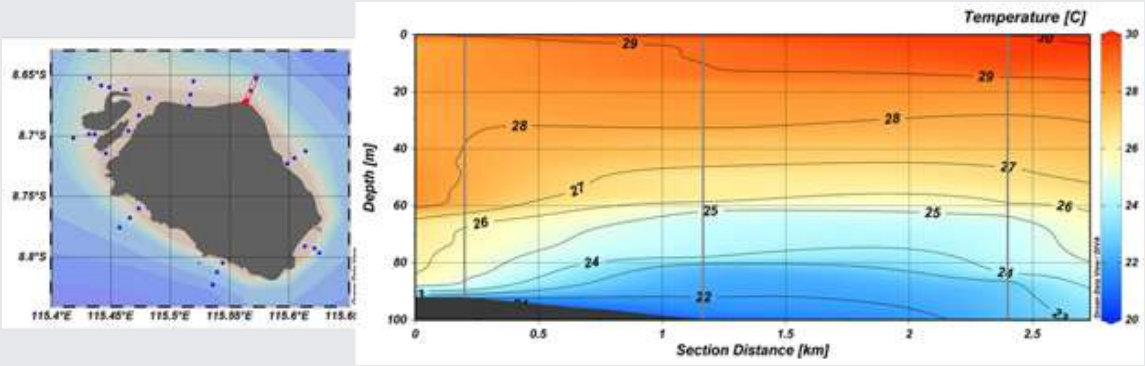
Profil melintang suhu di Nusa Penida ditunjukan pada Gambar 33 – 37 mewakili arah mata angin dan celah yang terbentuk di Nusa Penida dan Nusa Ceningan. Kotak merah merupakan transek, titik merah menunjukkan awal transek, titik biru adalah stasiun pada transek tersebut. Profil melintang suhu di celah antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan pada lapisan permukaan berkisar 27°C – 29°C dan suhu di kedalaman 20 m berkisar 26°C – 28°C. Nilai suhu di kedalaman 40 m adalah 25°C - 27°C. Nilai suhu pada kedalaman 60 m adalah 24°C - 25°C. Nilai suhu di kedalaman 80 m berkisar di 21°C - 23°C. Kedalaman 100 memiliki suhu berkisar 20°C – 23°C (Gambar 33). Profil melintang suhu sisi Barat Nusa Penida di permukaan adalah 28°C dan suhu di kedalaman 20 m sekitar 27°C. Nilai suhu di kedalaman 40 m sekitar 26°C dan suhu di kedalaman 60 m berkisar 25°C - 26°C. Nilai suhu di kedalaman 80 m adalah 25°C dan suhu di kedalaman 100 m mencapai 24°C (Gambar 34). Profil melintang suhu sisi Utara Nusa Penida di permukaan adalah 29°C – 30°C dan suhu di kedalaman 20 m sekitar 29°C. Nilai suhu di kedalaman 40 m adalah 28°C dan suhu di kedalaman 60 m sekitar 27°C. Nilai suhu di kedalaman 80 m adalah 24°C - 26°C dan suhu di kedalaman 100 m berkisar 22°C - 23°C (Gambar 26). Profil melintang suhu sisi Timur Nusa Penida di permukaan adalah 28°C – 29°C. Nilai suhu di kedalaman 20 m adalah 29°C. Nilai suhu di kedalaman 40 m adalah 27°C - 28°C. Nilai suhu di kedalaman 60 m sekitar 20°C (Gambar 36). Profil melintang suhu sisi Selatan Nusa Penida pada lapisan permukaan berkisar 28°C dan di kedalaman 20 m nilai suhu berkisar 26°C – 27.5°C. Nilai suhu di kedalaman 40 m adalah 25°C - 27°C, nilai suhu di kedalaman 60 m sekitar 27°C dan nilai suhu di kedalaman 80 m sekitar 24°C (Gambar 37). Terdapat perbedaan karakteristik profil melintang suhu antara utara dan selatan, di mana pada sisi utara cenderung lebih hangat dibandingkan di sisi selatan



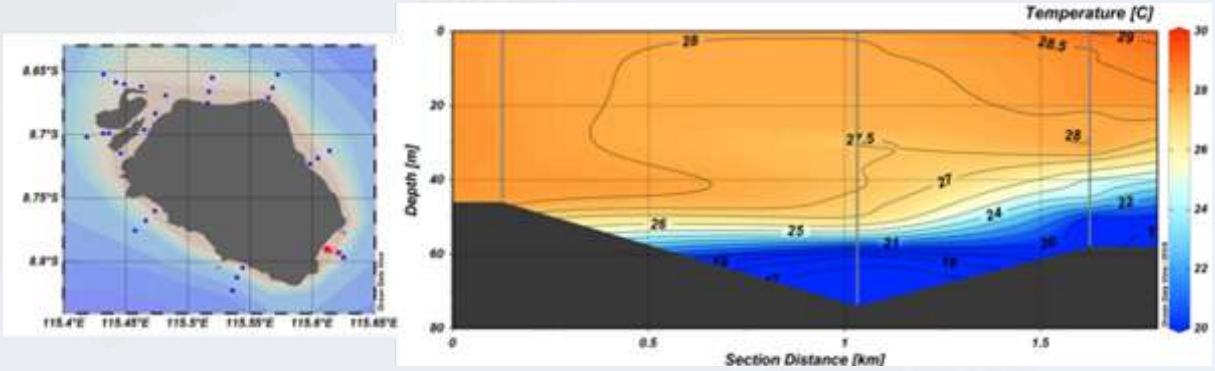
Gambar 33. Profil melintang suhu di antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan



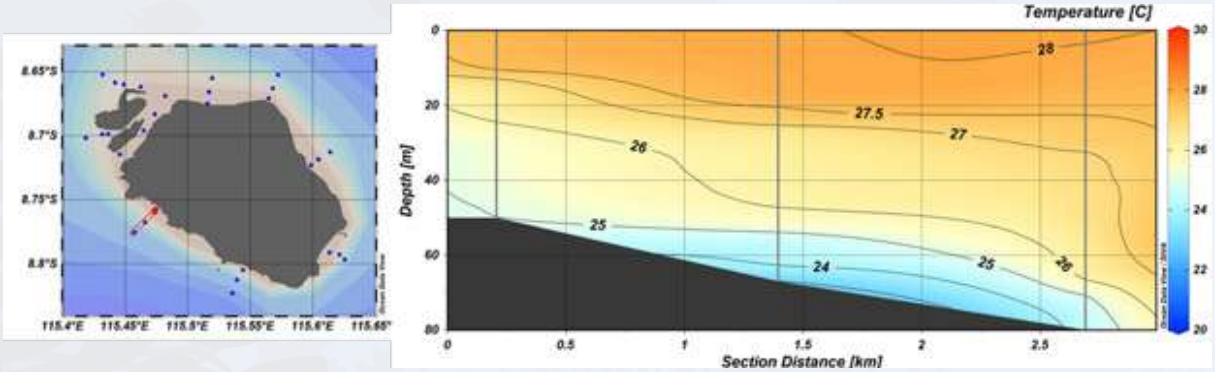
Gambar 34. Profil melintang suhu pada sisi barat Nusa Penida



Gambar 35. Profil melintang suhu pada sisi utara Nusa Penida



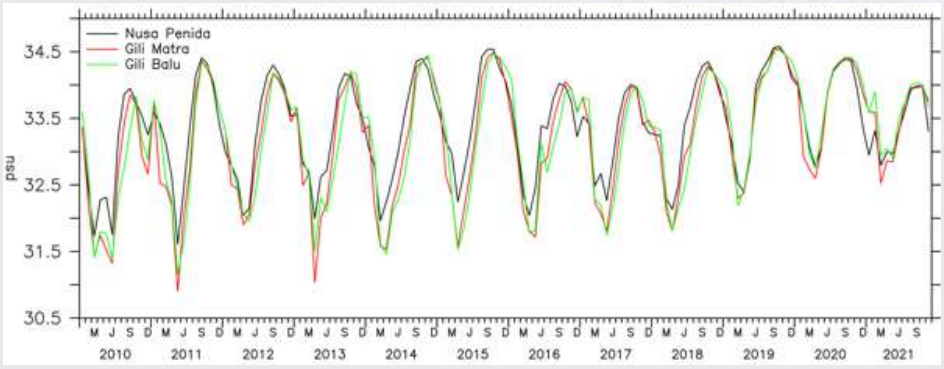
Gambar 36. Profil melintang suhu pada sisi timur Nusa Penida



Gambar 37. Profil melintang suhu pada sisi selatan Nusa Penida

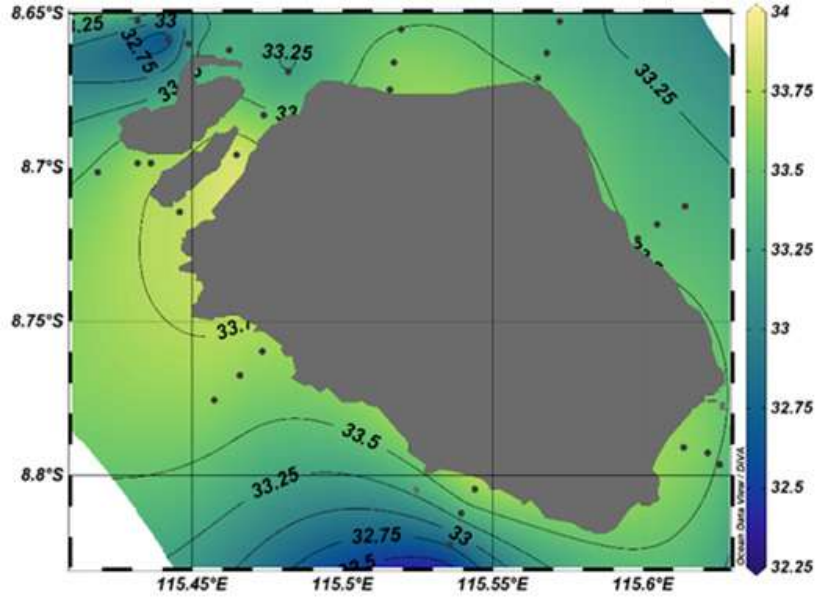
3.2.2. Salinitas permukaan laut

Parameter salinitas dari tahun 2010-2021 di Nusa Penida ditunjukkan oleh garis warna hitam yang terlihat berpola naik turun pada Gambar 38. Umumnya salinitas di Nusa Penida tinggi pada bulan September dan Oktober, sedangkan terendah terjadi pada bulan Maret dan April. Dari grafik terlihat salinitas cenderung stabil antar tahunnya dan tidak terlihat perubahan yang cukup signifikan. Salinitas di Nusa Penida berkisar antara 32 psu – 34.5 psu. Pola yang sedikit berbeda terjadi pada tahun 2016-2017 dengan salinitas maksimum hanya mencapai 34 psu, tetapi salinitas minimum masih seperti tahun lainnya. Salinitas minimum yang cukup berbeda dari tahun lainnya terjadi pada tahun 2020-2021 yang terjadi kenaikan salinitas minimum mencapai 32.7 psu.



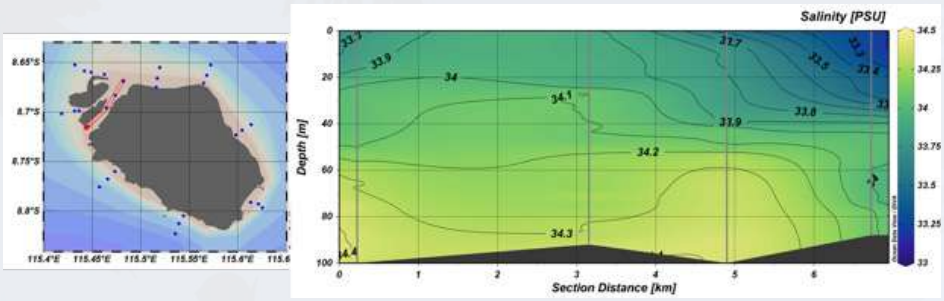
Gambar 38. Plot Deret Waktu Salinitas Permukaan Laut selama 2010-2021

Salinitas permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Nusa Penida memiliki nilai yang berkisar antara 32.75 PSU hingga 33.5 PSU (Gambar 39). Secara umum memiliki karakter salinitas memiliki sedikit variasi, khususnya pada sisi utara dan selatan, serta di selat antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan. Pada sisi utara Nusa Penida, distribusi salinitas permukaan memiliki nilai rata-rata 33.25 PSU dan sedikit meningkat di area pesisir hingga mendekati 33.5 PSU. Pada sisi selatan Nusa Penida, distribusi nilai salinitas cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan sisi utara dengan nilai yang berkisar antara 33.5 PSU. Kisaran salinitas tertinggi hasil pengukuran di permukaan ditemukan di area selat (antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan) dengan nilai salinitas rata-rata lebih dari 33.5 PSU.

