

**TINJAUAN KOMPREHENSIF KUALITAS AIR UNTUK
BUDIDAYA RUMPUT LAUT *Kappaphycus alvarezii* (Doty) PADA
MUSIM DAN LOKASI YANG BERBEDA**

**Comprehensive Review of Water Quality For *Kappaphycus Alvarezii* (Doty)
Seaweed Cultivation In Different Seasons And Locations**

BADRAENI



**PROGRAM DOKTORAL ILMU PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2020

**COMPREHENSIVE REVIEW OF WATER-QUALITY FOR
Kappaphycus alvarezii (Doty) SEAWEED CULTIVATION IN
DIFFERENT SEASONS AND LOCATIONS**

**Tinjauan Komprehensif Kualitas Air Untuk Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus
Alvarezii* (Doty) Pada Musim Dan Lokasi Yang Berbeda**

**BADRAENI
P1200315013**

DISSERTATION

Submitted in partial fulfilment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy (PhD)

**DOCTORAL PROGRAM IN FISHERIES
FACULTY OF MARINE SCIENCE AND FISHERIES
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

Tim Penguji : 1. Prof. Dr. Ir. Rajuddin Syamsuddin, M.Sc.

2. Prof. Dr. Ir. Haryati, M.Si.

3. Dr. Ir. Farid Samawi, M.Si.

4. Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA.

5. Dr. Ir. Gunarto Latama, M.Sc.

6. Muh. Iqbal Djawad, Ph.D.

Penguji Luar Komisi pada Ujian Disertasi : Prof. Dr. Ir. Brata Pantjaca, M.Si.

**COMPREHENSIVE REVIEW OF WATER-QUALITY FOR
Kappaphycus alvarezii (Doty) SEAWEED CULTIVATION IN
DIFFERENT SEASONS AND LOCATIONS**

**Tinjauan Komprehensif Kualitas Air Untuk Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus
Alvarezii* (Doty) Pada Musim Dan Lokasi Yang Berbeda**

**BADRAENI
P1200315013**

DISSERTATION

Submitted in partial fulfilment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy (PhD)

**DOCTORAL PROGRAM IN FISHERIES
FACULTY OF MARINE SCIENCE AND FISHERIES
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2020

- Tim Penguji :
1. Prof. Dr. Ir. Rajuddin Syamsuddin, M.Sc.
 2. Prof. Dr. Ir. Haryati, M.Si.
 3. Dr. Ir. Farid Samawi, M.Si.
 4. Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA.
 5. Dr. Ir. Gunarto Latama, M.Sc.
 6. Muh. Iqbal Djawad, Ph.D.

Penguji Luar Komisi pada Ujian Disertasi : Prof. Dr. Ir. Brata Pantjaca, M.Si.

HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI

Judul disertasi : Tinjauan Komprehensif Kulit Air Untuk Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* (Doty) Pada Musim Dan Lokasi Yang Berbeda

Nama Mahasiswa : Badraeni
Nomor Pokok : P1200315013
Program Studi : Ilmu Perikanan

Disertasi telah diperiksa dan disetujui oleh :

Komisi Penasehat,



Prof. Dr. Ir. Rajuddin Syamsuddin, M.Sc.

Promotor



Prof. Dr. Ir. Harwati, M.Si

Ko-Promotor I



Dr. Ir. M. Farid Samawi, M.Si

Ko-Promotor II

Ketua Program Studi S3
Ilmu Perikanan,



Prof. Dr. Ir. Sharifuddin Bin Andy Omar, M.Sc.

NIP. 195902231988111001

Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan,




Dr. Ir. St. Aisjah Farhum, M.Si

NIP. 196906051993032002

Tanggal Lulus: 28 September 2020

PERNYATAAN KEPEMILIKAN TULISAN

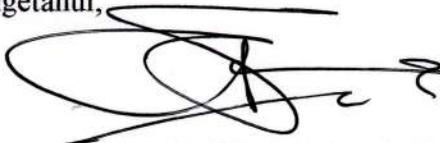
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Badraeni
NIM : P1200315013
Program Studi : Ilmu Perikanan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi disertasi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai pemilik tulisan (*author*) dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan disertasi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan disertasi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 21 Agustus 2020

Mengetahui,



Prof. Dr. Ir. Sharifuddin Bin Andy Omar, M.Sc
NIP. 195902231988111001



Badraeni
NIM. P1200315013

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul **“Tinjauan Komprehensif Kualitas Air Untuk Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* (Doty) Pada Musim Dan Lokasi Yang Berbeda”**. Disertasi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Disertasi ini terdiri dari beberapa bagian yang telah diterbitkan pada dua jurnal Internasional terindeks Scopus.

