

Bidang Unggulan PT : Kelautan dan Perikanan

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 114/Bidang IPA Lain Yang Belum Tercantum

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI
TAHUN II**



**KUALITAS PERAIRAN LAUT DAN KESEHATAN EKOSISTEM
TERUMBU KARANG :**

***KAJIAN KOMPREHENSIF TENTANG PENGAYAAN NUTRIEN,
PENCEMARAN LOGAM BERAT DAN POTENSI MIKROALGA
BERBAHAYA DI PERAIRAN PESISIR DAN LAUT SEKITAR GUGUSAN
TERUMBU KARANG SPERMONDE, SULAWESI SELATAN***

TIM PENYUSUN

Ketua : Dr. rer.nat.Muhammad Lukman, ST.,M.MarSc (NIDN:0006127101)
Anggota : Dr. Khairul Amri, ST.,M.Sc.Stud. (NIDN: 0006066907)
Dr. Ir. Muhammad Hatta M.Si. (NIDN: 0031126706)

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN LAUT, PESISIR,
DAN PULAU-PULAU KECIL
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

NOVEMBER 2014

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN UNGGULAN PERGURUNA TINGGI

Judul Penelitian : *Kajian Komprehensif Tentang Pengayaan Nutrien, Pencemaran Logam Berat Dan Potensi Mikroalga Berbahaya Di Perairan Pesisir Dan Laut Sekitar Gugusan Terumbu Karang Spermonde, Sulawesi Selatan*

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 114/Bidang IPA Lain Yang Belum Tercantum

Bidang Unggulan PT : Kelautan dan Perikanan

Topik unggulan : Kualitas Perairan Laut Dan Kesehatan Ekosistem Terumbu Karang

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Dr. rer.nat. Muhammad Lukman, ST., M.MarSc.

b. NIDN : 0006127101

c. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

d. Program Studi : Kelautan

e. Nomor HP : 081341121660

f. Alamat surel (e-mail) : lucky_daeng@hotmail.com

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Muhammad Hatta, M.Si.

b. NIDN : 0031126706

c. Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin

Anggota Peneliti (2)

a. Nama Lengkap : Dr. Khairul Amri, ST.,M.Sc.Stud.

b. NIDN : 0006066907

c. Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin

Lama Penelitian Keseluruhan : 2 Tahun

Penelitian Tahun ke : Tahun ke-1

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 122.745.000

Biaya Tahun Berjalan :

- diusulkan ke DIKTI Rp. 122.745.000
- dana internal PT Rp. -
- dan institusi lain Rp. -
- inkind sebutkan

Makassar, Juni 2014

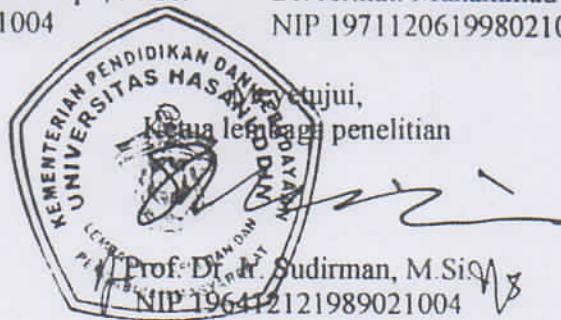
Ketua Peneliti,



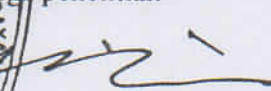
Dr. rer.nat. Muhammad Lukman, ST.,M.MarSc.
NIP 197112061998021001



Prof. Dr. r. Sudirman Jompa, M.Sc.
NIP 196412121989021004



Menyetujui,
Ketua lembaga penelitian


Prof. Dr. r. Sudirman, M.Si
NIP 196412121989021004

RINGKASAN

Kesehatan ekosistem terumbu karang sangat dipengaruhi oleh kualitas perairan pesisir dan laut, yaitu kadar nutrisi dan logam berat. Tingginya kadar nutrisi di perairan, misalnya, menyebabkan invasi makroalga yang sangat merugikan terumbu karang, dan perubahan komposisi mikroalga (fitoplankton) yang bisa memunculkan fitoplankton beracun (*toxic microalgae*). Demikian pula, tingginya konsentrasi logam berat di perairan akan meningkatkan potensi bioakumulasi dan biomagnifikasi di rantai makanan pada ekosistem terumbu karang. Salah satu ancaman terbesar bagi kesehatan terumbu karang di pesisir barat Sulawesi Selatan adalah tingginya buangan daratan khususnya nutrisi dan logam berat dari perkembangan kota-kota pesisir, intensifikasi pertanian dan pertambangan.

Penelitian lanjutan atau tahun II ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif besaran buangan pada musim hujan dari sumber-sumber buangan utama (yaitu sungai-sungai besar di pantai barat Sulawesi Selatan dari kota Makassar, kabupaten Maros, dan kabupaten Pangkajene Kepulauan), yang bermuara ke pesisir dan laut di gugusan terumbu karang Spermonde. Mengukur konsentrasi buangan pada sedimen, dan pengestimasi konsentrasi untuk skala temporal dan spasial yang lebih luas dengan menggunakan pendekatan Model Keseimbangan Massa (*Mass Balance Model*) dari besarnya buangan daratan tersebut. Kesemuanya itu akan bermanfaat untuk pembangunan skenario pengelolaan pencemaran daratan, yang dapat menunjang upaya penyelamatan terumbu karang dan sekaligus mendukung upaya meningkatkan produktivitas pangan.

Metodologi penelitian meliputi (1) pengambilan sampel nutrisi, logam dan logam berat, sedimen dan fitoplankton; (2) pengukuran kadar nutrisi (N, P, Si), logam dan logam berat (Fe, Pb, Cd); (3) pengamatan fitoplankton, dan (4) pengolahan data dan pelaporan. Lokasi penelitian dan stasiun pengukuran/pengambilan contoh disesuaikan dengan lokasi penelitian tahun I yaitu sungai Tallo di Makassar, sungai Maros, dan sungai Pangkep. Stasiun penelitian ditentukan sesuai dengan jarak dari daratan dan/atau gradien salinitas di sekitar muara-muara tersebut. Pengambilan sampel dan metode analisa nutrisi dan logam berat merujuk pada standar metode pengukuran nutrisi dan logam berat yang menggunakan metode spektrometri. Pengamatan fitoplankton meliputi keanekaragaman, pengamatan fitoplankton berbahaya, dan pengukuran klorofil-a (metode spektrometri) dan volume-biomassa. Selanjutnya, analisa tersebut akan dilengkapi dengan pengukuran parameter oseanografi lainnya yaitu suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, kecerahan, kecepatan dan arah arus. Data yang dihasilkan akan dianalisa secara deskriptif dengan bantuan Statistik. Selanjutnya data tahun I dan tahun II ini akan digunakan untuk mengestimasi konsentrasi buangan dari daratan dengan menggunakan pendekatan Model Keseimbangan Massa (*Mass Balance Model*).

Kata Kunci: Nutrien, Logam, Fitoplankton, Kesehatan Karang, Mass Balance Model

PRAKATA

Penelitian “Kualitas Perairan Laut Dan Kesehatan Ekosistem Terumbu Karang : Kajian Komprehensif Tentang Pengayaan Nutrien, Pencemaran Logam Berat Dan Potensi Mikroalga Berbahaya Di Perairan Pesisir Dan Laut Sekitar Gugusan Terumbu Karang Spermonde, Sulawesi Selatan”, adalah penelitian tahun ke-2 yang ditujukan untuk melihat dampak yang ditimbulkan oleh besarnya buangan material dan bahan cemar dari daratan ke perairan pesisir. Kondisi tersebut dapat menghasilkan beberapa karakter-karakter distribusi dari berbagai senyawa, yang dapat bermanfaat dalam pengayaan ilmu pengetahuan. Diharapkan juga bahwa penelitian ini pada akhirnya akan memberikan manfaat bagi kelestarian sumberdaya ekosistem terumbu karang di Sulawesi Selatan, sebagai ekosistem yang penting dalam mendukung kehidupan masyarakat nelayan.