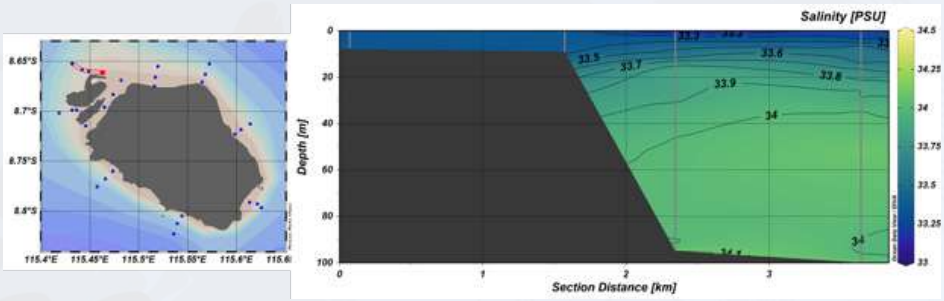


Gambar 39. Pola spasial salinitas permukaan di Nusa Penida

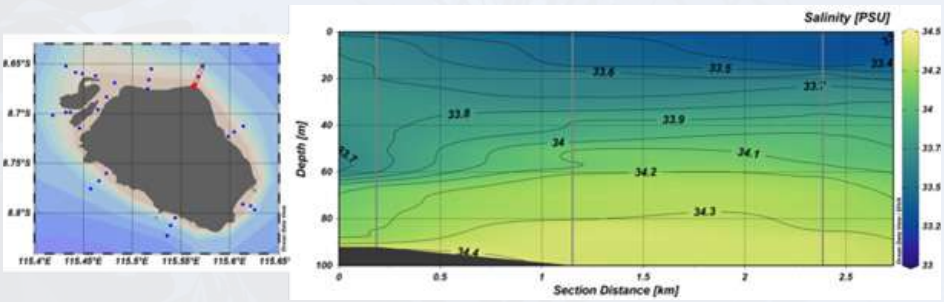
Profil melintang salinitas di Nusa Penida ditunjukan pada Gambar 40 – 44 mewakili arah mata angin dan celah yang terbentuk di Nusa Penida dan Nusa Ceningan. Kotak merah merupakan transek, titik merah menunjukkan awal transek, titik biru adalah stasiun pada transek tersebut. Profil melintang salinitas di celah antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan di permukaan adalah 33.3 psu. Nilai salinitas di kedalaman 20 m adalah 33.4 psu – 33.9 psu, di kedalaman 40 m adalah 33.5 psu – 34.1 psu, kedalaman 60 m adalah 34 psu – 34.2 psu, kedalaman 80 m berkisar di 34 psu – 34.4 psu dan kedalaman 100 memiliki salinitas berkisar 34 psu – 34.4 psu (Gambar 40). Profil melintang salinitas sisi Barat Nusa Penida di permukaan adalah 33 psu dan di kedalaman 20 m berkisar 33.5 psu – 33.6 psu, kedalaman 40 m adalah 34 psu, kedalaman 60 m adalah 34 psu, kedalaman 80 m adalah 25°C dan kedalaman 100 m adalah 34 psu (Gambar 41). Profil melintang salinitas sisi Utara Nusa Penida permukaan adalah 33 psu dan di kedalaman 20 m berkisar 33.6 psu – 33.7 psu. Nilai salinitas di kedalaman 40 m adalah 33.8 psu – 33.9 psu. Nilai salinitas di kedalaman 60 m adalah 33.7 psu – 34.2 psu. Nilai salinitas di kedalaman 80 m adalah 34.2 psu – 34.3 psu. Nilai salinitas di kedalaman 100 m adalah 34.4 psu (Gambar 42). Profil melintang salinitas sisi Timur Nusa Penida permukaan adalah 33.5 psu dan di kedalaman 20 m sekitar 33.6 psu. Nilai salinitas di kedalaman 40 m adalah 33.6 psu – 33.8 psu dan salinitas di kedalaman 60 m berkisar 34.1 psu – 34.3 psu (Gambar 43). Profil melintang salinitas sisi Selatan Nusa Penida permukaan adalah 33.75 psu, nilai salinitas di kedalaman 20 m berkisar 33.7 psu – 33.9 psu dan nilai salinitas di kedalaman 40 m berkisar 33.8 psu – 34 psu. Nilai salinitas di kedalaman 60 m adalah 33.8 psu – 34.1 psu dan salinitas di kedalaman 80 m adalah 34.2 psu (Gambar 44).



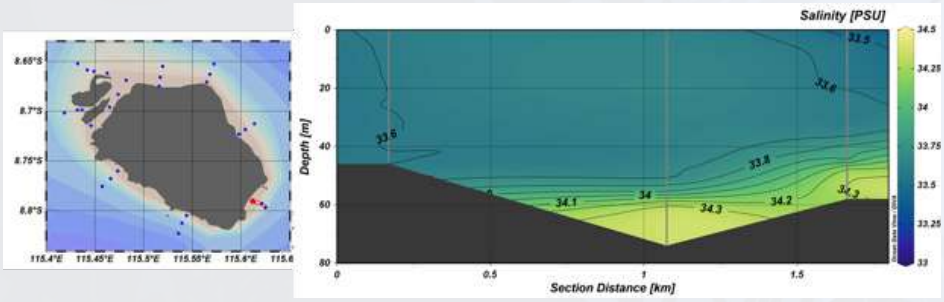
Gambar 40. Profil melintang salinitas di antara Nusa Penida dan Nusa Ceningan



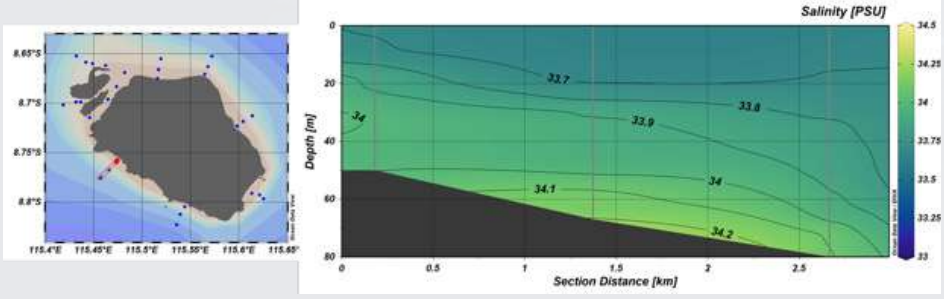
Gambar 41. Profil melintang salinitas pada sisi barat Nusa Penida



Gambar 42. Profil melintang salinitas pada sisi utara Nusa Penida



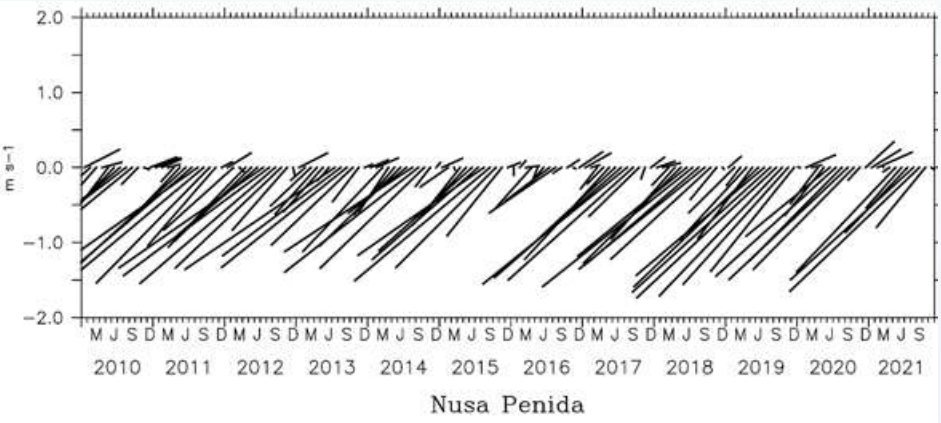
Gambar 43. Profil melintang salinitas pada sisi timur Nusa Penida



Gambar 44. Profil melintang salinitas pada sisi selatan Nusa Penida

3.2.3. Arus permukaan

Plot bulanan kecepatan dan arah arus digambarkan dalam stick plot di wilayah Nusa Penida dari Januari 2010 hingga Desember 2021 (Gambar 45) yang menunjukkan kecepatan arus berkisar antara 0.02 m/s – 2.87 m/s (keseluruhan). Kecepatan arus cenderung menguat pada musim timur dominan menuju barat daya dengan kecepatan berkisar 2.87 m/s Pada musim barat kecepatan arus dominan menuju timur laut dengan kecepatan berkisar 0.5 m/s. Pola arus pada musim peralihan I memiliki kemiripan dengan musim timur dengan kecepatan berkisar 1 m/s. Pola arus pada musim peralihan II memiliki kemiripan dengan musim timur dengan kecepatan berkisar 1 m/s. Dominansi arus ke arah Selatan di Nusa Penida yang diduga karena daerah kajian merupakan jalur keluar ARLINDO sehingga pengaruh yang mengarah ke Samudera Hindia hampir sepanjang tahun yang menguat pada musim timur dan melemah pada musim barat.

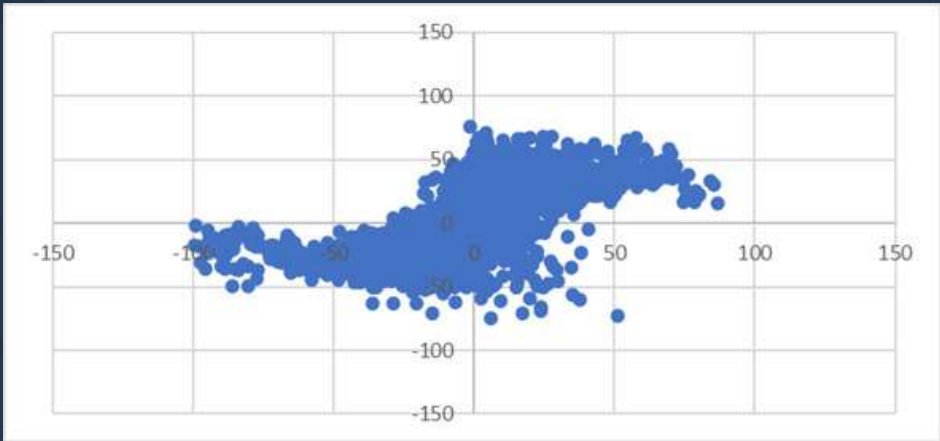


Gambar 45. Stick Plot Garis Arus Permukaan Nusa Penida

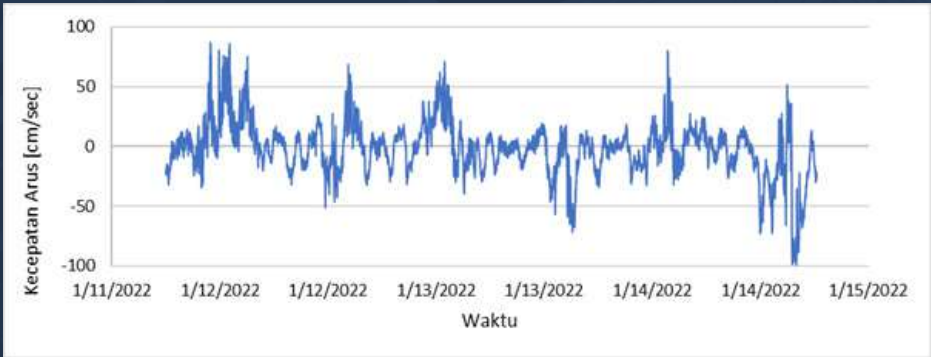
Hasil pengukuran arus di Nusa Penida ditampilkan dalam diagram pencar, plot seri waktu komponen u dan v, serta resultan arus. Gambar 46 menunjukkan diagram pencar arus di Nusa Penida di mana arus dominan berada di kuadran 1 dan kuadran 3. Diagram pencar menunjukkan komponen arus yang memiliki resultan positif jadi ketika nilai u positif dan nilai v pun positif dan ketika nilai u negatif maka nilai v juga negatif.

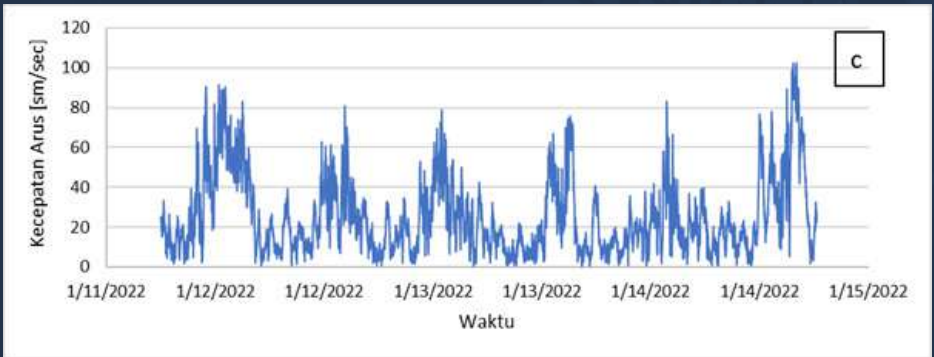
Gambar 47 a) dan b) menunjukkan kecepatan arus komponen zonal (u) dan meridional (v) pada saat pengukuran. Nilai komponen kecepatan arus u berkisar 86.68 cm/sec - -99.78 cm/sec, nilai komponen kecepatan arus u negatif menunjukkan arah komponen ke kiri sedangkan jika nilai positif menunjukkan arah komponen ke kanan. Nilai komponen kecepatan arus v berkisar 76.22 cm/sec - -75.16 cm/sec, nilai komponen kecepatan arus v negatif menunjukkan arah komponen ke bawah sedangkan jika nilai positif menunjukkan arah komponen ke atas. Gambar 47 menunjukkan bahwa komponen u dan komponen v memiliki pola yang sama jadi ketika nilai u positif nilai v juga positif, begitu pula ketika nilai u negatif nilai v juga negatif. Resultan arah kecepatan arus dominan ke arah Timur Laut dan Barat Daya selama periode pengukuran.