Penyelesaian disertasi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu sebagai bentuk apresiasi setinggi-tingginya, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Teristimewah kepada Orang tua alm. bpk H. Djamaluddin Hasbullah dan Ibu Hj. Syamsiar Bunga Daeng yang telah mendidik dan merawatku dari kecil serta selalu memberikan motivasi dan doa selama penulis menempuh pendidikan. Juga kepada mertua alm. bpk H. Amis dan Hj. Mariantang serta alm. bpk Prof. H. Mappa Nasrun dan Ibu Hj. Marhaya Nasrun yang selalu memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan pendidikan S3.
2. Suami tercinta alm. H. Halidin Arfan dan anak-anakku tersayang Muh. Rheza Oktafiansyah Arfan, Haifa Ghassani Arfan, Hafizha Qashri Arfan dan Hafani Zhufairah Arfan atas segala pengertian dan dukungannya serta doanya hingga penulis dapat menyelesaikan studi ini.
3. Prof. Dr. Ir. Radjuddin Syamsuddin, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Haryati, M.Si dan Dr. Ir. Muh. Farid Samawi, M.Si. selaku tim promotor dan ko-promotor atas arahan, masukan dan motivasi dan saran-saran yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat melalui serangkaian proses penyelesaian Disertasi.
4. Dr. Ir. Gunarto Latama, M.Sc., Muh. Iqbal Djawad, Ph.D. dan Dr. Ir. Zainuddin, M.Si selaku penguji internal atas segala saran dan masukan kepada penulis mulai dari seminar proposal hingga pada tahap akhir.
5. Prof. Dr. Ir. Brata Panjara, M.Si. atas waktu dan kesediaannya menjadi penguji eksternal.
6. Prof. Dr. Ir. Najamuddin, M.Sc selaku ketua Program Studi pada program Doktorat Ilmu Perikanan, FIKP Unhas (Periode 2015-2019) dan juga kepada Prof. Dr. Ir. Sharifuddin Bin

Andy Omar, M.Sc sebagai ketua Program Studi pada Program Doktor Ilmu Perikanan, FIKP Unhas (Periode 2019-saat ini) atas segala bantuan dan motivasinya agar kami segera menyelesaikan pendidikan ini.

7. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Dekan FIKP Unhas pada periode 2014-2018 dan Dr. Ir. St. Aisjah Farhum, M.Si selaku Dekan FIKP Unhas periode 2018-2021, yang telah memperjuangkan penulis agar dapat mengambil Program Doktor di FIKP Unhas.
8. Teman-teman di PS. Budidaya Perairan FIKP terima kasih atas motivasi dan pengertiannya selama penulis menyelesaikan pendidikan Program Doktor di FIKP Unhas.
9. Seluruh dosen pengajar dan staf di lingkungan FIKP yang telah banyak membantu penulis selama mengikuti pendidikan Doktor di Ilmu Perikanan FIKP Unhas.
10. Para sahabat seperjuangan program Doktor Ilmu Perikanan, FIKP Unhas angkatan 2015 atas kebersamaan dan kerjasamanya serta motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi Doktor di FIKP Unhas.

Masih banyak orang-orang yang secara tidak langsung berkontribusi dalam kelancaran segala rangkaian proses studi ini, namun penulis tidak sempat menyebutkan satu per satu. Semoga Allah SWT berkenan melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sebagai balasan atas kebaikan dan bantuan yang telah diberikan. Tanpa terlepas dari segala kekurangan, penulis berharap semoga disertasi ini dapat bermanfaat. Aaamiin....Ya Robbal Alamiin.....