Penelitian ini sudah berjalan 80%, dan hasil yang ditemukan sangat sesuai dengan asumsi keilmuan yang berkembang. Pekerjaan yang akan dilaksanakan selanjutnya adalah menyelesaikan beberapa analisa yang tersisa, khususnya perhitungan flux buangan, faktor biokonsentrasi logam berat pada biota laut, dan pembangunan konsep model keseimbangan massa. Kami sangat optimis bahwa analisa yang tersisa tersebut diatas dapat kami laksanakan dalam periode waktu penelitian yang tersedia. Demikian juga, kami sangat optimis dengan rencana publikasi (seminar dan publikasi jurnal), yang telah kami inisiasi.

Terima kasih atas dukungan pembiayaan yang diberikan kepada kami, dan berharap penelitian ini dapat kami selesaikan tepat pada waktunya dan dapat dilanjutkan pada tahun akan datang.

Makassar, 11 November 2014

a.n. Tim Peneliti

Dr. Muhammad Lukman

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I. PENDAHULUAN.....	10
1.1 Latar Belakang.....	10
1.2 Ruang Lingkup Penelitian.....	11
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Road Map Penelitian.....	12
2.2 Pengayaan Nutrien di Perairan Pesisir dan Laut.....	13
2.3 Pencemaran Logam Berat di Pesisir dan Laut Sulawesi Selatan dan Potensi Bioakumulasi di Rantai Makanan.....	13
2.4 Fitoplankton Berbahaya (Harmful Algal Bloom).....	14
2.5 Implikasi Pada Kesehatan Terumbu Karang dan Keamanan Pangan dari Laut.....	14
2.6 Box Model.....	15
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	16
BAB IV. METODE PENELITIAN.....	17
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	17
4.2 Metode dan Analisa Data.....	17
4.3 Kajian Pustaka (literature review).....	18
4.4 Pengambilan contoh - plankton, air dan biota (<i>Ekspedisi Laut</i> : Februari – Maret 2014).....	18
4.5 Pengamatan Komunitas Plankton dan Pengukuran kadar nutrien dan logam berat.....	19
BAB V. HASIL YANG DICAPAI.....	21
5.1 Kondisi Perairan.....	21
5.2 Konsentrasi Nutrien.....	23
5.3 Logam Fe dan Logam Berat (Pb, Cd).....	23
5.4 Klorofil-a.....	24
5.5 Total padatan tersuspensi (TSS).....	25
5.6 Komunitas fitoplankton (diatom dan dinoflagellata).....	25
5.7 Fluks Buangan Air Sungai.....	26
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	30

DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN-LAMPIRAN	35
7.1 LAMPIRAN 1.....	35
7.2 LAMPIRAN 2.....	39

DAFTAR TABEL

1. Parameter Lingkungan	Error! Bookmark not defined.
2. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) Nutrien ($\mu\text{mol/L}$) di Perairan Pesisir dan Kepulauan Spermonde	15
3. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) logam Fe (mg/L) di Perairan Pesisir dan Kepulauan Spermonde	16
4. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) logam Pb dan Cd ($\mu\text{g/g}$) pada SPM di Perairan Pesisir Spermonde	17
5. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) klorofil-a (mL/L) di Perairan Pesisir dan Kepulauan Spermonde	17
6. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) TSS (mg/L) di Perairan Pesisir dan Kepulauan Spermonde	18
7. Struktur komunitas fitoplankton (diatom/dinoflagellata)	19
8. Presentase 5 (lima) Spesies Dominan di Perairan Pesisir dan Kepulauan Spermonde	20
9. Hasil Perhitungan Flux Buangan Air Muara Sungai	21
10. Flux Buangan Nutrien di Muara Sungai	21

DAFTAR GAMBAR

1. Peta Lokasi Penelitian (titik merah) di Perairan Pesisir dan Perairan Laut Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan. 9

DAFTAR LAMPIRAN

VII. I	LAMPIRAN I.....	27
7.1	Kapal dan persiapan serta alat yang digunakan pada sampling III.....	28
7.2	Pengukuran dan pengambilan sampel di muara sungai pada sampling III pengambilan sampel di muara sungai pada sampling I dan II	28
7.3	Pengukuran Parameter in situ pada sampling III	28
7.4	Lampiran Filterisasi sampel Nutrien, Klorofil-a, dan Fe.....	29
7.5	Lampiran 1.6. Analisa Nutrien di Laboratorium.....	29
7.6	Lampiran 1.8. Analisa TSS Sampling I dan II.....	30
7.7	Lampiran 1.9. Hasil Identifikasi Plankton Sampling I.....	30
VII. II	LAMPIRAN II	31
7.2.	Daftar Jurnal Publikasi	31

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas perairan pesisir dan laut memainkan peran yang sangat penting dalam menunjang produktifitas perairan dan kesehatan ekosistem terumbu karang, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kesehatan dan ekonomi masyarakat. Namun sebaliknya, kualitas perairan laut yang rendah akan menurunkan tingkat produktifitas dan mengganggu keseimbangan ekosistem, yang kemudian akan berakibat pada ancaman kesehatan dan ekonomi masyarakat. Penurunan kualitas perairan pesisir dan laut, utamanya disebabkan oleh masuknya secara agresif buangan atau limbah daratan, khususnya unsur hara (nutrien) dan logam berat. Diperkirakan sekitar 450 megaton/tahun bahan cemar organik berasal dari pupuk, pestisida, bahan organik sintesis, produksi kimiawi dan kejadian tumpahan minyak yang dibuang ke pesisir dan laut di seluruh dunia (Schwarzenbach dkk., 2006).

Buangan-buangan tersebut diatas sangat berdampak pada lingkungan pesisir dan laut. Tingginya unsur hara merusak ekosistem terumbu karang dan biodiversity (Costa Jr dkk, 2008; Edinger & Jompa, 1998). Buangan nutrien di pesisir dan pantai menyebabkan eutrofikasi (*cultural eutrophication*) (Nicolau dkk, 2006; Kronvang dkk, 2005), dan kemungkinan munculnya spesies mikroalga (plankton) berbahaya (Diego-McGlone dkk, 2008; Heisler dkk, 2008). Logam berat berpotensi untuk proses bioakumulasi dan biomagnifikasi bahan beracun di rantai makanan, mulai dari plankton (Rossi & James, 2008), kerang (Richard & Chaloupka, 2009; Giarratano dkk, 2010), hingga ikan-ikan (Sekhar dkk, 2003) dan udang (Jung & Zauke, 2008). Kemunculan spesies alga berbahaya dan bioakumulasi logam berat sangat mengancam kesehatan masyarakat. Selain daripada itu, eutrofikasi diperairan dapat menyebabkan terjadinya pasang merah (atau Harmful Alga Bloom, HAB) (Anderson dkk., 2008; Heisler dkk., 2008). Kejadian *alga bloom* menyebabkan anoxia (*oxygen depletion*) yang merugikan budidaya laut dan dapat menyebabkan kematian massal ikan (Diego-McGlone dkk., 2008). Sebagai tambahan, anoxia dapat terjadi akibat tingginya buangan bahan organik dari daratan (Pitcher & Probyn 2011; Zimmerman & Canuel, 2000; Paerl, 1999). Tingginya bahan organik itu sendiri memicu pemasaman air laut (Rixen dkk, 2008), yang berakibat pada penurunan laju kalsifikasi karang (De'ath dkk., 2009; Cooper dkk., 2008).