Gambar 47 c) menunjukkan kecepatan arus di perairan Nusa Penida secara seri waktu. Nilai kecepatan arus berkisar 0 cm/sec – 102.25 cm/sec dengan kecepatan rata-rata 25.29 cm/sec. Arus di Nusa Penida cenderung kencang dikarenakan terletak di Selat sehingga arus akan lebih kencang dibandingkan wilayah terbuka.



Gambar 46. Diagram Pencar Arus Nusa Penida





Gambar 47. Grafik Kecepatan Arus a) Komponen Zonal, b) Komponen Meridional, c) Resultan

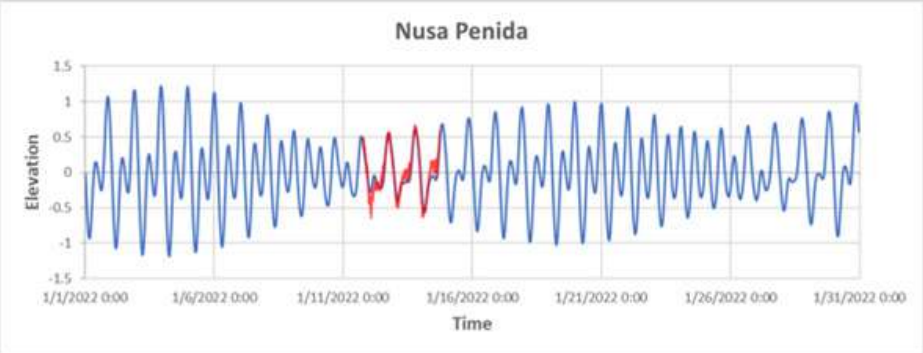
3.2.4. Pasang surut

Berdasarkan perhitungan didapatkan konstanta harmonik pasang surut di Nusa Penida seperti pada (Tabel 6). Dari konstanta harmonik tersebut didapatkan tipe pasang surut di Nusa Penida memiliki bilangan formzahl sebesar 0.6042. Hal ini berarti pasang surut di Nusa Penida memiliki tipe pasang surut campuran cenderung ganda. Hal itu berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda.

Tabel 6. Konstanta harmonik pasang surut di Nusa Penida

	M2	*S2*	*K1*	*K1*
A (cm)	*47.47*	*27.27*	*17.91*	*17.91*
Fase °	*59.92*	*102.64*	*163.64*	*163.64*

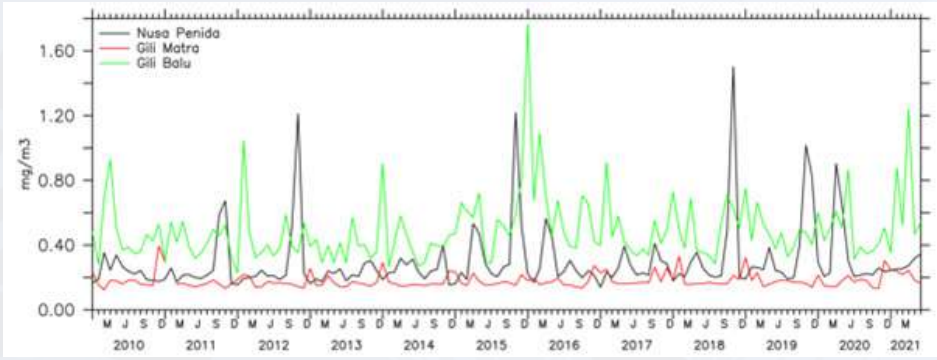
Kondisi penting muka air laut dibagi menjadi empat bagian yaitu pada kondisi rata-rata tinggi muka air tertinggi (Mean Higher High Water / MHHW), rata-rata tinggi muka air terendah (Mean Lower Low Water / MLLW), rata-rata muka air yang lebih tinggi dari dua air rendah harian (Mean Higher Low Water / MHLW), rata-rata muka air yang lebih rendah dari dua air tinggi harian (Mean Lower High Water / MLHW). Hasil perhitungan elevasi muka air didapatkan nilai rata-rata tinggi muka air tertinggi (MHHW) mencapai 92.63 cm, rata-rata terendah saat pasang (MLHW) sekitar 2.31 cm, nilai rata-rata tertinggi saat surut (MHLW) mencapai -2.31 cm, tinggi rata-rata muka air terendah (MLLW) sekitar -92.63 cm.



Gambar 48. Tinggi pasang surut di Nusa Penida

3.2.5. Klorofil

Konsentrasi klorofil di wilayah Nusa Penida dari tahun 2010 – 2021 ditunjukkan oleh plot warna hitam yang terlihat berfluktuasi disekitar 0.20 mg/m3 – 1.40 mg/m3 pada Gambar 49. Pada Musim Barat konsentrasi klorofil di Nusa Penida bernilai rendah berkisar 0.20 mg/m3. Kemudian pada saat Musim Peralihan I mengalami peningkatan berkisar 0.30-0.40 mg/m3. Pada Musim Timur konsentrasi klorofil mengalami penurunan kembali berkisar 0.20 mg/m3. Pada Musim Peralihan II konsentrasi klorofil meningkat pesat dan mencapai nilai tertinggi berkisar 0.70 mg/m3 - 1.40 mg/m3.

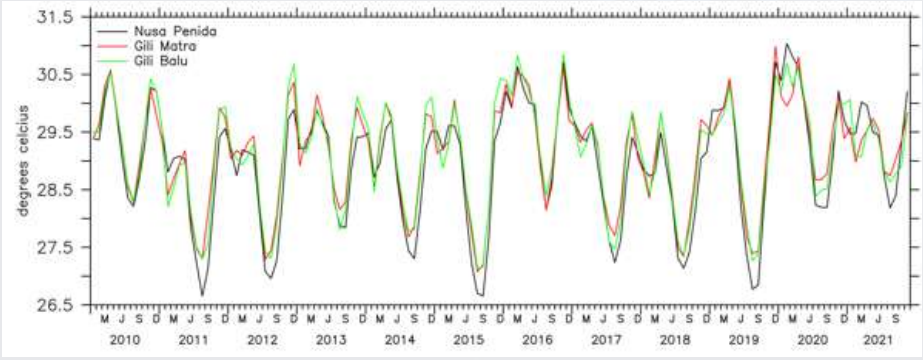


Gambar 49. Plot Deret Waktu klorofil selama 2010-2021

3.3. Parameter Fisika Perairan Gili Matra

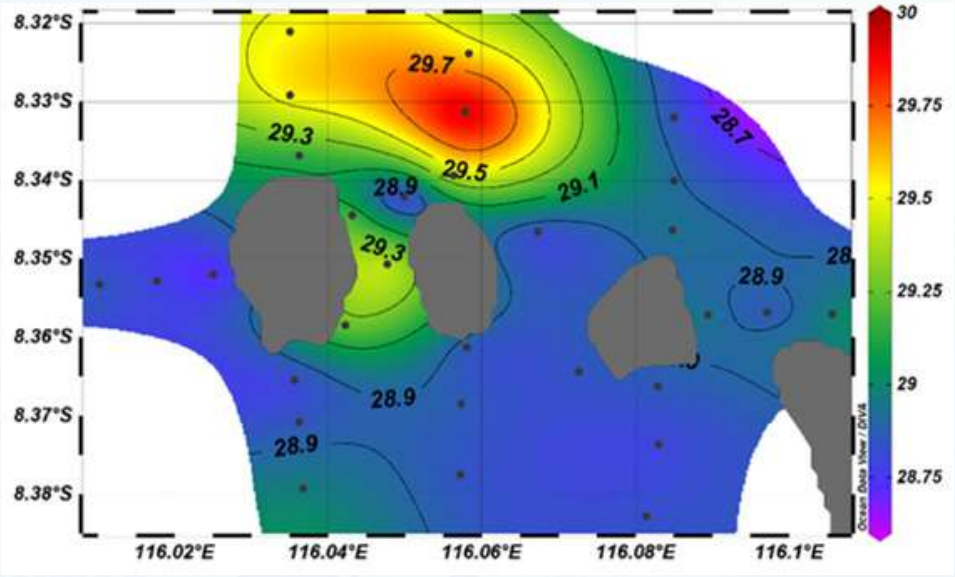
3.3.1. Suhu permukaan air laut

Pada wilayah Gili Matra suhu permukaan laut (garis warna merah) berfluktuasi secara musiman dengan rentang suhu berkisar 27°C - 30.5°C pada Gambar 50. Pada musim barat suhu permukaan laut berada pada fase suhu tertinggi kemudian menurun dan naik kembali mencapai suhu tertinggi pada bulan Maret lalu kembali menurun hingga suhu terendah pada musim timur dan kembali naik hingga mencapai puncak pada musim barat. Puncak tertinggi suhu permukaan di Gili Matra juga bervariasi antar tahunnya dengan kisaran 29.8°C - 31°C. Hal serupa juga terjadi pada nilai terendah yang bervariasi antar tahunnya dengan nilai kisaran 27°C - 28.5°C.



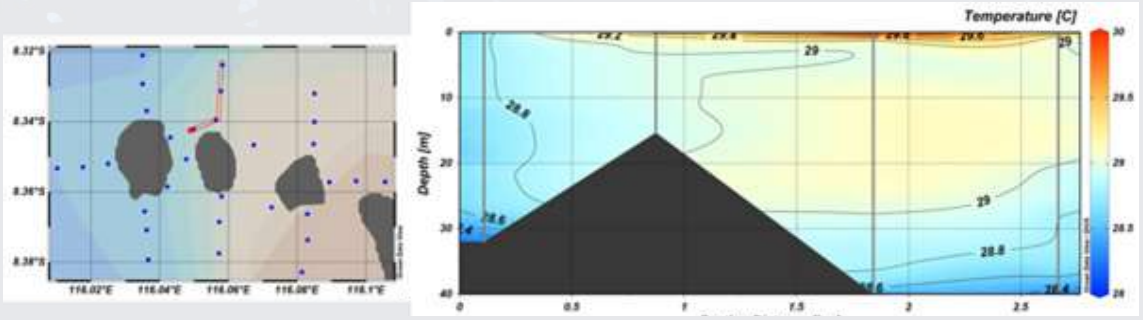
Gambar 50. Plot Deret Waktu Suhu Permukaan Laut selama 2010-2021

Suhu permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Matra memiliki nilai yang berkisar antara 28.7°C hingga 29.7°C dan memiliki rentang suhu yang lebih sempit (Gambar 51) dibandingkan dengan Perairan Nusa Penida. Secara umum karakter suhu di Gili Matra memiliki variasi di beberapa lokasi, khususnya pada sisi utara dan selatan. Pada sisi utara Gili Matra bagian barat, distribusi suhu permukaan cenderung lebih hangat dibandingkan dengan sisi selatan dan timur (mendekati daratan utama) dengan nilai berkisar antara 29.3°C – 29.7°C. Pada sisi selatan Gili Matra, distribusi nilai suhu cenderung seragam dengan nilai 28.9°C. Pada sisi timur Gili Matra kisaran suhu di permukaan berkisar antara 28.7°C – 28.9°C. Ditemukan spot suhu yang lebih hangat diantara Gili Meno dan Gili Trawangan dengan nilai 29.3°C.