Makassar, 21 Agustus 2020

Badraeni

DAFTAR ISI

No.	Teks	Hal.
1.	SAMPUL.....	i
2.	HALAMAN PENGESAHAN	iv
3.	PERNYATAAN KEPEMILIKAN TULISAN	v
4.	PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	vi
5.	ABSTRAK.....	vii
6.	ABSTRACT.....	viii
7.	RINGKASAN.....	ix
8.	SUMMARY.....	xii
9.	KATA PENGANTAR.....	xv
10.	DAFTAR ISI.....	xvii
11.	DAFTAR TABEL.....	xix
12.	DAFTAR GAMBAR.....	xx
13.	DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii
14.	I. PENDAHULUAN UMUM	1
15.	A. Latar Belakang	1
16.	B. Perumusan Masalah.....	3
17.	C. Hipotesis Penelitian.....	4
18.	D. Tujuan Penelitian	5
19.	E. Kerangka Konseptual dan Alur Pikir Penelitian.....	5
20.	F. Novelty	7
21.	II. KUALITAS AIR PADA MUSIM DAN LOKASI BUDIDAYA RUMPUT LAUT <i>Kappaphycus alvarezii</i> (DOTY) YANG BERBEDA.....	9
22.	A. Pendahuluan.....	9
23.	B. Metodologi Penelitian.....	10
24.	C. Hasil.....	11
25.	D. Pembahasan.....	20
26.	E. Kesimpulan	26
27.	Daftar Pustaka	27
28.	III. RESPON PERTUMBUHAN RUMPUT LAUT <i>Kappaphycus alvarezii</i> (Doty) STRAIN HIJAU DAN COKLAT PADA MUSIM DAN LOKASI BUDIDAYA YANG BERBEDA.....	29
29.	A. Pendahuluan.....	29
30.	B. Matodologi Penelitian	30
31.	C. Hasil	31
32.	D. Pembahasan.....	40
33.	E. Kesimpulan	43
34.	Daftar Pustaka	44
35.	IV. KUALITAS RUMPUT LAUT <i>Kappaphycus alvarezii</i> (DOTY) STRAIN HIJAU DAN COKLAT PADA MUSIM DAN LOKASI YANG BERBEDA.....	46
36.	A. Pendahuluan	46
37.	B. Matodologi Penelitian	47
38.	C. Hasil	49

39.	D. Pembahasan	62
40.	E. Kesimpulan	66
41.	Daftar Pustaka	67
42.	V. GULMA, EPIFIT DAN PENYAKIT ICE-ICE RUMPUT LAUT <i>Kappaphycus alvarezii</i> (DOTY) STRAIN HIJAU DI PERAIRAN SULAWESI SELATAN PADA MUSIM DAN LOKASI YANG BERBEDA	69
43.	A. Pendahuluan	69
44.	B. Metodologi Penelitian	70
45.	C. Hasil	71
46.	D. Pembahasan	74
47.	E. Kesimpulan	76
48.	Daftar Pustaka	77
49.	BAB 8. PEMBAHASAN UMUM	79
50.	BAB 9. SIMPULAN DAN REKOMENDASI.....	82
51.	LAMPIRAN.....	86

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Hal.
1.	Daftar referensi penelitian yang berkaitan dengan musim dan lokasi budidaya <i>K.alvarezii</i>	7
2.	Suhu perairan antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K.alvarezii</i> yang berbeda.....	11
3.	Salinitas perairan antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K.alvarezii</i> yang berbeda.....	12

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Hal.
1.	Kerangka konseptual dan alur pikir penelitian.....	6
2.	Suhu perairan antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K.alvarezii</i> yang berbeda.....	11
3.	Salinitas perairan antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K.alvarezii</i> yang berbeda.....	12
4.	Nilai pH perairan antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K.alvarezii</i> yang berbeda.....	13
5.	Arah arus perairan, (a) Peralihan musim dari musim hujan ke kemarau, (b) Musim kemarau, (c) Peralihan musim dari musim kemarau ke hujan.....	13
6.	Konsentrasi PO ₄ antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K. alvarezii</i> yang berbeda.....	15
7.	Konsentrasi NO ₃ antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K. alvarezii</i> yang berbeda.....	16
8.	Konsentrasi CO ₂ antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K. alvarezii</i> yang berbeda.....	16
9.	Konsentrasi Ca antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K. alvarezii</i> yang berbeda.....	17
10.	Konsentrasi Mg perairan antar musim dan lokasi budidaya rumput laut <i>K.alvarezii</i>	18
11.	Lokasi penelitian di perairan Dusun Malelayya, Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesi.....	29
12.	Grafik pertumbuhan mutlak (a) dan laju pertumbuhan spesifik (b) <i>K.alvarezii</i> Strain Hijau di Inshore.....	30
13.	Grafik pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik <i>K.alvarezii</i> Strain Coklat di inshore.....	31
14.	Grafik pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik <i>K.alvarezii</i> Strain Hijau di offshore.....	31
15.	Grafik pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik <i>K.alvarezii</i> Strain coklat di offshore.....	32
16.	Performa rumput laut <i>K. alvarezii</i> strain hijau, (a) inshore, dan(b) offshore.....	32
17.	Performa rumput laut <i>K. alvarezii</i> strain coklat, (a) inshore, (b) offshore, dan (c) titik tumbuh.....	33
18.	Performa rumput laut <i>K. alvarezii</i> strain hijau pada musim kemarau (a) inshore, (b) offshore.....	3