Perairan pesisir Makassar dan sepanjang pantai barat Sulawesi Selatan tergolong pesisir produktif, dimana didalamnya terdapat ekosistem mangrove, padang lamun dan terumbu karang Spermonde. Ekosistem terumbu karang Spermonde memainkan peran yang sangat krusial dalam menopang kehidupan ekonomi masyarakat pesisir dan ketahanan pangan. Namun, perairan ini juga sangat berpotensi mengalami ancaman penurunan kualitas perairan akibat buangan limbah dari daratan Sulawesi Selatan, yang dibawa oleh sungai-sungai besar. Buangan daratan tersebut terutama dari (1) limbah perkotaan/industry – sumber bahan cemar organik dan logam berat, serta dari (2) buangan pertanian/pertambakan – sumber nutrien dan bahan organik. Kedua sumber utama ini memiliki potensi yang besar dalam menambah kadar nutrien, logam berat dan bahan organik di perairan pesisir Makassar dan pantai barat Sulawesi Selatan. Saat ini, konsentrasi nitrat di perairan sekitar Makassar berkisar antara 18 – 278 µg/L (Faizal, 2012). Konsentrasi ini tergolong pada kondisi eutrofikasi. Demikian pula dengan konsentrasi logam berat timbal (Pb) di kolom air pantai Losari Makassar yang berkisar ± 0,03 mg/L (Estinawati, 2012). Kondisi ini cukup memprihatinkan.

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas perairan pesisir dan laut memainkan peran yang sangat penting dalam menunjang produktifitas perairan dan kesehatan ekosistem terumbu karang, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kesehatan dan ekonomi masyarakat. Namun sebaliknya, kualitas perairan laut yang rendah akan menurunkan tingkat produktifitas dan mengganggu keseimbangan ekosistem, yang kemudian akan berakibat pada ancaman kesehatan dan ekonomi masyarakat. Penurunan kualitas perairan pesisir dan laut, utamanya disebabkan oleh masuknya secara agresif buangan atau limbah daratan, khususnya unsur hara (nutrien) dan logam berat. Diperkirakan sekitar 450 megaton/tahun bahan cemar organik berasal dari pupuk, pestisida, bahan organik sintesis, produksi kimiawi dan kejadian tumpahan minyak yang dibuang ke pesisir dan laut di seluruh dunia (Schwarzenbach dkk., 2006).

Buangan-buangan tersebut diatas sangat berdampak pada lingkungan pesisir dan laut. Tingginya unsur hara merusak ekosistem terumbu karang dan biodiversity (Costa Jr dkk, 2008; Edinger & Jompa, 1998). Buangan nutrien di pesisir dan pantai menyebabkan eutrofikasi (*cultural eutrophication*) (Nicolau dkk, 2006; Kronvang dkk, 2005), dan kemungkinan munculnya spesies mikroalga (plankton) berbahaya (Diego-McGlone dkk, 2008; Heisler dkk, 2008). Logam berat berpotensi untuk proses bioakumulasi dan biomagnifikasi bahan beracun di rantai makanan, mulai dari plankton (Rossi & James, 2008), kerang (Richard & Chaloupka, 2009; Giarratano dkk, 2010), hingga ikan-ikan (Sekhar dkk, 2003) dan udang (Jung & Zauke, 2008). Kemunculan spesies alga berbahaya dan bioakumulasi logam berat sangat mengancam kesehatan masyarakat. Selain daripada itu, eutrofikasi diperairan dapat menyebabkan terjadinya pasang merah (atau Harmful Alga Bloom, HAB) (Anderson dkk., 2008; Heisler dkk., 2008). Kejadian *alga bloom* menyebabkan anoxia (*oxygen depletion*) yang merugikan budidaya laut dan dapat menyebabkan kematian massal ikan (Diego-McGlone dkk., 2008). Sebagai tambahan, anoxia dapat terjadi akibat tingginya buangan bahan organik dari daratan (Pitcher & Probyn 2011; Zimmerman & Canuel, 2000; Paerl, 1999). Tingginya bahan organik itu sendiri memicu pemasaman air laut (Rixen dkk, 2008), yang berakibat pada penurunan laju kalsifikasi karang (De'ath dkk., 2009; Cooper dkk., 2008).

Perairan pesisir Makassar dan sepanjang pantai barat Sulawesi Selatan tergolong pesisir produktif, dimana didalamnya terdapat ekosistem mangrove, padang lamun dan terumbu karang Spermonde. Ekosistem terumbu karang Spermonde memainkan peran yang sangat krusial dalam menopang kehidupan ekonomi masyarakat pesisir dan ketahanan pangan. Namun, perairan ini juga sangat berpotensi mengalami ancaman penurunan kualitas perairan akibat buangan limbah dari daratan Sulawesi Selatan, yang dibawa oleh sungai-sungai besar. Buangan daratan tersebut terutama dari (1) limbah perkotaan/industry – sumber bahan cemar organik dan logam berat, serta dari (2) buangan pertanian/pertambakan – sumber nutrien dan bahan organik. Kedua sumber utama ini memiliki potensi yang besar dalam menambah kadar nutrien, logam berat dan bahan organik di perairan pesisir Makassar dan pantai barat Sulawesi Selatan. Saat ini, konsentrasi nitrat di perairan sekitar Makassar berkisar antara 18 – 278 µg/L (Faizal, 2012). Konsentrasi ini tergolong pada kondisi eutrofikasi. Demikian pula dengan konsentrasi logam berat timbal (Pb) di kolom air pantai Losari Makassar yang berkisar ± 0,03 mg/L (Estinawati, 2012). Kondisi ini cukup memprihatinkan.

Namun demikian, penelitian yang komprehensif tentang konsentrasi dan fluks nutrisi, logam berat, dan potensi mikrogalga berbahaya dari sumber-sumber utama buangan daratan (yaitu sungai-sungai besar di pantai barat Sulawesi Selatan dari kota Makassar, kabupaten Maros, dan kabupaten Pangkajene Kepulauan) yang bermuara ke pesisir dan laut di gugusan terumbu karang Spermonde masih sangat kurang dan bahkan dapat dikatakan belum ada. Oleh karena itu, kajian tentang hal tersebut sangat dibutuhkan untuk memberikan pemahaman yang mendasar dan komprehensif tentang dampak perubahan kualitas perairan terhadap lingkungan pesisir dan laut. Penelitian ini juga menjadi dasar dalam estimasi konsentrasi buangan untuk skala temporal dan spasial yang lebih luas dengan menggunakan pendekatan Model Keseimbangan Massa (*Mass Balance Model*). Kesemuanya itu akan bermanfaat untuk pembangunan skenario pengelolaan cemaran daratan, yang dapat menunjang upaya penyelamatan terumbu karang dan sekaligus mendukung upaya meningkatkan produktivitas pangan.

1.2 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini meliputi:

1. Pengukuran kadar unsur hara pada air, yang meliputi amoniak (NH_3), nitrat (NO_3), nitrit (NO_2), fosfat (PO_4), dan Silikat (SiO_3);
2. Pengukuran logam esensial (yaitu besi, Fe), dan logam berat (bahan cemar) yang meliputi Timbel (Pb) dan Cadmium (Cd). Logam-logam ini akan diukur pada air, partikel tersuspensi, dan pada beberapa kerang.
3. Pengamatan struktur komunitas fitoplankton, khususnya fitoplankton berbahaya termasuk komposisi jenis, dan kelimpahan;
4. Pengukuran parameter lingkungan perairan yang meliputi suhu, salinitas, alkalinitas, pH, oksigen terlarut, kecerahan dan arah/besaran arus.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Road Map Penelitian

Kesehatan ekosistem terumbu karang Spermonde Sulawesi Selatan menjadi salah satu fokus kajian dalam bidang kelautan dan perikanan di Universitas Hasanuddin. Hal ini didasarkan dari kondisi mutakhir dari ekosistem terumbu karang, dimana terumbu karang yang kondisinya sedang dan rusak mencapai 79% (DKP, 2008). Edinger dkk (1998) menemukan bahwa salah satu penyebab utama kerusakan tersebut adalah buangan limbah daratan.