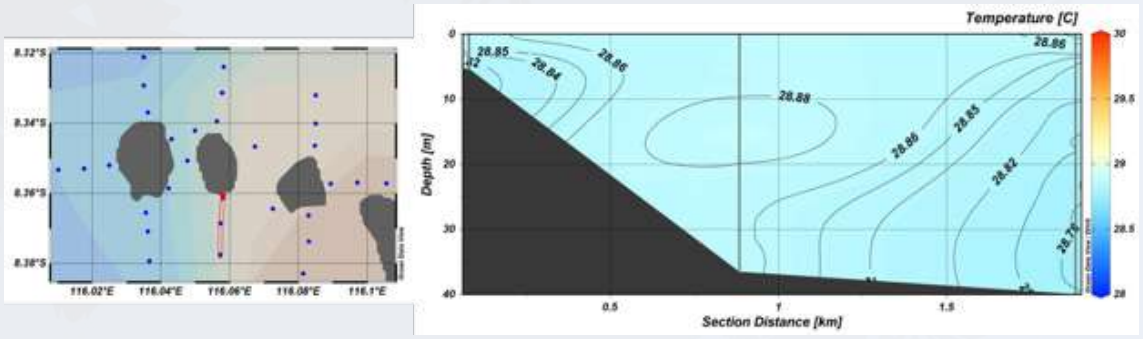


Gambar 51. Pola spasial suhu permukaan di Perairan Gili Matra

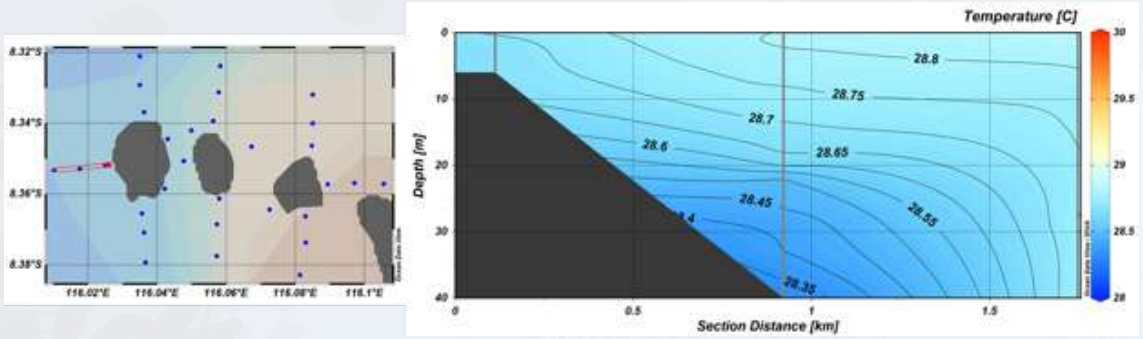
Profil melintang suhu di Gili Matra ditunjukan pada Gambar 52 – 55 mewakili arah mata angin. Kotak merah merupakan transek, titik merah menunjukkan awal transek, titik biru adalah stasiun pada transek tersebut. Gambar 52 menunjukkan profil melintang suhu di sisi Utara Gili Matra. Nilai suhu di permukaan adalah 29°C - 30°C. Nilai suhu di kedalaman 20 m adalah 28°C - 29°C. Nilai suhu di kedalaman 40 m adalah 28.4°C – 28.6°C. Gambar 53 merupakan profil melintang suhu sisi Selatan Gili Matra. Nilai suhu di Selatan cenderung homogen bernilai 28.6°C. Gambar 54 merupakan profil melintang suhu sisi Barat Gili Matra. Nilai suhu di Barat cenderung homogen bernilai 28.35°C – 28.8°C. Gambar 55 merupakan profil melintang suhu sisi Timur Gili Matra. Nilai suhu di sisi Timur cenderung homogen bernilai 28.85°C – 28.9°C.



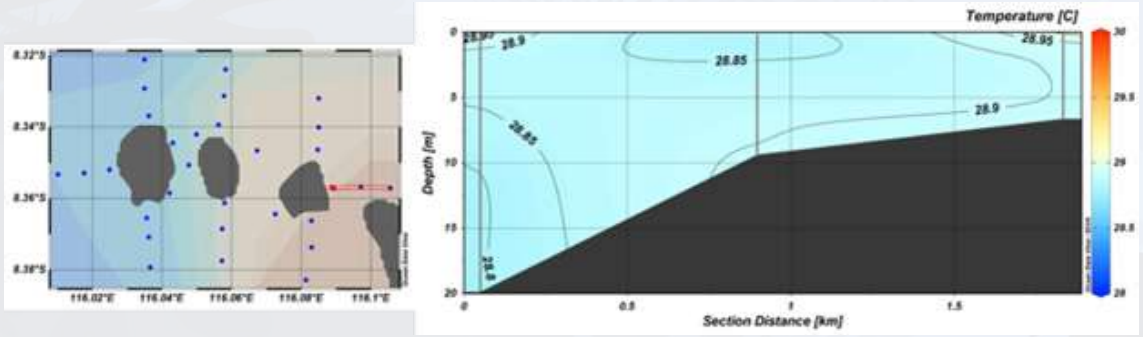
Gambar 52. Profil melintang suhu pada sisi utara Gili Matra



Gambar 53. Profil melintang suhu pada sisi selatan Gili Matra



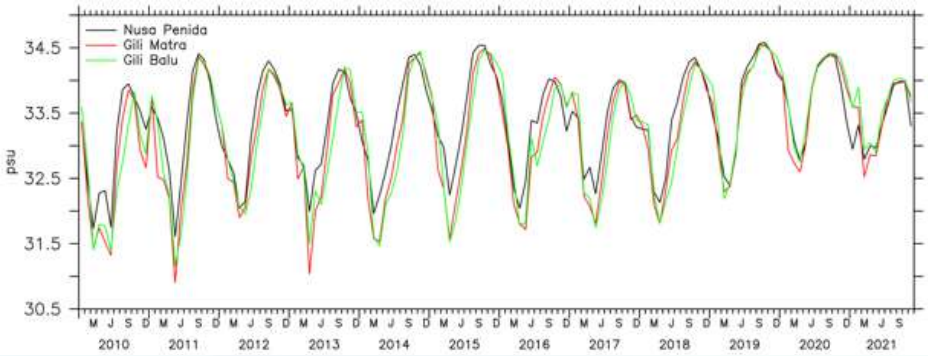
Gambar 54. Profil melintang suhu pada sisi barat Gili Matra



Gambar 55. Profil melintang suhu pada sisi timur Gili Matra

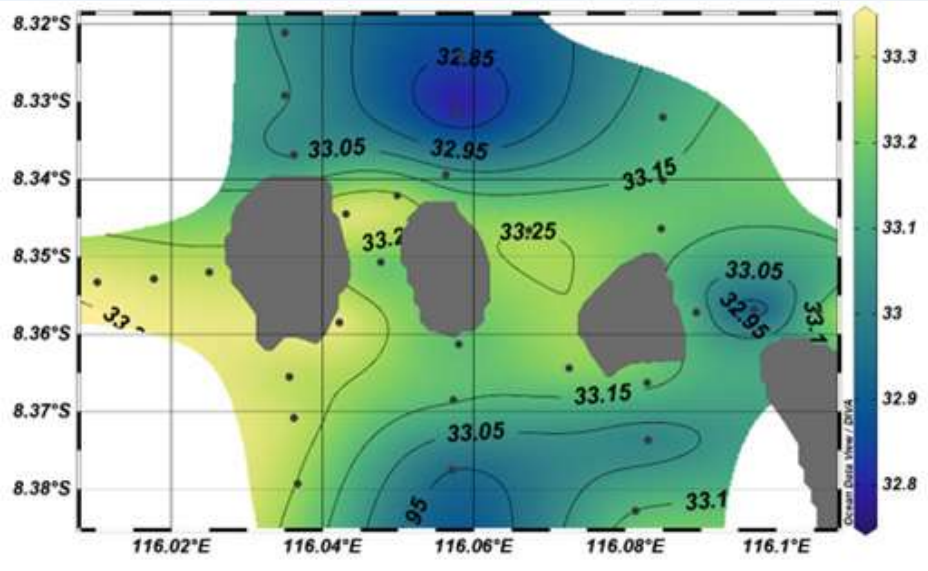
3.3.2. Salinitas permukaan

Pada wilayah Gili Matra perubahan salinitas ditunjukkan oleh garis warna merah dengan pola yang tidak begitu berbeda dengan pola salinitas di Nusa Penida pada Gambar 56. Umumnya salinitas tertinggi di Gili Matra terjadi pada Musim Peralihan II sekitar bulan September dan Oktober, sedangkan puncak salinitas rendah umumnya terjadi pada Musim Peralihan I sekitar bulan Maret dan April. Dari grafik terlihat pola salinitas yang mirip antar tahunnya berkisar dari 31 psu – 34.5 psu. Rentang nilai tersebut berubah-ubah tiap tahunnya dengan salinitas terendah berkisar 32 psu, akan tetapi salinitas di bawah itu pernah terjadi pada tahun 2011 dan 2013 yang mencapai 31 psu dan salinitas di atas tersebut juga pernah terjadi pada tahun 2020 dan 2021 yang mencapai 32.5 psu. Kemudian salinitas tertinggi tiap tahunnya juga berubah-ubah namun cenderung stabil berkisar 34.5 psu, akan tetapi puncak salinitas di bawah tersebut pernah terjadi pada tahun 2010, 2016, 2017 dan 2021 yang hanya mencapai salinitas 34 psu



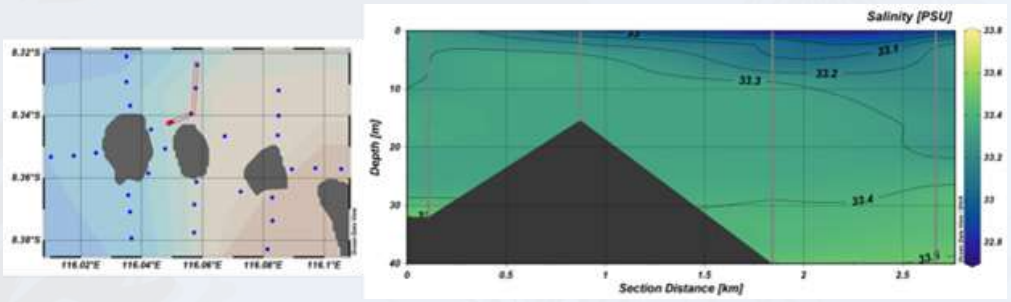
Gambar 56. Plot Deret Waktu Salinitas Permukaan Laut selama 2010-2021

Salinitas permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Matra memiliki nilai yang berkisar antara 33.85 PSU hingga 33.25 PSU Gambar 57. Secara umum karakter salinitas di Gili Matra memiliki variasi di beberapa lokasi, khususnya pada sisi utara dan selatan. Pada sisi utara Gili Matra, distribusi salinitas permukaan 33.85 PSU – 33.15 PSU, dengan titik salinitas rendah ditemukan di sisi utara Gili Meno. Pada sisi selatan Gili Matra, distribusi nilai salinitas berkisar antara 32.95 PSU – 33.15 PSU, kisaran salinitas yang sama juga ditemukan pada sisi timur Gili Matra.

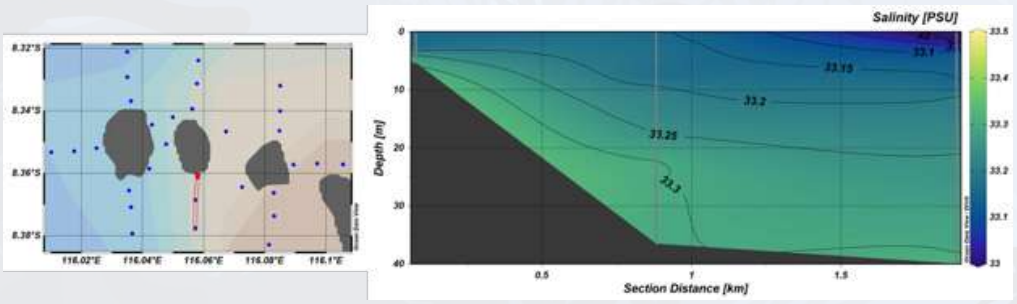


Gambar 57. Pola spasial salinitas permukaan di Perairan Gili Matra

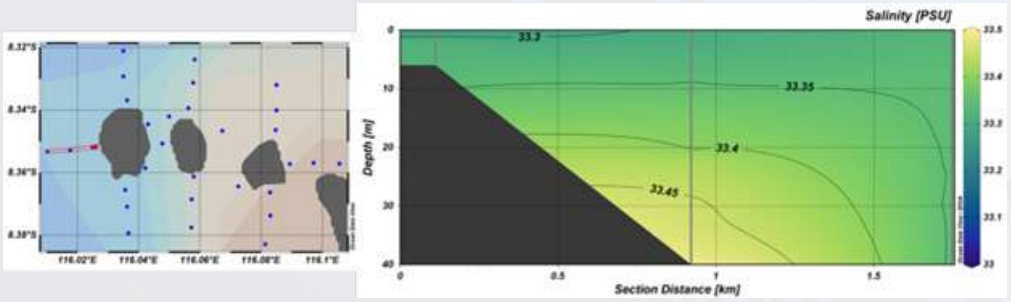
Profil melintang salinitas di Gili Matra ditunjukan pada Gambar 58 – 61 mewakili arah mata angin. Kotak merah merupakan transek, titik merah menunjukkan awal transek, titik biru adalah stasiun pada transek tersebut. Gambar 58 menunjukkan profil melintang salinitas di sisi Utara Gili Matra. Nilai salinitas di permukaan adalah 33 psu. Nilai salinitas di kedalaman 20 m adalah 33.3 psu – 33.4 psu. Nilai salinitas di kedalaman 40 m adalah 33.5 psu. Gambar 59 merupakan profil melintang salinitas sisi Selatan Gili Matra. Nilai salinitas di permukaan adalah 33 psu. Nilai salinitas di kedalaman 20 m adalah 33.25 psu – 33.3 psu. Nilai salinitas di kedalaman 40 m adalah 33.3 psu. Gambar 60 merupakan profil melintang salinitas sisi Barat Gili Matra. Nilai salinitas di permukaan adalah 33.3 psu. Nilai salinitas di kedalaman 20 m adalah 33.35 psu – 33.4 psu. Nilai salinitas di kedalaman 40 m adalah 33.35 psu – 33.5 psu psu. Gambar 61 merupakan profil melintang salinitas sisi Timur Gili Matra. Nilai salinitas di permukaan adalah 32.9 psu. Nilai salinitas di kedalaman 10 m adalah 33.2 psu – 33.25 psu. Nilai salinitas di kedalaman 20 m adalah 33.2 psu.