19.	Performa rumput laut <i>K. alvarezii</i> strain coklat pada musim kemarau: (a) inshore dan (b) offshore.....	34
20.	Performa rumput laut <i>K. alvarezii</i> strain hijau pada peralihan musim dari musim hujan ke musim kemarau (a) inshore, (b) offshore.....	34
21.	Kandungan karaginan <i>K. alvarezii</i> strain hijau di inshore pada musim yang berbeda.....	46
22.	Kandungan karaginan <i>K. alvarezii</i> strain coklat di inshore pada musim yang berbeda.....	47
23.	Kandungan karaginan <i>K. alvarezii</i> strain hijau di offshore pada musim yang berbeda.....	48
24.	Kandungan karaginan <i>K. alvarezii</i> strain coklat di offshore pada musim yang berbeda.....	48
25.	Kandungan karotenoid <i>K. alvarezii</i> strain hijau di inshore pada musim yang berbeda.....	49
26.	Kandungan karotenoid <i>K. alvarezii</i> strain coklat di inshore pada musim yang berbeda.....	50
27.	Kandungan karotenoid <i>K. alvarezii</i> strain hijau di offshore pada musim yang berbeda.....	50
28.	Kandungan karotenoid <i>K. alvarezii</i> strain coklat di offshore pada musim yang berbeda.....	51
29.	Kekuatan Gel <i>K. alvarezii</i> strain hijau di inshore pada musim yang berbeda.....	52
30.	Kekuatan Gel <i>K. alvarezii</i> strain coklat di inshore pada musim yang berbeda.....	52
31.	Kekuatan Gel <i>K. alvarezii</i> strain hijau di offshore pada musim yang berbeda.....	53
32.	Kekuatan Gel <i>K. alvarezii</i> strain coklat di offshore pada musim yang berbeda.....	54
33.	Viscositas <i>K. alvarezii</i> strain Hijau di inshore pada musim yang berbeda.....	54
34.	Viscositas <i>K. alvarezii</i> strain Coklat di inshore pada musim yang berbeda.....	55
35.	Viscositas <i>K. alvarezii</i> strain hijau di offshore pada musim yang berbeda.....	56
36.	Viscositas <i>K. alvarezii</i> strain coklat di offshore pada musim yang berbeda.....	56
37.	Kepadatan gulma pada rumput laut <i>K. Alvarezii</i> pada lokasi dan musim yang berbeda.....	66
38.	Jenis-Jenis gulma pada rumput laut, (a) <i>Ulva</i> sp., (b) <i>Sargassum</i> sp., (c) <i>Gracillaria</i> sp., dan (d) <i>Hypnea</i> sp.....	66
39.	Epifit yang menempel pada talus rumput laut, (atas) strain hijau dan (bawah) strain coklat.....	67
40.	Penyakit Ice-Ice pada talus rumput laut, (atas) strain hijau dan (b) strain coklat.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Hal.
1	Publikasi 1.....	2327-2332
2	Publikasi 1.....	1-6

ABSTRAK

BADRAENI. P1200315013. “Tinjauan Komprehensif Kualitas Air Untuk Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* (Doty) Pada Musim Dan Lokasi Yang Berbeda” dibimbing oleh **Rajuddin Syamsuddin** sebagai Promotor, **Haryati** sebagai Ko-Promotor I dan **Muh. Farid Samawi** sebagai Ko-Promotor II

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air budidaya rumput laut *K. alvarezii* (Doty) pada musim dan lokasi yang berbeda dengan melakukan budidaya di berbagai musim dan lokasi yang berbeda.