Kajian tentang pengayaan nutrisi, pencemaran logam berat dan potensi mikroalga berbahaya di perairan pesisir dan laut sekitar gugusan terumbu karang Spermonde Sulawesi Selatan telah mulai menjadi perhatian Universitas Hasanuddin, khususnya di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin (contoh: Benny, 2000; Estinawati, 2012; Faizal, 2012; Lukman, 2012). Namun kebanyakan dari penelitian tersebut masih partial dan belum intensif dalam pengungkapan peran sumber-sumber buangan utama (khususnya sungai-sungai besar) secara komprehensif dan mendalam. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang pengaruh buangan daratan terhadap ekosistem terumbu karang Spermonde masih diperlukan untuk mengetahui nasib dan proses dari bahan cemar daratan di perairan pesisir dan laut.

Oleh karena itu penelitian-penelitian tersebut perlu dikembangkan dalam sebuah kajian yang komprehensif yang memperhatikan beberapa aspek detail dari masing-masing komponen buangan daratan. Misalnya, penelitian pengayaan nutrisi di pesisir belum menghitung keseluruhan bentuk nitrogen (misalnya amoniak, nitrat, nitrit, atau total nitrogen) yang masuk ke dalam kolom air, termasuk perhitungan flux (debit buangan) dari sumber-sumber spasial utama (yaitu sungai-sungai besar) dari musim berbeda (*spatial and temporal variations*).

Penelitian tentang distribusi logam berat perlu dikembangkan dalam pengungkapan nasib logam berat di beberapa kompartemen perairan laut termasuk komponen non-hayati (kolom air dan partikel tersuspensi) dan kompartemen hayati (plankton dan biota). Demikian pula penelitian tentang potensi fitoplankton berbahaya yang berkembang diperairan pesisir dan laut bagian barat Sulawesi Selatan sebagai akibat dari pengayaan nutrisi. Saat ini, pembimbingan penelitian mahasiswa S1 sedang dilakukan pada pengungkapan distribusi dari mikroalga berbahaya di sekitar muara sungai Tallo Makassar dengan skala spasial terbatas (a.n. Muh. Saddam Mujib, L11107049, 2012). Dalam rangka meningkatkan kemampuan peneliti dalam bidang peneliti ikutan dalam peningkatan kapasitas penelitian mikroalga, bulan Februari 2012 peneliti ikut dalam kegiatan Seafood Safety Training and Workshop yang diselenggarakan oleh Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2O LIPI) dan National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) Amerika Serikat. Training dan Workshop ini berperan sangat penting bagi komunitas HAB di Indonesia dalam pengembangan kerjasama penelitian internasional (USA), dimana Universitas Hasanuddin (c.q. ketua peneliti) menjadi salah satu fokus pointnya.

Penelitian ini sangat berkaitan dengan Rencana Induk Penelitian dan Roadmap Penelitian Universitas Hasanuddin yang menetapkan ekosistem terumbu karang sebagai fokus penelitian dalam bidang kelautan dan perikanan. Peta jalan penelitian dengan fokus ekosistem terumbu karang dikembangkan dengan memperhatikan perkembangan penelitian terumbu karang, dimana faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kesehatan ekosistem terumbu karang perlu dikaji

lebih mendalam dan komprehensif dalam mendukung upaya-upaya pengelolaan terumbu karang termasuk upaya pengendalian kerusakan.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Laut, Pesisir, Pulau-Pulau Kecil Universitas Hasanuddin (Puslitbang LP3K Unhas) juga telah menetapkan kajian tentang kualitas lingkungan perairan dan kesehatan terumbu karang dalam pentajalan penelitiannya. Untuk itu, Puslitbang LP3K telah menjalin kerjasama dengan beberapa universitas luar negeri (misalnya Essex University the UK, ZMT Bremen, Jerman, AWI Jerman, James Cook University dan Southern Cross University di Australia, dan USA. Konektifitas dan kerjasama internasional ini akan sangat membantu pengembangan penelitian-penelitian tentang ekosistem terumbu karang dan kualitas lingkungannya.

2.2 Pengayaan Nutrien di Perairan Pesisir dan Laut

Nutrien memainkan peran yang sangat vital bagi produktifitas perairan dan kesehatan ekosistem. Nutrien adalah senyawa yang dibutuhkan untuk hidup dan pertumbuhan organisme laut, atau zat kimia yang dibutuhkan dalam metabolisme dan tidak dihasilkan sendiri oleh organisme tetapi diperoleh dari lingkungan. Organisme membutuhkan nutrien untuk membangun dan memperbaiki jaringan tubuh, mengatur proses-proses dalam tubuh serta memberikan energi bagi tubuh. Ketersediaan nutrien pada dasarnya adalah ketersediaan nitrogen dan fosfor. Sumber antropogenik dari nutrien berasal dari pupuk, pertanian, pertambangan dan limbah perkotaan dan industry.

Dalam kondisi yang sehat, perairan laut memiliki rasio nitrogen dan fosfor cukup besar yaitu 16 (*the Redfield Ratio*), seperti dijelaskan dalam reaksi produktifitas primer dibawah ini:



Dimana, karbon merepresentasikan karbohidrat, nitrogen merepresentasikan ketersediaan protein dan peptide, sedangkan fosfor dalam bentuk asam ester. Pengayaan nutrient (eutrofikasi atau nutrifikasi) diperairan telah menjadi perhatian yang serius baik dari kalangan ilmuwan maupun manajemen. Hampir disemua perairan kota-kota pesisir, telah terjadi pengayaan nutrien secara signifikan. Ini disebabkan oleh dampak lingkungan yang dihasilkan dari pengayaan nutrient tersebut. Perubahan konsentrasi nitrogen dan fosfat akan berakibat pada perubahan kesetimbangan ekosistem, dimana salahsatu efeknya adalah pertumbuhan signifikan dari mikro-dan makroalga.

Nutrient (nitrogen dan fosfat) di perairan terdapat dalam dua bentuk, yaitu organik dan anorganik. Penggunaan pupuk berbasis nitrogen (seperti Urea, $(NH_2)_2CO$) dibidang pertanian dan pertambangan secara global telah meningkatkan seratus kali lipat dalam empat dekade terakhir (Glibert et al., 2006).