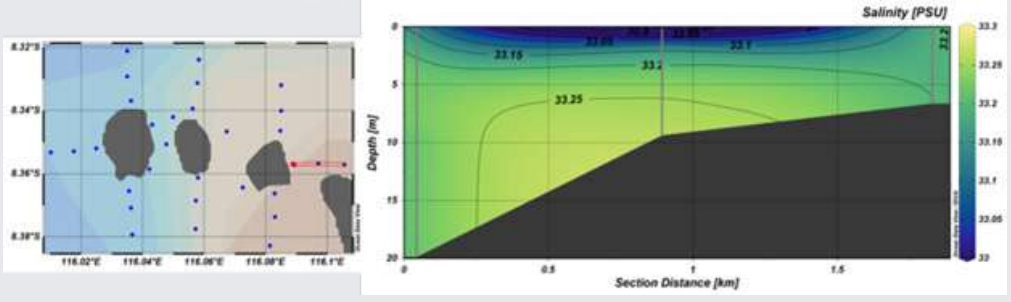
Gambar 58. Profil melintang salinitas pada sisi utara Gili Matra



Gambar 59. Profil melintang salinitas pada sisi selatan Gili Matra



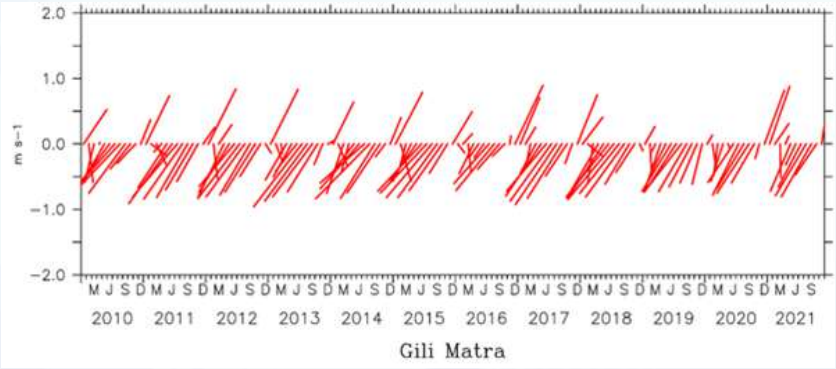
Gambar 60. Profil melintang salinitas pada sisi barat Gili Matra



Gambar 61. Profil melintang salinitas pada sisi timur Gili Matra

3.3.3. Arus permukaan

Stick plot garis di wilayah Gili Matra dari Januari 2010 hingga Desember 2021 menunjukkan kecepatan arus berkisar dari -0.5 m/s – 0.5 m/s dan bervariasi terhadap waktu (Gambar 62). Kecepatan arus cenderung kencang bisa disebabkan oleh daerah Gili Matra merupakan daerah terbuka dan juga daerah selat sehingga arus cenderung lebih cepat daripada daerah tertutup. Arah arus cenderung ke Selatan kemungkinan karena daerah kajian merupakan jalur keluar Arlindo sehingga pengaruh dari Arus Lintas Indonesia yang mengarah ke Samudera Hindia hampir sepanjang tahun hanya di bulan Januari dan Desember karena ada Arus Selatan Jawa yang menghambat Arlindo menyebabkan arah arus mengarah ke Utara. Gili Matra merupakan daerah Taman Wisata Perairan (TWP) sejak tahun 2009. Secara geografis TWP Gili Matra terletak pada 8o 20' – 8o 23' LS dan 116o 00' – 116o 08' BT. Sedangkan secara administratif, kawasan ini terletak di Desa Gili Indah Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara Provinsi Nusa Tenggara Barat.

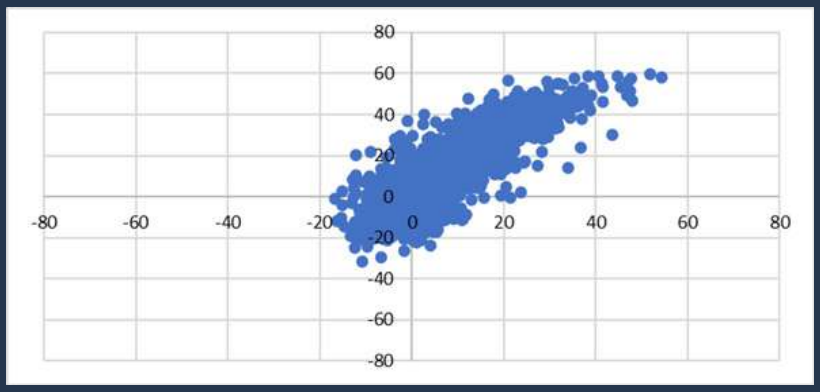


Gambar 62. Stick Plot Garis Gili Matra

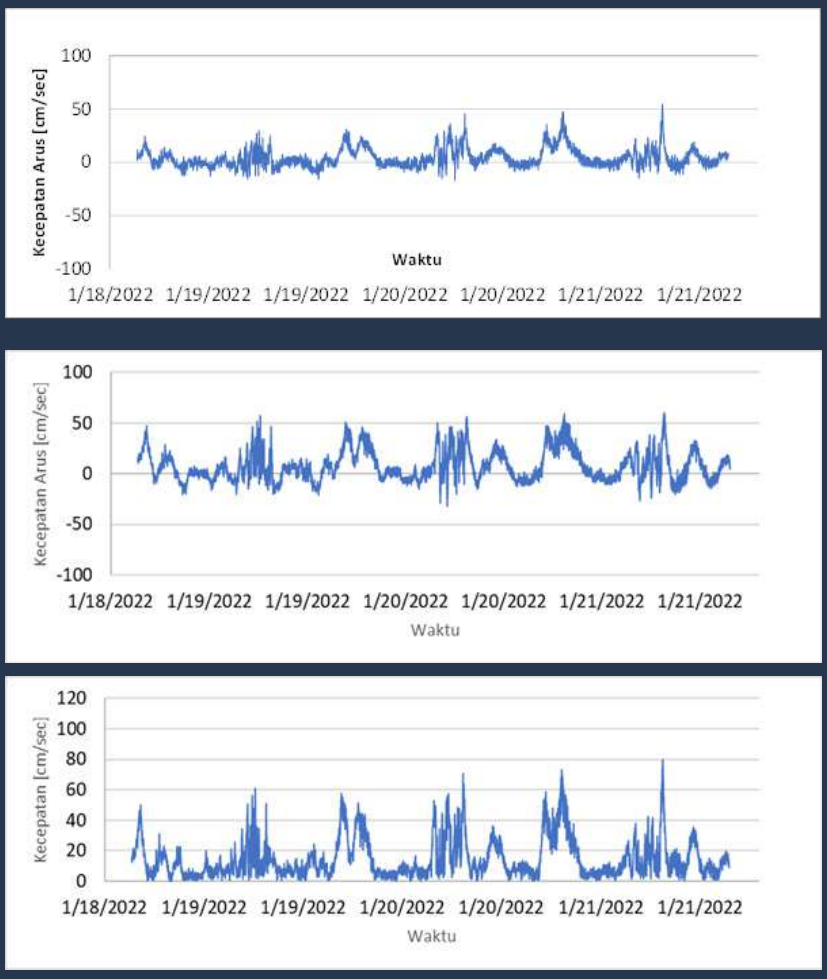
Hasil pengukuran arus di Gili Matra ditampilkan dalam diagram pencar, plot seri waktu komponen u dan v, serta resultan arus. Gambar 63 menunjukkan diagram pencar arus di Gili Matra. Gambar 63 menunjukkan arus dominan berada di kuadran 1 dan kuadran 3. Diagram pencar menunjukkan komponen arus yang memiliki resultan positif jadi ketika nilai u positif dan nilai v pun positif dan ketika nilai u negatif maka nilai v juga negatif.

Gambar 64 a) dan b) menunjukkan kecepatan arus komponen zonal (u) dan meridional (v) pada saat pengukuran. Nilai komponen kecepatan arus u berkisar 54.41 cm/sec - -16.79 cm/sec, nilai komponen kecepatan arus u negatif menunjukkan arah komponen ke kiri sedangkan jika nilai positif menunjukkan arah komponen ke kanan. Nilai komponen kecepatan arus v berkisar 59.95 cm/sec - -31.81 cm/sec, nilai komponen kecepatan arus v negatif menunjukkan arah komponen ke bawah sedangkan jika nilai positif menunjukkan arah komponen ke atas. Gambar 64 menunjukkan bahwa komponen u dan komponen v memiliki pola yang sama jadi ketika nilai u positif nilai v juga positif, begitu pula ketika nilai u negatif nilai v juga negatif. Resultan arah kecepatan arus dominan ke arah Timur Laut dan Barat Daya selama periode pengukuran.

Gambar 64 c) menunjukkan kecepatan arus di perairan Gili Matra secara seri waktu. Nilai kecepatan arus berkisar 0 cm/sec – 79.55 cm/sec dengan kecepatan rata-rata 15.07 cm/sec. Arus di Gili Matra cenderung kencang dikarenakan terletak di Selat sehingga arus akan lebih kencang dibandingkan wilayah terbuka.



Gambar 63. Stick Plot Garis Gili Matra



Gambar 64. Grafik Kecepatan Arus a) Komponen Zonal, b) Komponen Meridional, c) Resultan

3.3.4. Pasang surut

Berdasarkan perhitungan didapatkan konstanta harmonik pasang surut di Gili Matra seperti pada (Tabel 7). Dari konstanta harmonik tersebut didapatkan tipe pasang surut di Gili Matra memiliki bilangan formzahl sebesar 1.1061. Hal ini berarti pasang surut di Gili Matra memiliki tipe pasang surut campuran cenderung ganda. Hal itu berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda.

Tabel 7. Konstanta harmonik pasang surut di Gili Matra

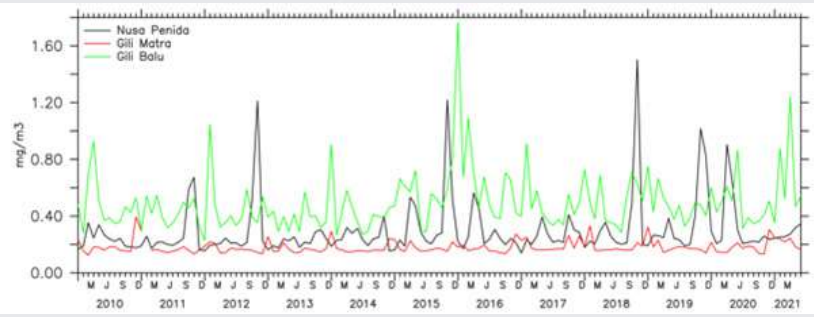
	M2	*S2*	*K1*	*K1*
A (cm)	*32.01*	*14.73*	*31.27*	*20.43*
Fase °	*91.45*	*107.66*	*-176.97*	*163.23*

Hasil perhitungan elevasi muka air didapatkan nilai rata-rata tinggi muka air tertinggi (MHHW) mencapai 83.71 cm, rata-rata terendah saat pasang (MLHW) sekitar 19.69 cm, nilai rata-rata tertinggi saat surut (MHLW) mencapai -19.69 cm, tinggi rata-rata muka air terendah (MLLW) sekitar -83.71 cm.

Gambar 65. Tinggi pasang surut di Gili Matra

3.3.5. Klorofil

Pada wilayah Gili Matra konsentrasi klorofil yang ditunjukkan oleh garis merah terlihat cenderung stabil dengan konsentrasi klorofil berkisar 0.15 mg/m3 - 0.25 mg/m3 pada Gambar 66. Pada Musim Barat konsentrasi klorofil di Gili Matra mencapai nilai tertinggi dengan kisaran nilai 0.25 mg/m3. Kemudian ketika Musim Peralihan I mengalami penurunan berkisar 0.18 mg/m3 – 0.20 mg/m3. Hal serupa masih terjadi ketika Musim Timur konsentrasi klorofil cenderung sama dengan saat Musim Peralihan I yang berkisar 0.18 mg/m3 – 0.20 mg/m3. Pada Musim Peralihan II konsentrasi klorofil sedikit menurun berkisar 0.15 mg/m3.