Metode pengambilan data dilakukan dengan menganalisis kualitas air, pengukuran pertumbuhan, analisis kandungan karaginan, karotenoid, kekuatan gel dan viscositas serta pengamatan kepadatan gulma, infeksi epifit dan penyakit ice-ice pada rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat. Hasil analisis kualitas air, pertumbuhan, kandungan karaginan, karotenoid, kekuatan gel dan viscositas serta pengamatan kepadatan gulma, infeksi epifit dan penyakit ice-ice menunjukkan nilai parameter kualitas air menunjukkan nilai yang berbeda berdasarkan musim dan lokasi. Pertumbuhan, kualitas rumput laut, gulma, epifit dan penyakit ice-ice rumput laut *K. alvarezii* sangat dipengaruhi oleh nilai kualitas air, dan nilai kualitas air berubah-ubah mengikuti perubahan musim dan perbedaan lokasi. Pertumbuhan tertinggi pada *K. alvarezii* strain hijau berada pada peralihan musim dari musim hujan ke musim kemarau dan dari peralihan musim dari musim kemarau ke musim hujan, tetapi strain coklat hanya pada peralihan musim dari musim hujan ke musim kemarau, baik di inshore maupun di offshore. Sedangkan kandungan keraginan *K. alvarezii* strain hijau tinggi pada peralihan musim hujan kemarau baik di inshore maupun offshore dan lebih tinggi di offshore dibanding inshore, kandungan karotenoid tertinggi pada peralihan musim dari musim hujan ke musim kemarau baik pada strain hijau maupun coklat, dan lebih tinggi di inshore dari offshore, kekuatan gel strain hijau dan coklat lebih tinggi pada musim kemarau dibanding musim lainnya dan lebih tinggi di offshore dari inshore dan viskositas strain hijau dan coklat tertinggi pada musim kemarau dan lebih tinggi offshore dari inshore. Puncak pertumbuhan gulma, infeksi epifit dan penyakit ice-ice pada musim kemarau.

Kata kunci: *Kappaphycus alvarezii* strain hijau dan strain coklat; kualitas air; lokasi inshore dan offshore; musim; pertumbuhan; rendemen.

ABSTRACT

BADRAENI. P1200315013. "A Comprehensive Review of Water Quality for *Kappaphycus Alvarezii* (Doty) Seaweed Cultivation in Different Seasons and Locations" guided by **Rajuddin Syamsuddin** as Promoter, **Haryati** as Co-Promoter I and **Muh. Farid Samawi** as Co-Promoter II

This study aims to analyze the water quality of *K. alvarezii* (Doty) seaweed cultivation at different seasons and locations by cultivating in different seasons and locations.

The data collection method was carried out by analyzing water quality, measuring growth, analyzing the content of carrageenan, carotenoids, gel strength and viscosity as well as observing weed density, epiphytic infection and ice-ice disease in green and brown *K. alvarezii* strain of seaweed. The results of the analysis of water quality, growth, carrageenan content, carotenoids, gel strength and viscosity and observations of weed density, epiphytic infection and ice-ice disease showed that the value of water quality parameters showed different values based on season and location. The growth, quality of seaweed, weeds, epiphytes and ice-ice disease of *K. alvarezii* are strongly influenced by the value of water quality, and the value of water quality varies according to changes in seasons and differences in location. The highest growth in *K. alvarezii* green strains is in the transitional season from the rainy season to the dry season and from the transitional season from dry to wet season, but brown strains are only in the transitional season from rainy season to dry season, both inshore and offshore. While the carrageenan content of *K. alvarezii* in green strains is high in the transitional dry season both inshore and offshore and higher in offshore than inshore, the highest carotenoid content is in the transitional season from the rainy season to the dry season in both green and brown strains, and higher in inshore than offshore, the gel strength of green and brown strains was higher in the dry season than in the other seasons and was higher in offshore from the inshore and the viscosity of green and brown strains was highest in the dry season and higher offshore than inshore. Peak growth of weeds, epiphytic infections and ice-ice disease is during the dry season.

Key words: *Kappaphycus alvarezii* strain green and brown strain; water quality; inshore and offshore locations; season; growth; yield.