2.3 Pencemaran Logam Berat di Pesisir dan Laut Sulawesi Selatan dan Potensi Bioakumulasi di Rantai Makanan

Perkembangan kota-kota di pesisir pantai barat Sulawesi Selatan, khususnya kota Makassar dan sekitarnya dewasa ini cukup pesat. Pertumbuhan perkotaan, industri, pertanian dan pertambangan ini tentu saja akan meningkatkan buangan limbah yang mengandung logam berat (kategori beracun dan berbahaya (B3), diantaranya adalah Timbel (Pb) dan Kadmium (Cd). Hasil kajian terbaru tentang konsentrasi Pb dan Cd di fraksi lumpur dari sedimen di perairan Makassar menunjukkan bahwa konsentrasi logam-logam

tersebut di muara Sungai Je'neberang rata-rata $0,73 \pm 0,105 \text{ mg/kg}$ untuk Pb dan $0,08 \pm 0,01 \text{ mg/kg}$ untuk Cd, di Pantai Losari memiliki konsentrasi $1,73 \pm 0,125 \text{ mg/kg}$ (Pb) dan $0,07 \pm 0,01 \text{ mg/kg}$ (Cd), sedangkan di Muara Sungai Tallo yaitu $0,52 \pm 0,395 \text{ mg/kg}$ (Pb) dan $0,148 \pm 0,04 \text{ mg/kg}$ (Cd) (Lukman, 2012). Sedangkan, konsentrasi logam Cd di kolom air di perairan sekitar kota Makassar adalah di Muara Sungai Jeneberang rata-rata $0,04 \pm 0,004 \text{ mg/L}$, Pantai Losari rata-rata $0,03 \pm 0,004 \text{ mg/L}$, dan muara sungai Tallo rata-rata adalah $0,01 \pm 0,002 \text{ mg/L}$ (Estinawati, 2012).

Bioakumulasi dan biomagnifikasi bahan beracun di rantai makanan, terjadi mulai dari produsen tingkat pertama hingga konsumen akhir, misalnya dari plankton (Rossi & James, 2008), kerang (Richard & Chaloupka, 2009; Giarratano dkk, 2010), hingga ikan-ikan (Sekhar dkk, 2003) dan udang (Jung & Zauke, 2008).

2.4 Fitoplankton Berbahaya (Harmful Algal Bloom)

Mikroalga (fitoplankton) berbahaya (*Harmful Algal Bloom, HAB*) didefinisikan sebagai mikroalga yang memiliki dampak terhadap manusia dan organism lainnya, yang secara operasional dibedakan menjadi dua tipe: (1) mikroalga penghasil racun (*toxic microalga*), dan (2) mikroalga yang dapat berkembang cepat (*high-biomass producers*). Perkembangan populasi mikroalga yang cepat (*high-biomass proliferation*) dapat meningkatkan kepadatan populasi hingga $10^4 - 10^5$ sel/liter selama 1 - 3 minggu (Maso & Garces, 2006). Spesies berbahaya terdiri dalam 6 grup, yaitu diatom, dinoflagellata, haptofita, rapidofita, cianofita, dan pelagofita, dimana mereka memiliki perbedaan karakter morfologi, fisiologi dan ekologi. Dari sekitar 4000 spesies mikroalga laut, 200 diantaranya berbahaya, dan 80 (utamanya dinoflagellata) yang memiliki racun (Zingone & Enevoldsen, 2000; Smayda & Reynolds, 2003, Maso & Garces, 2006). Perkembangan yang cepat tersebut biasanya dapat dilihat secara visual dari perubahan warna permukaan air laut. Proliferasi inilah yang biasanya disebut sebagai pasang merah (*Red Tide*), yang dikarakteristikan oleh dominansi tinggi dari spesies tertentu.

Perkembangan kejadian HAB sudah sangat memprihatinkan di banyak kota-kota pesisir di dunia baik di Amerika, Eropa, dan terutama di Asia (Hallegraef, 1993). Kejadian HAB memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap perikanan, ekonomi, dan kesehatan manusia (Halleagraf, 1993). Kejadian HAB akan menstimulasi menurunnya kandungan oksigen terlarut di perairan (anoxia) akibat konsumsi oksigen dalam proses bio-degradasi plankton red tide yang mati. Kejadian anoxia ini dapat menyebabkan terjadinya kematian massal ikan di perairan. Sedangkan, tingginya konsentrasi alga beracun di perairan akan meningkatkan potensi transfer racun dari fitoplankton ke konsumen tingkat tinggi lainnya (termasuk ikan, kerang, dan bahkan manusia). Terdapat lima jenis racun yang dihasilkan oleh HAB spesies, yaitu: Paralytic Shellfish Poisoning (PSP), Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP), Neurotoxic Shellfish Poisoning (NSP), Amnesic Shellfish Poisoning (ASP), dan Ciguatera Fish Poisoning (CFP).

2.5 Implikasi Pada Kesehatan Terumbu Karang dan Keamanan Pangan dari Laut

Kesehatan ekosistem terumbu karang sangat dipengaruhi oleh kualitas perairan. Hampir dijumpai di seluruh dunia, penurunan densitas dan keanekaragaman karang berhubungan dengan meningkatnya laju pengayaan nutrisi (eutrofikasi) di perairan laut (Costa Jr. dkk., 2008; Fabricus dkk., 2005). Tingginya nutrisi di perairan merusak ekosistem terumbu karang dan biodiversitas (Edinger dkk, 1998; Hatcher, 1997.). Walaupun diakui oleh banyak ilmuwan bahwa karang tidak hanya dibatasi pada lingkungan yang oligotrofik, kebutuhan akan nutrisi yang berlebihan tidak begitu penting bahkan memiliki efek samping. Hal ini juga diperkuat oleh konsensus bahwa aktifitas biologi dari komunitas planktonik (yang dipengaruhi oleh nutrisi) tidak sepenting komunitas bentik pada sebuah ekosistem terumbu karang yang sehat (Costa Jr dkk, 2008).

Pengayaan nutrisi di perairan (sering disebut sebagai eutrofikasi atau nutrifikasi) sekitar terumbu karang berakibat pada ketidakseimbangan pertukaran nutrisi antara zooxanthella (alga simbiosis) dengan rumah karangnya (*the host coral*). Selain itu, pengayaan nutrisi di perairan juga memberikan beberapa

dampak pada kesehatan terumbu karang melalui pengurangan daya penetrasi cahaya akibat dari pertumbuhan fitoplankton. Meningkatnya fitoplankton yang cukup besar akan mengganggu bahkan merusak *settlement* dari larva karang, termasuk kemungkinan menurunnya tingkat kelangsungan hidup larva karang akibat pemangsa bilamana terjadi perkembangan plankton karnivora. Sedangkan pengayaan nutrisi juga akan mengganggu kesetimbangan rasio nitrogen fosfat diperairan berakibat pada berkembangnya spesies fitoplankton berbahaya – mengandung racun dan menyebabkan blooming - (Anderson dkk., 2008; Heisler dkk., 2008). Perubahan struktur komunitas fitoplankton ini berakibat pada kerentanan sumber pangan laut di kawasan terumbu karang dari kontaminasi racun.

Dampak lainnya adalah percepatan pertumbuhan makroalga (*fleshy* dan berfilamen) dan rumput laut, yang pada akhirnya akan mengganggu pertumbuhan karang (Bahartan dkk., 2010; Costa Jr dkk, 2008; McCook, 1999). Fenomena ini disebut dengan fase pergeseran (*phase shift*), yaitu fase dimana kelimpahan spesies karang digeser oleh kelimpahan makroalga. Fase pergeseran ini akan membawa laju kerusakan terumbu karang yang signifikan, apalagi diikuti oleh berkurangnya ikan-ikan herbivora akibat penangkapan berlebih (McCook, 1999).

Kesehatan terumbu karang juga sangat dipengaruhi oleh meningkatnya konsentrasi logam berat (misalnya timbal, kadmium, dan merkuri). Tingginya konsentrasi logam-logam tersebut diperairan akan berdampak pada bioakumulasi logam berat pada rantai makanan yang ada di ekosistem terumbu karang (Rossi dan James, 2008). Plankton memiliki peran signifikan dalam mentransfer logam-logam berat ke rantai makanan di laut (Michael dan Flegal, 1990). Penelitian juga mengungkapkan bahwa logam berat dan bahan cemar organik menghambat fertilisasi karang dan metamorfosis dari larva karang (Negri & Heyward, 2001).