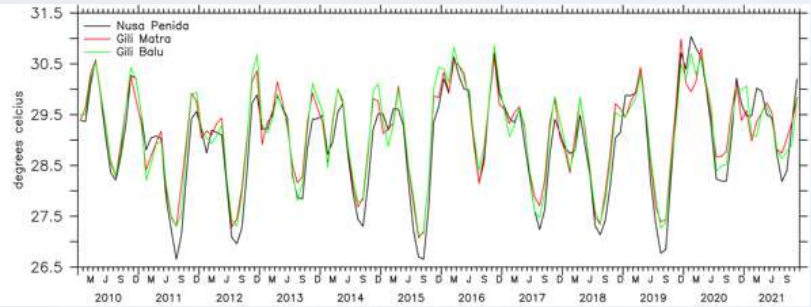


Gambar 66. Plot Deret Waktu Salinitas Permukaan Laut selama 2010-2021

3.4. Parameter Fisika Perairan Gili Balu

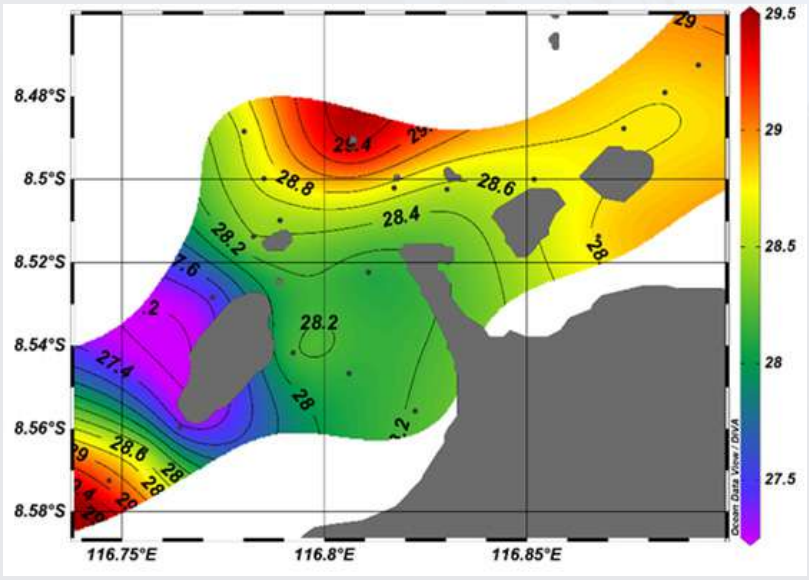
3.4.1. Suhu permukaan air laut

Pada wilayah Gili Balu suhu permukaan laut (garis warna hijau) secara umum menunjukkan perubahan yang berfluktuasi secara musiman dengan rentang suhu 27°C – 30.5°C pada Gambar 67. Pada musim barat (DJF) suhu permukaan laut berada pada fase puncak tertinggi kemudian menurun dan kembali naik mencapai suhu tertinggi pada bulan Maret lalu menurun hingga mencapai suhu terendah pada musim timur (JJA) dan kembali naik mencapai suhu tertinggi pada musim barat. Puncak tertinggi suhu permukaan di Gili Balu juga bervariasi antar tahunnya dengan kisaran suhu 29.5°C-30.5°C. Kemudian pada musim timur suhu terendah juga bervariasi antar tahunnya dengan nilai terendah berkisar 27.5°C-28.5°C.



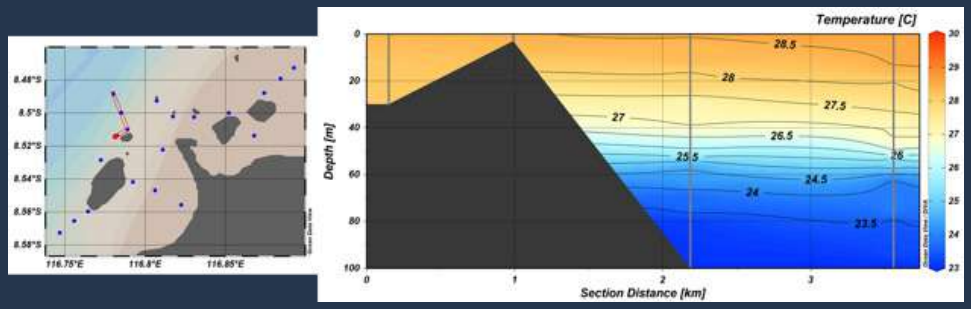
Gambar 67. Plot Deret Waktu Suhu Permukaan Laut selama 2010-2021

Suhu permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Balu memiliki nilai yang berkisar antara 27.4°C hingga 29.4°C Gambar 68. Secara umum karakter suhu di Gili Balu memiliki variasi di beberapa lokasi, khususnya pada sisi utara dan timur area kajian. Pada sisi utara Gili Balu, distribusi suhu permukaan cenderung lebih hangat dibandingkan dengan nilai berkisar antara 28.8°C – 29.4°C. Pada sisi tenggara Gili Balu (mendekati daratan utama), distribusi suhu permukaan cenderung rendah dibandingkan dengan nilai berkisar antara 28°C – 28.2°C. Terdapat nilai suhu rendah yang ditemukan pada sisi barat Pulau Belang dengan nilai suhu sekitar 27.6°C.

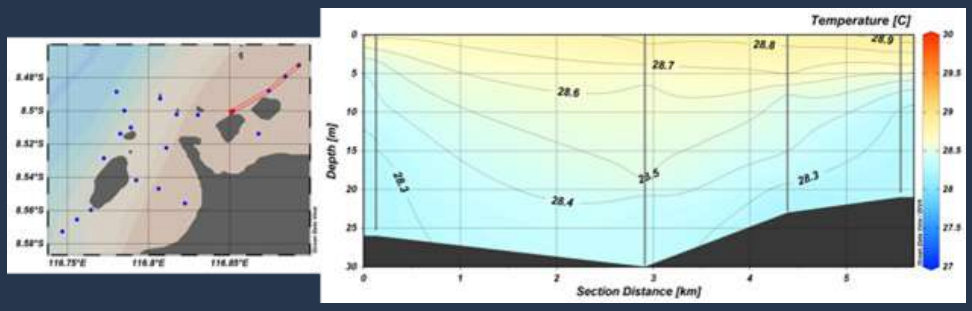


Gambar 68. Pola spasial suhu permukaan di Perairan Gili Balu

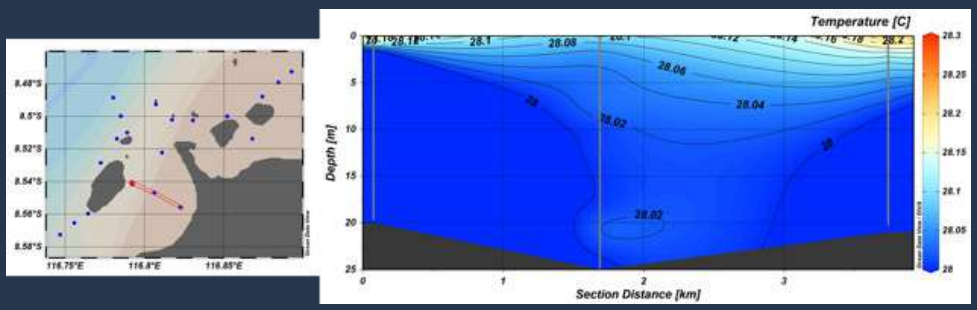
Profil melintang suhu di Gili Balu ditunjukan pada Gambar 69 – 72 mewakili arah mata angin. Kotak merah merupakan transek, titik merah menunjukkan awal transek, titik biru adalah stasiun pada transek tersebut. Gambar 69 menunjukkan profil melintang suhu di sisi Utara Gili Balu. Nilai suhu di permukaan adalah 28.5°C. Nilai suhu di kedalaman 20 m adalah 28°C. Nilai suhu di kedalaman 40 m adalah 27°C. Nilai suhu di kedalaman 60 m adalah 24.5°C. Nilai suhu di kedalaman 80 m adalah 23.5°C. Nilai suhu di kedalaman 100 m adalah 23°C. Gambar 70 merupakan profil melintang suhu sisi Timur Laut Gili Balu. Nilai suhu di Timur Laut cenderung homogen bernilai 28.3°C - 28.9°C. Gambar 71 merupakan profil melintang suhu sisi Tenggara Gili Balu. Nilai suhu di Tenggara cenderung homogen bernilai 28.02°C – 28.2°C. Gambar 72 merupakan profil melintang suhu sisi Barat Daya Gili Balu. Nilai suhu di sisi Barat Daya cenderung homogen bernilai 28.85°C – 28.9°C.



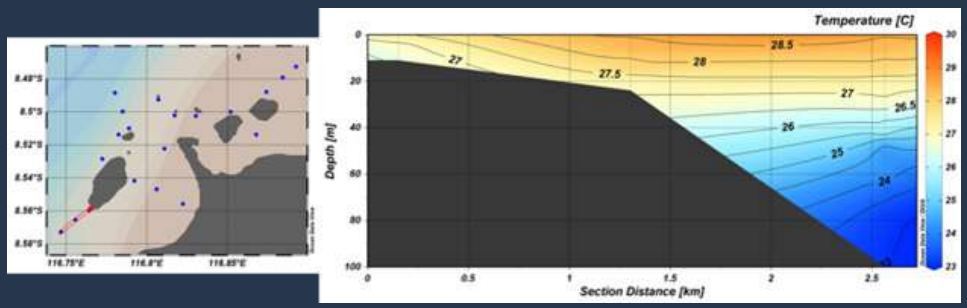
Gambar 69. Profil melintang suhu pada sisi utara Gili Balu



Gambar 70. Profil melintang suhu pada sisi timur laut Gili Balu



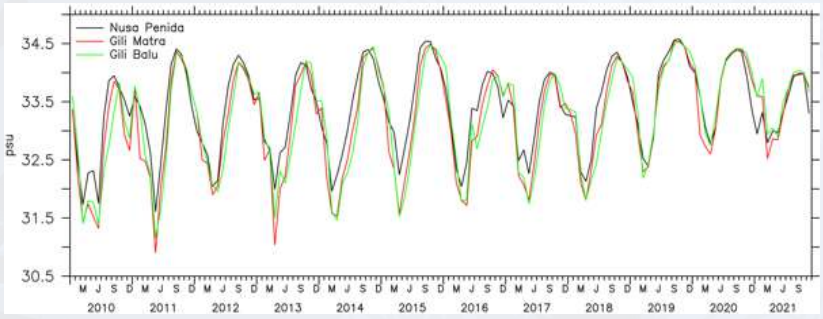
Gambar 71. Profil melintang suhu pada sisi tenggara Gili Balu



Gambar 72. Profil melintang suhu pada sisi barat daya Gili Balu

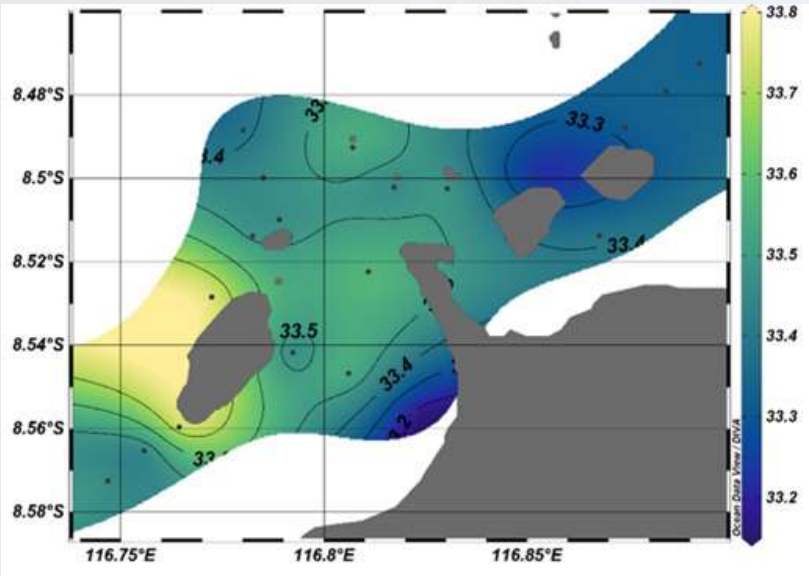
3.4.2. Salinitas permukaan

Pada wilayah Gili Balu perubahan salinitas ditunjukkan oleh garis warna hijau dengan pola yang mirip dengan salinitas di dua lokasi sebelumnya pada Gambar 73. Umumnya salinitas tertinggi di Gili Balu terjadi pada Musim Peralihan II sekitar bulan September dan Oktober, sedangkan puncak salinitas terendah terjadi pada Musim Peralihan I sekitar bulan Maret dan April. Dari grafik terlihat pola salinitas yang mirip antar tahunnya berkisar dari 31.5 psu – 34.5 psu. Rentang nilai tersebut juga berubah antar waktunya dan mengalami perbedaan yang cukup signifikan pada tahun-tahun tertentu seperti pada tahun 2012 dan 2019 yang mengalami kenaikan salinitas terendah berkisar 32 psu. Kemudian pada tahun 2020 dan 2021 salinitas terendah mencapai 32.7 psu. Salinitas tertinggi yang mengalami penurunan dari tahun-tahun lainnya juga terjadi pada tahun 2016, 2017, dan 2021 yang hanya mencapai 34 psu.