2.6 Box Model

“Box model” adalah suatu model khusus, yang merupakan suatu pemecahan perkiraan-terbatas (*finite-approximation*) untuk persamaan kesetimbangan massa pada model transport (Ward dan Montague, 1996). Selanjutnya disebutkan bahwa kelebihan “box model” dibanding model transport numerik yang lebih canggih adalah: “Box model” sederhana secara konseptual, oleh

karena itu pertimbangan intuisi diperlukan; Dapat diformulasikan sebagai neraca akuntansi, sehingga memberikan kerangka yang lebih mudah untuk mendefinisikan besaran dan distribusi dari beban (muatan) dan konsentrasi yang tinggi, dan untuk menilai kecukupan data lapangan; Perhitungan dalam “box model” lebih sederhana, cukup dengan menggunakan kalkulator atau *spreadsheet software*. Sedangkan kekurangan “box model” di antaranya adalah: sifat dan implikasi dari penyederhanaan asumsi bisa saja hilang (seperti kondisi *long-term steady state*, atau perkiraan yang berbeda yang digunakan dalam perhitungan transport); dan mungkin saja akan memberikan gambaran mengenai ketepatan yang nampaknya masuk akal tetapi sebenarnya tidak sepenuhnya benar.

Menurut Peirson *et al.* (2002), “box model” adalah suatu pendekatan kajian estuari dengan pembagian estuari dalam beberapa segmen. Untuk estuari yang tercampur sempurna (*well-mixed estuary*), diasumsikan selalu terjadi pencampuran air setiap saat dalam segmen. Untuk estuari yang terstratifikasi, pembagian segmen didasarkan pada stratifikasi hasil observasi.

Estuari dibagi menjadi beberapa segmen. Pada estuari yang tidak terstratifikasi, satu seri kompartemen ditetapkan berdasarkan volume (V) pada saat pasang dan saat surut. Pada tiap kompartemen disusun persamaan kesetimbangan garam dengan pertimbangan pengaruh aliran air tawar di bagian hulu estuari dan laut sebagai batas hilirnya. Sebaran salinitas dapat diperkirakan berdasarkan laju pencampuran dalam estuari yang telah ditetapkan (Peirson *et al.* 2002). Pada estuari terstratifikasi, untuk setiap kompartemen, persamaan kesetimbangan garam dapat dikembangkan sehingga memungkinkan laju pergantian dan pencampuran antara kompartemen yang berdekatan dapat ditentukan (Peirson *et al.*, 2002).

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji secara komprehensif konsentrasi dan fluks nutrien dan logam berat secara musiman dari sumber-sumber buangan utama (yaitu sungai-sungai besar di pantai barat Sulawesi Selatan dari kota Makassar, kabupaten Maros, dan kabupaten Pangkajene Kepulauan) ke perairan gugusan terumbu karang Spermonde. Selain itu, penelitian ini juga akan menganalisa potensi mikroalga (fitoplankton) berbahaya sebagai akibat dari pengayaan nutrient di perairan.

Manfaat penelitian ini adalah tersedianya informasi tentang besaran buangan daratan dari sungai-sungai besar di sekitar gugusan terumbu karang Spermonde, yang kemudian dapat dijadikan rujukan dalam pengelolaan lingkungan hidup di Sulawesi Selatan. Selain itu, data dan informasi yang dihasilkan ini dapat dijadikan dasar dalam pengembangan Model Keseimbangan Massa (*Mass Balance Model*) yang berguna untuk mengestimasi konsentrasi buangan untuk skala temporal dan spatial yang lebih luas. Model tersebut sangat bermanfaat dalam pembangunan scenario pengelolaan cemaran daratan, yang dapat menunjang upaya penyelamatan terumbu karang dan sekaligus mendukung upaya meningkatkan produktifitas pangan.

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian adalah perairan pesisir, khususnya perairan sekitar muara sungai-sungai besar yang berada pada wilayah administrasi kota Makassar (muara sungai Tallo), kabupaten Maros (muara sungai Maros), kabupaten Pangkajene Kepulauan (muara sungai Pangkep) dan perairan laut kepulauan Spermonde (di sekitar kepulauan Lanyukang) (Gambar 1). Ekspedisi laut untuk pengambilan sampel berlangsung selama 25 Februari – 3 Maret 2014). Pengambilan sampel telah dilakukan seluruhnya dengan jumlah total sampel air dari 12 titik sampling, cukup untuk analisa nutrient 400 data, Plankton 60, sedimen 25. Pengambilan sampel juga diikuti dengan pengukuran parameter oseanografi yang meliputi suhu, salinitas, alkalinitas, pH, oksigen terlarut, kecerahan, kedalaman dan kecepatan/arah arus.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (titik merah) di Perairan Pesisir dan Perairan Laut Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan.

4.2 Metode dan Analisa Data

Metode penelitian meliputi: (1) kajian pustaka, (2) pengambilan contoh (*sample collection*), (2) pengukuran kandungan nutrient, logam berat, dan pengidentifikasian struktur komunitas plankton, (3) pengolahan dan analisa data, serta (4) pelaporan dan publikasi.

Adapun parameter kualitas perairan yang diukur adalah:

1. Nutrien; yang meliputi amoniak (NH_3), nitrat (NO_3), nitrit (NO_2), fosfat (PO_4), dan Silikat (SiO_3);
2. Logam esensial (besi, Fe) dan logam berat (bahan cemar) yang meliputi Timbel (Pb) dan Cadmium (Cd). Logam-logam ini diukur pada air dan pada beberapa sedimen;
3. Analisis klorofil-a dan pengamatan struktur komunitas fitoplankton, khususnya fitoplankton berbahaya;
4. Pengukuran paramater lingkungan perairan yang meliputi suhu, salinitas, alkalinitas, oksigen terlarut, pH, kecerahan, dan arah/besaran arus.

5. Pengukuran buangan nutrient (flux) di perairan, dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_m = \frac{\sum(C_i \cdot Q_i)}{\sum Q_i} = \frac{\mu\text{mol/L} \cdot \text{m/s}}{\text{m/s}} = \mu\text{mol/L}$$

Diketahui :

C_m = Konsentrasi nutrient setiap penampang muara (mmol/L)

C_i = Konsentrasi nutrien (mmol/L)

Q_i = Kecepatan arus (m/s)

$$Q_{tot} = \text{Luas Alas} \cdot \text{Rata-rata Kec. Arus} = \text{m}^2 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m}^3/\text{s}$$

Untuk menghitung konsentrasi nutrient berdasarkan buangan dari muara sungai digunakan rumus :

$$F_s = C_m \cdot Q_{tot} = \text{gr/kL} \cdot \text{m}^3/\text{s} = \text{gr/s}$$

Diketahui :

Flux = Buangan nutrient setiap muara sungai (mmol/s)

C_m = Konsentrasi nutrien setiap penampang (mmol/L)

Q_{tot} = Total Kecepatan arus (m/s)

4.3 Kajian Pustaka (literature review)

Kajian pustaka dilakukan untuk mengevaluasi catatan pustaka tentang kondisi pengayaan nutrien, pencemaran logam berat, dan distribusi mikrogalga berbahaya secara umum dan hubungannya dengan faktor-faktor lingkungan lainnya. Kajian pustaka juga diarahkan dalam pembentukan pemahaman tentang model kesetimbangan massa yang dikembangkan kemudian.

4.4 Pengambilan contoh - plankton, air dan biota (*Ekspedisi Laut* : Februari – Maret 2014)

IV.4.1.1 Pengambilan Contoh Air Untuk Pengukuran Nutrien, Logam Berat, dan Parameter Lingkungan Lainnya (Klorofil-a dan Oksigen Terlarut)

Pengambilan contoh air (untuk nutrien, logam berat, klorofil-a, dan oksigen terlarut) menggunakan pompa isap dan botol niskin pada kedalaman 2 meter dibawah permukaan. Sampel air untuk nutrien disimpan pada botol sampel nutrien dan logam berat. Penyiapan sampel air

untuk analisa nutrient dilakukan dengan menyaring air tersebut pada filter GFF, kemudian ditoksifikasi dengan menggunakan $HgCl_2$.