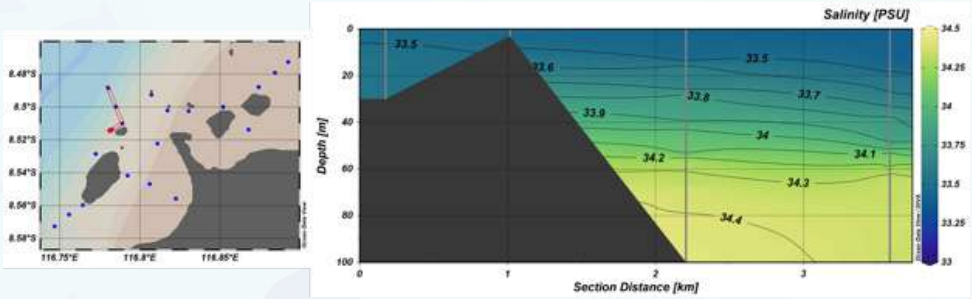
Gambar 73. Plot Deret Waktu Salinitas Permukaan Laut selama 2010-2021

Salinitas permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Balu memiliki nilai yang berkisar antara 33.2 PSU – 33.6 PSU Gambar 74. Secara umum karakter salinitas di Gili Balu memiliki variasi di beberapa lokasi, khususnya pada sisi timur, tengah, dan barat area kajian. Pada sisi timur laut Gili Balu distribusi salinitas permukaan cenderung dengan nilai berkisar antara 33.3 PSU – 33.4 PSU. Distribusi nilai salinitas rendah juga ditemukan pada sisi tenggara area kajian (mendekati daratan utama) dengan nilai salinitas 33.2 PSU. Salinitas tinggi ditemukan pada sisi barat Pulau Belang dengan nilai salinitas mencapai lebih dari 33.5 PSU.

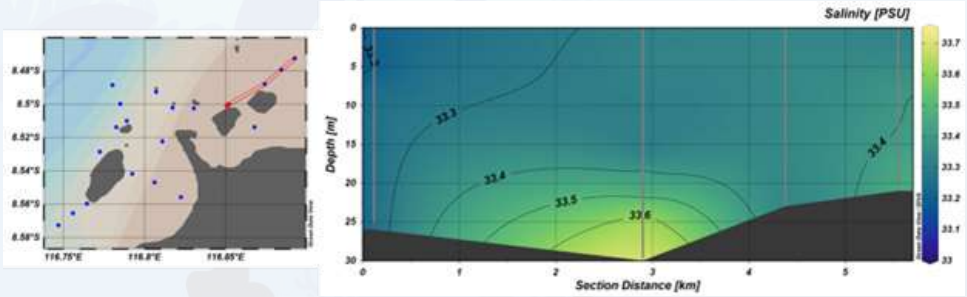


Gambar 74. Pola spasial salinitas permukaan di Perairan Gili Balu

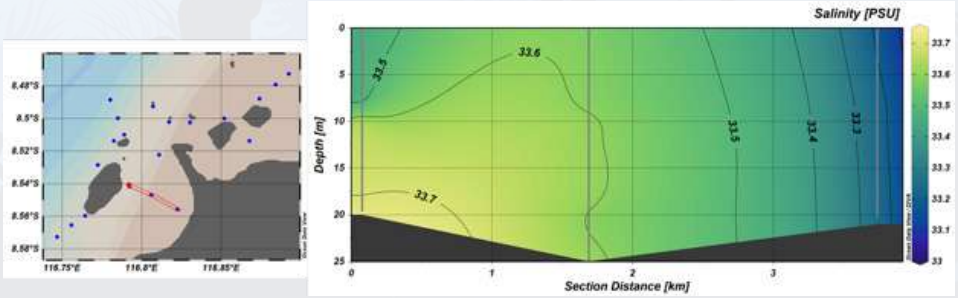
Profil melintang salinitas di Gili Balu ditunjukan pada Gambar 75–78 mewakili arah mata angin. Kotak merah merupakan transek, titik merah menunjukkan awal transek, titik biru adalah stasiun pada transek tersebut. Gambar 75 menunjukkan profil melintang salinitas di sisi Utara Gili Balu. Nilai salinitas di permukaan adalah 33.5 psu. Nilai salinitas di kedalaman 20 m adalah 33.6 psu. Nilai salinitas di kedalaman 40 m adalah 33.9. Nilai salinitas di kedalaman 60 m adalah 34.2 psu. Nilai salinitas di kedalaman 80 m adalah 34.4 psu. Nilai salinitas di kedalaman 100 m adalah 34.4 psu. Gambar 76 merupakan profil melintang salinitas sisi Timur Laut Gili Balu. Nilai salinitas di permukaan adalah 33.2 psu – 33.4 psu. Nilai salinitas di kedalaman 15 m adalah 33.3 psu – 33.4 psu. Nilai salinitas di kedalaman 30 m adalah 33.7 psu. Gambar 77 merupakan profil melintang salinitas sisi Tenggara Gili Balu. Nilai salinitas di permukaan adalah 33 psu – 33.4 psu. Nilai salinitas di kedalaman 10 m adalah 33 psu – 33.6 psu. Nilai salinitas di kedalaman 20 m adalah 33 psu - 33.7 psu. Gambar 78 merupakan profil melintang salinitas sisi Barat Daya Gili Balu. Nilai salinitas di permukaan adalah 33.4 psu. Nilai salinitas di kedalaman 20 m adalah 33.8 psu. Nilai salinitas di kedalaman 40 m adalah 34 psu. Nilai salinitas di kedalaman 60 m adalah 34.2 psu – 34.3 psu. Nilai salinitas di kedalaman 80 m adalah 34.4 psu. Nilai salinitas di kedalaman 100 m adalah 34.4 psu.



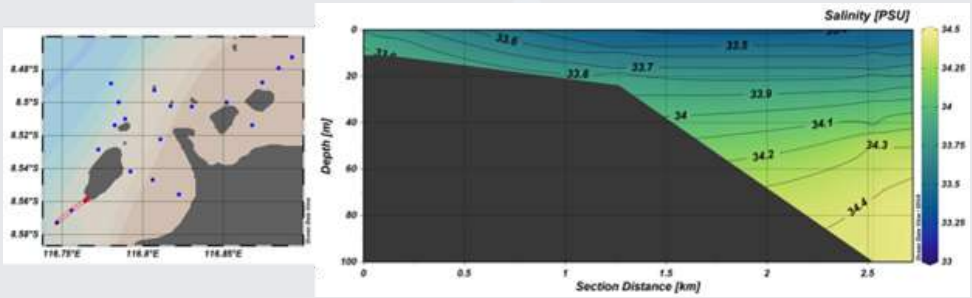
Gambar 75. Profil melintang sallinitas pada sisi utara Gili Balu



Gambar 76. Profil melintang salinitas pada sisi timur laut laut Gili Balu



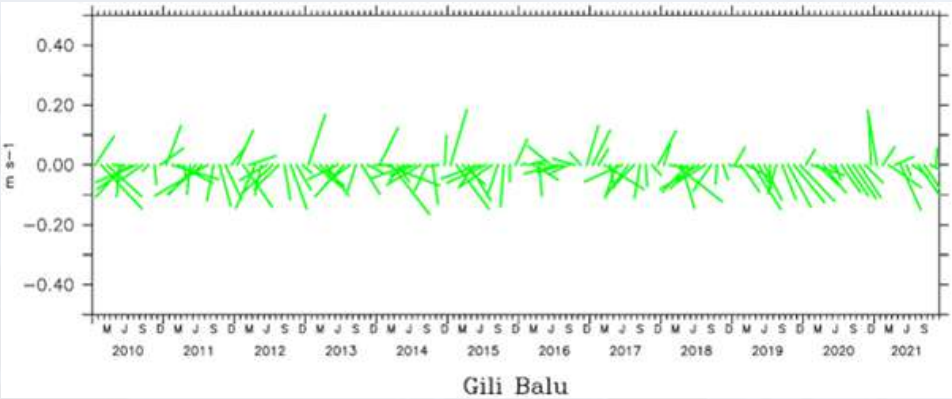
Gambar 77. Profil melintang salinitas pada sisi tenggara Gili Balu



Gambar 78. Profil melintang salinitas pada sisi barat daya Gili Balu

3.4.3. Arus permukaan

Stick plot garis di wilayah Gili Balu dari Januari 2010 hingga Desember 2021 menunjukkan kecepatan arus berkisar dari -0.1 m/s – 0.1 m/s dan bervariasi terhadap waktu (Gambar 79). Gili Balu memiliki kondisi arus yang tenang dilihat dari selang nilai kecepatan arus yang lemah. Area ini merupakan area konservasi sejak Tahun 2011. Gili Balu merupakan gugusan delapan pulau kecil di Kecamatan Poto Tano yang terdiri dari P. Kalong, P. Namo, P. Kenawa, P. Ular, P. Mandiki, P. Paserang, P. Kambing dan P. Belang. Dengan letak geografis: 8o 28' 45,85''– 8o 34' 23,35'' LS dan 116o 45' 07,18''– 116o 53' 27,33'' BT.

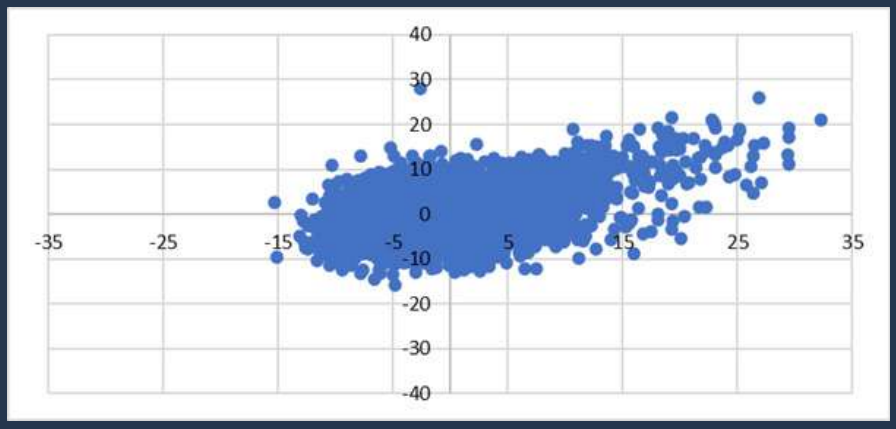


Gambar 79. Stick Plot Garis Gili Balu

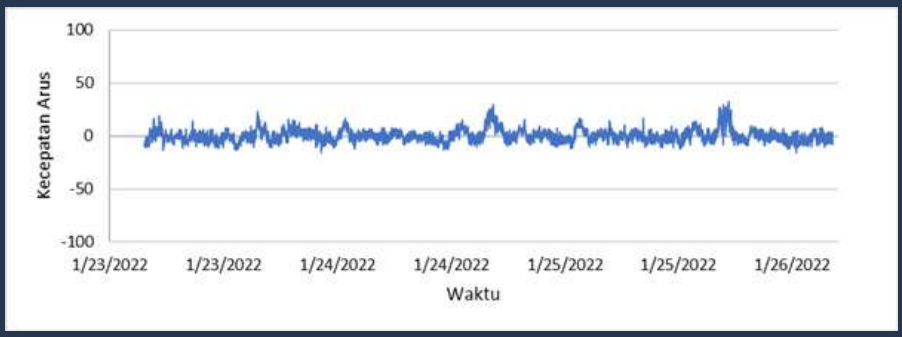
Hasil pengukuran arus di Gili Balu ditampilkan dalam diagram pencar, plot seri waktu komponen u dan v, serta resultan arus. Gambar 80 menunjukkan diagram pencar arus di Gili Balu. Gambar 80 menunjukkan arus dominan berada di kuadran 1 dan kuadran 3. Diagram pencar menunjukkan komponen arus yang memiliki resultan positif jadi ketika nilai u positif dan nilai v pun positif dan ketika nilai u negatif maka nilai v juga negatif.

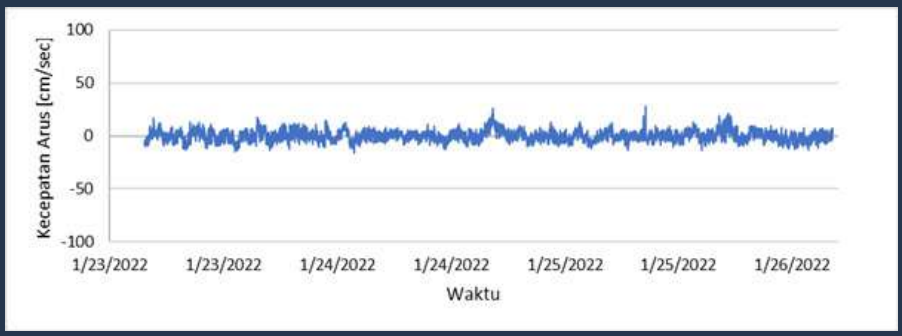
Gambar 81 a) dan b) menunjukkan kecepatan arus komponen zonal (u) dan meridional (v) pada saat pengukuran. Nilai komponen kecepatan arus u berkisar 32.29 cm/sec - -15.3 cm/sec, nilai komponen kecepatan arus u negatif menunjukkan arah komponen ke kiri sedangkan jika nilai positif menunjukkan arah komponen ke kanan. Nilai komponen kecepatan arus v berkisar 28.14 cm/sec - -15.67 cm/sec, nilai komponen kecepatan arus v negatif menunjukkan arah komponen ke bawah sedangkan jika nilai positif menunjukkan arah komponen ke atas. Gambar 81 menunjukkan bahwa komponen u dan komponen v memiliki pola yang sama jadi ketika nilai u positif nilai v juga positif, begitu pula ketika nilai u negatif nilai v juga negatif. Resultan arah kecepatan arus dominan ke arah Timur Laut dan Barat Daya selama periode pengukuran.

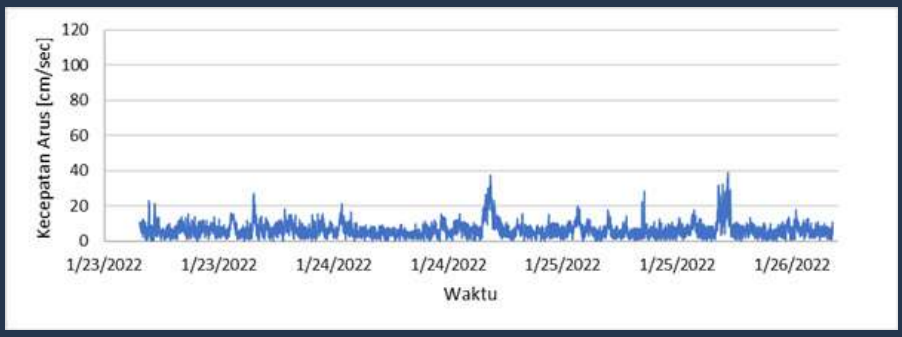
Gambar 81 c) menunjukkan kecepatan arus di perairan Gili Balu secara seri waktu. Nilai kecepatan arus berkisar 0 cm/sec – 38.52 cm/sec dengan kecepatan rata-rata 6.7 cm/sec. Arus di Gili Balu cenderung lebih tenang dikarenakan terletak di daerah tertutup sehingga area pembangkitan arus lebih kecil.



Gambar 80. Diagram Pencar Arus Gili Balu







Gambar 81. Grafik Kecepatan Arus a) Komponen Zonal, b) Komponen Meridional, c) Resultan

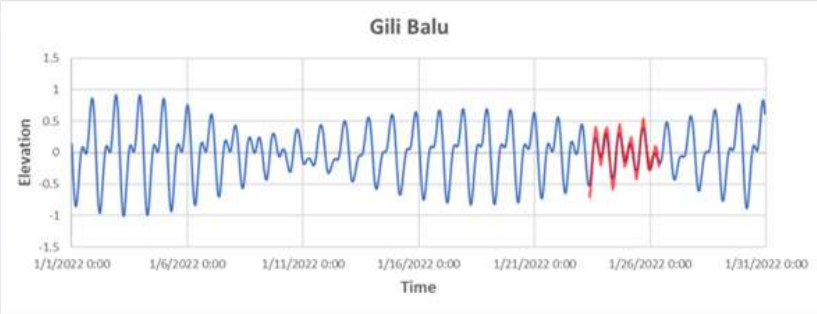
3.4.4. Pasang surut

Berdasarkan perhitungan didapatkan konstanta harmonik pasang surut di Gili Balu seperti pada (Tabel 8). Dari konstanta harmonik tersebut didapatkan tipe pasang surut di Gili Balu memiliki bilangan formzahl sebesar 1.1948. Hal ini berarti pasang surut di Gili Balu memiliki tipe pasang surut campuran cenderung ganda. Hal itu berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda.

Tabel 8. Konstanta harmonik pasang surut di Gili Balu

	M2	*S2*	*K1*	*K1*
A (cm)	*28.40*	*12.82*	*29.97*	*19.28*
Fase °	*90.55*	*101.19*	*-178.29*	*163.64*

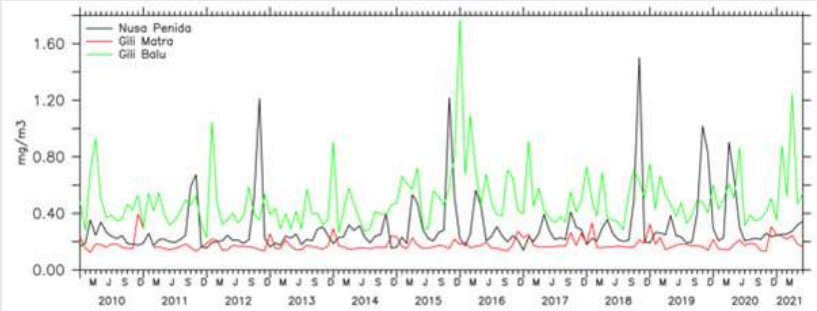
Hasil perhitungan elevasi muka air didapatkan nilai rata-rata tinggi muka air tertinggi (MHHW) mencapai 77.65 cm, rata-rata terendah saat pasang (MLHW) sekitar 20.85 cm, nilai rata-rata tertinggi saat surut (MHLW) mencapai -20.85 cm, tinggi rata-rata muka air terendah (MLLW) sekitar -77.65 cm.



Gambar 82. Tinggi pasang surut di Gili Balu

3.4.5. Klorofil

Pada wilayah Gili Balu konsentrasi klorofil yang ditunjukkan oleh garis hijau terlihat dominan berfluktuasi berkisar 0.30 mg/m3 – 1.20 mg/m3 pada Gambar 83. Pada Musim Barat konsentrasi klorofil di Gili Balu berada pada nilai tertinggi dengan kisaran 0.70 mg/m3 - 1.20 mg/m3. Kemudian pada Musim Peralihan I sedikit menurun dengan kisaran 0.40 mg/m3 – 0.70 mg/m3. Pada Musim Timur di wilayah Gili Balu justru menunjukkan nilai konsentrasi klorofil yang terendah dengan kisaran 0.30 mg/m3 – 0.40 mg/m3 berbalik dengan kondisi perairan Lesser Sunda yang umumnya pada Musim Timur mencapai nilai tertinggi. Kemudian pada Musim Peralihan II konsentrasi klorofil kembali meningkat berkisar 0.50 mg/m3 – 0.60 mg/m3.



Gambar 83. Plot Deret Waktu klorofil selama 2010-2021

BAB 4. KESIMPULAN

Pada parameter salinitas di Nusa Penida berkisar 32.75 psu – 34 psu, dissolve oxygen di Nusa Penida berkisar 5.85 mg/l – 7.20 mg/l, pH di perairan Nusa Penida berkisar 7.6 – 8.3. Kecerahan di perairan Nusa Penida berkisar 6 m – 20 m, suhu di perairan Nusa Penida berkisar 26.5°C – 30.1°C dengan rata-rata suhu 28.6 °C. Konsentrasi nitrat di Nusa Penida melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu 0.06 mg/l berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021, konsentrasi ortofosfat di perairan Nusa Penida masih baik bagi kehidupan biota laut, sejalan dengan ketetapan baku mutu oleh PP RI No. 22 Tahun 2021 sebesar 0.015 mg/l untuk biota laut. Konsentrasi silikat di perairan Nusa Penida memiliki nilai lebih dari 0.4 mg/l dengan nilai tertinggi mencapai 0.7 mg/l.

Salinitas di Gili Matra berkisar 32.95 psu – 33.33 psu, dissolve oxygen di Gili Matra berkisar 5.79 mg/l – 6.54 mg/l, pH di perairan Gili Matra berkisar 7.6 – 7.7, kecerahan di perairan Gili Matra berkisar 2 m – 20 m. Suhu di perairan Gili Matra berkisar 28.2°C – 30°C dengan rata-rata suhu 29°C. Konsentrasi nitrat di Gili Matra memiliki besaran > 0.05 mg/l yang di mana konsentrasi tersebut masih relatif tinggi. Konsentrasi ortofosfat di perairan Gili Matra mulai dari 0.007 mg/l hingga 0.015 mg/l. Konsentrasi klorofil-a di perairan Gili Matra menunjukkan nilai berkisar pada 0.5 –1.1 μg/l

Parameter salinitas di Gili Balu berkisar 33.19 psu – 33.77 psu, dissolve oxygen n di Gili Balu berkisar 6.21 mg/l – 6.95 mg/l. pH di perairan Gili Balu berkisar 7.6 – 7.9, kecerahan perairan di perairan Gili Matra berkisar 2 m – 17 m. Suhu di perairan Gili Balu berkisar 27.3°C – 29°C dengan rata-rata suhu 28.4oC.

Rata-rata suhu permukaan laut pada wilayah Nusa Penida rentang 26.5°C - 30.5°C. Sementara pengukuran secara langsung suhu permukaan air laut di Perairan Nusa Penida berkisar antara 27°C hingga 30.5°C. Salinitas di Nusa Penida berkisar antara 32 psu – 34.5 psu. Salinitas permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Nusa Penida memiliki nilai yang berkisar antara 32.75 PSU hingga 33.5 PSU. Kecepatan arus berkisar antara 0.02 m/s – 2.87 m/s (keseluruhan). Pasang surut di Nusa Penida memiliki tipe pasang surut campuran cenderung ganda. Hal itu berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda.

Pada wilayah Gili Matra suhu permukaan laut berkisar 27°C - 30.5°C. Suhu permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Matra memiliki nilai yang berkisar antara 28.7°C hingga 29.7°C. Salinitas permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Matra memiliki nilai yang berkisar antara 33.85 PSU hingga 33.25 PSU. Di wilayah Gili Matra dari Januari 2010 hingga Desember 2021 kecepatan arus berkisar dari -0.5 m/s – 0.5 m/s. Pasang surut di Gili Matra memiliki tipe pasang surut campuran cenderung ganda. Hal itu berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda.

Pada wilayah Gili Balu suhu permukaan laut rentang suhu 27°C – 30.5°C. Suhu permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Balu memiliki nilai yang berkisar antara 27.4°C hingga 29.4°C. Salinitas di Gili Balu berkisar dari 31.5 psu – 34.5 psu. Salinitas permukaan secara spasial hasil pengukuran CTD di Perairan Gili Balu memiliki nilai yang berkisar antara 33.2 PSU – 33.6 PSU. Wilayah Gili Balu dari Januari 2010 hingga Desember 2021 menunjukkan kecepatan arus berkisar dari -0.1 m/s – 0.1 m/s. Pasang surut di Gili Balu memiliki tipe pasang surut campuran cenderung ganda. Hal itu berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Allen G.R. & Steene, R. (1999). Indo-Pacific Coral Reef Field Guide. CSI, Aus tralia: Tropical Reef Research

A, Krabbenhoeft & Weinrebe, R. & H, Kopp & Flueh, E. & S, Ladage & Papenberg, Cord & L, Planert & Djajadihardja, Yusuf. (2010). Bathymetry of the Indonesian Sunda margin-relating morphological features of the upper plate slopes to the location and extent of the seismogenic zone. Natural Hazards and Earth System Sciences. 10. 10.5194/nhess-10-1899-2010.

Barth, A., Beckers, J.-M., Troupin, C., Alvera-Azcárate, A., and Vandenbulcke, L.: divand-1.0: n-dimensional variational data analysis for ocean observations, Geosci. Model Dev., 7, 225-241, doi:10.5194/gmd-7-225-2014, 2014.

Ballent, S. Pando, A. Purser, M.F. Juliano, L. Thomsen. Modelled transport of benthic marine microplastic pollution in the Nazaré Canyon Biogeosciences, 10 (2013), pp. 7957-7970

Colin P. L., Arneson C. 1995. Tropical Pacific Invertebrates. A Field Guide to the Marine Invertebrates Occurring on Tropical Pacific Coral Reefs, Seagrass Beds and Mangroves. Coral Reef Press. California. Hal. 267-287.

Hill, J. and Wilkinson, C. (2004) Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Version 1, 1-116.

Gordon A.L. 2005. The Indonesian Seas Oceanography of and Their Throughflow. Oceanogrphy. 18(4) : 14-27.

McKenzie, L.J. (2003) Guidelines for the rapid assessment and mapping of tropical seagrass habitats (QFS, NFC, Cairns) 46pp

Ningsih, Nining & Rakhmaputeri, Noviani & Harto, Agung. (2013). Upwelling Variability along the Southern Coast of Bali and in Nusa Tenggara Waters. Ocean Science Journal. 48. 10.1007/s12601-013-0004-3.

Rachmayani, Rima & Ningsih, Nining & Adiprabowo, S & Nurfitri, Suliskania. (2018). Ocean wave characteristic in the Sunda Strait using Wave Spectrum Model. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 139. 012025. 10.1088/1755-1315/139/1/012025.

Stephenson, A. G. 2016. Harmonic Analysis of Tides Using Tide Harmonics. https://CRAN.R-project.org/package=TideHarmonics.

Syamsudin, F., A. Kaneko. 2013. Ocean variability along the Southern Coast of Java andLesser Sunda Island. Journal of Oceanography, 69(5): 557-570

Veron, J.E.N. (2000a). Corals of the World. Townsville: Australian Institute of Marine Science. Volumes 1-3. 1410pp. (For species details see Vol. 3: pp. 228.