Sampel logam berat disaring dengan menggunakan membrane selulosa ($0.45 \mu m$). Sampel air kemudian disimpan pada suhu $4^\circ C$ untuk analisa selanjutnya. Kontaminasi dari lingkungan pada sampel sangat diperhatikan dengan menghindari kontak langsung sampel dengan udara bebas.

Pengambilan contoh klorofil-a dilakukan dengan menyaring air sample dengan menggunakan GF/F ($0.7 \mu m$). Masing-masing filter kemudian di masukkan ke dalam botol sentrifuge kemudian dibungkus dengan aluminium foil dan disimpan dalam kotak dingin (cool box).

IV.4.1.2 Pengambilan Plankton

Pengambilan sampel plankton dilakukan dengan menggunakan plankton net ukuran $25 \mu m$, $55 \mu m$ dan $100 \mu m$. Volume air tersaring dihitung dengan menggunakan flowmeter. Kemudian sampel plankton tersebut dikumpulkan pada botol sampel dan diawetkan dengan larutan lugol (1%).

4.5 Pengamatan Komunitas Plankton dan Pengukuran kadar nutrien dan logam berat

IV.5.1.1 Pengamatan Komunitas Plankton

Pencacahan dan identifikasi plankton dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Laut, Puslitbang LP3K Unhas, dengan menggunakan mikroskop konverter. Identifikasi dilakukan sesuai Wickstead (1965), Yamaji (1976) dan Taylor (1998). Pencacahan dilakukan dengan Sedgwick-Rafter Counting Cell atas fraksi sampel.

IV.5.1.2 Pengukuran Nutrient (Amoniak, Nitrat, Nitrit, Fosfat, dan Silikat)

Kadar amoniak, nitrat, nitrit, fosfat, dan silikat dianalisis dengan metode Spektrofotometer dengan prosedur pengambilan sampel, penyiapan dan pengukuran yang disesuaikan dengan metode *Grasshoff* dkk., (1983). Analisis nutrient meliputi analisis nitrat, nitrit, amoniak, fosfat dan silikat yang diukur pada panjang gelombang 885 nm untuk fosfat, 543 nm untuk nitrat, dan 810 nm untuk silikat (Strickland dan Parsons, 1972).

IV.5.1.3 Pengukuran Logam Berat

Pengukuran logam berat meliputi pengukuran logam besi (Fe) logam timbal (Pb), dan Kadmium (Cd), pada kompartemen non-hayati (sedimen, partikel tersuspensi) dan kerang. Metode persiapan sampel meliputi homogenisasi sampel dan destruksi sampel dengan menggunakan asam kuat. Pengukuran kadar logam menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), dengan metode kurva linear 4 poin dengan menggunakan standar baku.

IV.5.1.4 Pengukuran Parameter Lingkungan: Klorofil-a dan Oksigen Terlarut

Klorofil-a. Proses ekstraksi klorofil-a dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Laut, Puslitbang LP3K Unhas. Ekstraksi menggunakan acetone (90%, p.a) selama 24 jam dalam keadaan gelap, kemudian disentrifugasikan dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Pengukuran klorofil-a dilakukan dengan spektrofotometer dengan menggunakan panjang gelombang 630 , 647 , 664 dan 750 nm (metode trikromatik) (Aminot dan Rey, 2000).

Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen, DO) Pengukuran oksigen terlarut (DO) dilakukan dengan metode Kadar oksigen terlarut diukur dengan menggunakan DO meter (merek YSI 550 A).

Pengukuran parameter oseanografi (suhu, salinitas, alkalinitas, pH, kecerahan dan arus/besaran arus) dilakukan dengan menggunakan alat pengukur parameter oseanografi yang meliputi pH meter (Oreon 3-Star), handrefraktormeter (Atago), termometer (YSI 550 A), secchi-disk, current meter (Flow-watch JDC).

BAB V. HASIL YANG DICAPAI

Secara umum analisis sampel sudah di laksanakan 100%. Analisa sampel dilakukan untuk nutrient meliputi amoniak (NH_3), nitrat (NO_3), nitrit (NO_2), fosfat (PO_4), dan silikat (SiO_3) untuk nutrient, klorofil-a, logam (Fe) dan logam berat (Cd, dan Pb), serta analisis plankton (struktur komunitas diatom dan dinoflagellata). Perhitungan flux buangan daratan sungai besar dilakukan dengan menghitung muatan partikel tersuspensi (SPM), dan perhitungan volume penampang muara sungai.

4.6 Kondisi Perairan

Pengukuran parameter oseanografi yang meliputi suhu, salinitas, alkalinitas, pH, oksigen terlarut, kecerahan, kedalaman dan kecepatan/arrah arus (Tabel 1). Hasil menunjukkan bahwa kondisi perairan saat sampling dilakukan (musim peralihan musim hujan) menunjukkan kisaran suhu antara $29.2 - 35.6$ °C; kisaran salinitas $2.3 - 30.9$ ‰; kisaran oksigen terlarut $6.51 - 7.01$ mgL^{-1} ; kisaran pH $6.52 - 7.92$; dan kecerahan berkisar $0.5 - 10$ m. Secara horisontal dari muara sungai ke arah laut menunjukkan nilai konsentrasi suhu dan oksigen yang makin menurun pada muara sungai Pangkep. Sedangkan pada muara sungai Tallo nilai konsentrasi oksigen terlarut yang makin tinggi ke arah laut.

Tabel 1. Parameter Lingkungan

NO	LOKASI	KODE SAMPEL	WAKTU PENGAMATAN WITA	LOKASI		SUHU (°C)	SALINITAS (%)	DO (mgL ⁻¹)	pH	KECERAHAN (m)
				S	E					
1	SUNGAI PANGKEP	P.2.1.2	11.45	04°52'09.4"	119°30'08.7"	31.1	4.4	5.97	7.09	100%
	28 Februari 2014	P.2.2.2	11.40	04°50'59.9"	119°29'49.9"	33.6	10.6	3.78	6.52	100%
		P.2.3.2	11.00	04°49'55.4"	119°29'50.7"	31.1	30.6	6.86	7.35	4.7
2	SUNGAI MAROS	M.1	15.30	04°59'27.3"	119°28'35.3"	30.2	3.6	6.51	6.97	2
	1 Maret 2014	M.2	15.10	04°59'20.2"	119°28'19.7"	30.0	3.5	6.44	6.98	14
		M.3	15.20	04°59'14.7"	119°28'06.4"	31.1	6.5	6.55	7.08	10
3	SUNGAI TALLO	TL.1	16.03	05°05'41.3"	119°26'40.9"	31.3	5.8	5.72	6.58	2
	1 Maret 2014	TL.2	16.00	05°05'33.7"	119°26'24.8"	30.9	27.6	6.52	7.28	2
		TL.3	17.50	05°05'21.3"	119°26'07.0"	31.5	27.1	5.46	7.08	2
4	KAPOPOSANG	KP.1	14.55	04°41'30.3"	118°56'37.9"	30	31.3	7.95	7.41	100%
	27 Februari 2014	KP.2	14.25	04°41'22.3"	118°56'16.9"	29	31.3	7.06	7.41	>16
		KP.3	13.54	04°40'34.0"	118°55'30.7"	29.8	31.4	6.91	7.48	1400%

4.7 Konsentrasi Nutrien

Hasil penelitian menunjukkan kadar nutrient yang relative tinggi dipesisir dibanding pada perairan laut. Ringkasan hasil sementara konsentrasi nutrient disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan sebaran nutrient konsentrasi N,P, dan Si pada muara sungai Tallo sampling III lebih tersebar dengan konsentrasi yang lebih tinggi dibanding pada sampling ke I dan II, kemudian pada muara sungai Pangkep dan Maros konsentrasi nutrient tidak tersebar dengan konsentrasi yang lebih kecil dibanding sampling I (Lampiran 1.15).

Tabel 2. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) Nutrien ($\mu\text{mol/L}$) di Perairan Pesisir dan Kepulauan Spermonde Februari – Maret 2014

No	Lokasi	Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) Nutrien, $\mu\text{mol/L}$		
		N	P	Si
1	Sungai Pangkep	12.587 - 39.593 (22.926 \pm 8.327)	0.234 - 1.431 (0.705 \pm 0.341)	3.091 - 38.334 (24.486 \pm 11.661)
2	Sungai Maros	11.353 - 36.876 (26.523 \pm 8.880)	0.386 - 1.205 (0.860 \pm 0.323)	3.664 - 30.995 (25.662 \pm 5.562)
3	Sungai Tallo	51.150 - 80.397 (61.837 \pm 8.436)	0.351 - 0.852 (0.555 \pm 0.140)	9.994 - 19.920 (14.373 \pm 3.102)
4	Pulau Kapoposang	0.028 - 0.033 (0.030 \pm 0.003)	1.184 - 1.422 (01.328 \pm 0.127)	8.777 - 8.849 (8.825 \pm 0.042)

4.8 Logam Fe dan Logam Berat (Pb, Cd)

Hasil penelitian menunjukkan logam Fe pada kolom air berkisar antara 0,14 mg/L dan 0.59 mg/L (Tabel 3). Kisaran konsentrasi Fe tertinggi ditemukan di muara sungai Tallo yaitu 0.14 – 0.59 mg/L dan terendah pada muara sungai Maros yaitu 0.14 – 0.37 mg/L, berbeda pada lokasi pulau Kapoposang 0.14 – 0.23 mg/L.

Konsentrasi logam Pb dan Cd pada sedimen yaitu 0.12 – 0.94 (mg/L) dan 0.007 – 1.54 (mg/L) (Tabel 4). Kisaran konsentrasi Pb tertinggi ditemukan di muara sungai Labakkang yaitu 0.161 - 0.685 (mg/L) dan terendah pada muara sungai Lembangan yaitu 0.12 - 0.25 (mg/L). Temuan ini berbeda dengan konsentrasi Cd, dimana konsentrasi Cd tertinggi ditemukan pada muara sungai Kalibone yaitu 1.22 – 1.54 (mg/L), dan terendah pada muara sungai Tallo 0.007 - 0.071 (mg/L)

Tabel 3. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata ± standard deviasi) logam Fe (mg/L) di Perairan Pesisir dan Kepulauan Spermonde

No	Lokasi	Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata ± standard deviasi) Fe (mg/L)
1	Sungai Pangkep	0.14 – 0.54 (0.26 ± 0.09)
2	Sungai Maros	0.14 – 0.37 (0.24 ± 0.08)
3	Sungai Tallo	0.14 – 0.59 (0.41 ± 0.15)
4	Pulau Kapoposang	0.14 – 0.23 (0.26 ± 0.3)

Tabel 4. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata ± standard deviasi) logam Pb dan Cd (mg/L) pada Sedimen di Perairan Pesisir Spermonde

No	Lokasi	Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata ± standard deviasi) Logam berat (mg/L)	
		Sedimen	
		Cd	Pb
1	Kalibone (P.1)	0.53 - 0.89 (0.704 ± 0.183)	1.22 - 1.54 (1.384 ± 0.156)
2	Labakkang (P.3)	0.161 - 0.685 (0.403 ± 0.264)	0.013 - 0.063 (0.043 ± 0.027)
3	Lembangan (P.4)	0.12 - 0.25 (0.189 ± 0.046)	0.01 - 0.07 (0.048 ± 0.029)
5	Tallo	0.28 - 0.94 (0.67 ± 0.12)	0.007 - 0.071 (0.034 ± 0.027)

4.4 Klorofil-a

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi klorofil-a pada perairan pesisir berkisar antara 0.174 mg/m₃ hingga 11.93 mg/m₃ pada trip III berkisar antara 0.190 – 21.033 mg/m₃ (Tabel 5). Konsentrasi klorofil-a pada perairan laut berkisar antara 0.543 mg/m₃ hingga 2.542 mg/m₃ pada musim hujan tinggi, sedangkan pada musim hujan rendah angka berkisar antara 0.956 – 2.77 mg/m₃ sedangkang pada trip III berkisar atara 0.315 – 0.668 mg/m₃. Nilai klorofil-a antara dua musim tersebut relative sama.

Tabel 5. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) klorofil-a (mg/m_3) di Perairan Pesisir dan Kepulauan Spermonde

No	Lokasi	Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) Klorofil-a (mg/m_3)
1	Sungai Pangkep	0.190 – 21.033 (4.607 \pm 4.518)
2	Sungai Maros	1.134 – 2.461 (1.555 \pm 0.423)
3	Sungai Tallo	1.529 – 2.970 (1.917 \pm 0.443)
4	Pulau Kapoposang	0.315 – 0.668 (0.551 \pm 0.144)

4.5 Total padatan tersuspensi (TSS)

Hasil penelitian menunjukkan nilai TSS pada muara sungai-sungai besar berkisar antara 9.6 mg/L hingga 63.4 mg/L pada musim curah hujan tinggi, sedangkan pada musim curah hujan rendah kisarannya antara 17.9 mg/L dan 55.1 mg/L (Tabel 6). Konsentrasi TSS pada perairan laut berkisar antara 0.8 mg/L hingga 14.1 mg/L pada musim hujan tinggi, pada musim hujan rendah angka berkisar antara 41.1 – 61.4 mg/L , sedangkan pada musim peralihan ke musim hujan antara 10.23 mg/L – 57.46 mg/L . Nilai TSS pada perairan laut pada musim curah hujan rendah relative tinggi.

Tabel 6. Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) TSS (mg/L) di Perairan Pesisir dan dan Kepulauan Spermonde

No	Lokasi	Kisaran Konsentrasi (nilai rata-rata \pm standard deviasi) TSS (mg/L)
1	Sungai Pangkep	10.23 – 93.35 (35.91 \pm 22.29)
2	Sungai Maros	13.86 – 42.44 (22.46 \pm 11.48)
3	Sungai Tallo	30.42 – 57.46 (44.92 \pm 9.97)
4	Pulau Kapoposang	35.30 – 45.10 (41.35 \pm 5.29)

4.6 Komunitas fitoplankton (diatom dan dinoflagellata)

Kepadatan fitoplankton menunjukkan bahwa Diatom pada sampling I, dan III di dominasi pada muara sungai Pangkep yaitu 28751 Sel L^{-1} pada musim hujan dan 12865 Sel L^{-1} pada musim peralihan (Tabel 7). Sedangkan pada sampling II, kepadatan Diatom tertinggi pada muara sungai Maros 1067 sel L^{-1} dan terendah pada muara sungai Pangkep yaitu 620 sel L^{-1} . Adanya perbedaan persentasi jenis kepadatan tertinggi pada setiap sampling pada musim hujan jenis *Chaetoceros* 63.7 %, pada musim kemarau di dominasi oleh jenis *Rhizolenia* dengan persentase 50% sedangkan pada musim peralihan yaitu jenis *Thalassiosira* 58%. Hal ini