I. PENDAHULUAN UMUM

A. Latar Belakang

Rumput laut merupakan salah satu komoditas potensial kelautan dan perikanan yang semakin berkembang terutama melalui aktivitas budidaya. Volume produksi makroalga ini secara global mengalami peningkatan dengan laju produksi tahunan 7,4% pada periode tahun 2000 (FAO, 2012). Produksi rumput laut di Indonesia mencapai 3,92 juta ton pada tahun 2010 dan 4,31 juta ton pada tahun 2011, dengan kenaikan rata-rata 26,08% dari tahun 2007-2011, dan meningkat 5,1 juta ton pada 2014 atau mencapai 10,2 juta ton dan pada tahun 2016 produksi mencapai 11,1 juta ton, peningkatan rata-rata pertahun mencapai 27,71 persen dan diharapkan 60% dari total target produksi sebesar 19,5 juta ton pada 2019 bersumber dari kawasan Indonesia Bagian Timur (<http://kkpnews.kkp.go.id>).

Rumput laut merupakan kultivan yang sebagian besar dibudidayakan di perairan pantai, dimana pantai merupakan daerah yang memiliki populasi dinamika sangat unik dengan produktifitas primernya sangat tinggi. Pantai diartikan sebagai daerah pertemuan antara daratan dan lautan. Ke arah daratan masih dipengaruhi oleh proses-proses yang terjadi di lautan seperti angin dan gelombang laut. Ke arah lautan masih dipengaruhi oleh keadaan yang terjadi di daratan misalnya sedimen dan air tawar (Mustofa, 2015).

Umumnya perairan pantai di Indonesia dipengaruhi oleh sistem pola angin muson memiliki ciri khas yaitu pola sirkulasi massa air yang berbeda dan bervariasi antara musim yaitu musim barat dan musim timur. Pada musim barat bercirikan massa air yang umumnya mengalir ke arah timur perairan Indonesia, dan sebaliknya ketika musim timur berkembang dengan sempurna suplai massa air yang berasal dari daerah upwelling. Perbedaan suplai massa air mengakibatkan terjadinya perubahan terhadap kondisi perairan yang akhirnya akan mempengaruhi tinggi rendahnya produktivitas perairan. Perubahan kondisi suatu massa air dapat diketahui dengan melihat sifat-sifat massa air yang meliputi suhu, salinitas, oksigen terlarut, dan kandungan nutrien (Wyrcki, 1961 dan Tisch *dalam* Sulastioningsih, 2015).

Perairan pantai (*inshore*) sebagai lokasi budidaya rumput laut, lepas pantai (*offshore*) merupakan salah satu alternatif lokasi budidaya rumput laut yang dapat dimanfaatkan dengan metode long line. Kedua lokasi perairan ini memiliki ciri khas, dimana perairan *offshore* sebagai perairan yang lebih dalam dengan arus yang kuat (Oladokun dkk., 2013) dan *inshore* bercirikan limbah dan kotoran yang dapat membahayakan ekosistem bentik (Lisac dan Maraqua, 2000). Selain itu, perairan *inshore* merupakan ekosistem mangrove dan padang lamun serta terumbu karang yang memberikan keuntungan tersendiri bagi perkembangan rumput laut terutama pertumbuhan *thallus*, serta terlindung oleh pulau-pulau kecil dan bebatuan karang, memiliki arus relatif stabil sehingga tidak merusak rumput laut serta sarana budidaya (Rahman dan Kolopita, 2015).

Lokasi budidaya rumput laut yang selama ini dilakukan di *inshore* oleh petani rumput laut diprediksi bergerak ke *offshore*, hal ini karena adanya interaksi budidaya dan lingkungan antara *inshore* dan *offshore*. Dampak lingkungan pada kegiatan budidaya di *offshore* relatif lebih kecil dibanding *inshore*, karena kedalaman air yang besar serta arus dan angin yang lebih kuat dalam mereduksi limbah hasil budidaya. Di perairan *inshore*, kegiatan budidaya mempengaruhi komunitas bentik yang lebih sensitif terhadap beban organik. Beberapa kesenjangan utama yang terjadi di masyarakat pantai tentang adanya dampak lingkungan laut khususnya pengetahuan tentang terjadinya kerusakan pada habitat yang sensitif terhadap adanya penumpukan bahan organik apabila dilakukan kegiatan budidaya secara berlebihan (Holmer, 2013).

Dampak lingkungan atas penumpukan bahan organik merupakan faktor yang selayaknya dipantau secara berkesinambungan untuk mencegah penurunan kualitas air akibat pemanfaatan lahan, dimana setiap kawasan memiliki karakter tersendiri. Menurut (Rahman dan Kolopita, 2015) perairan *offshore* merupakan kawasan yang cukup terbuka, relatif kurang subur dan *inshore* merupakan kawasan yang cukup terlindung, memiliki perairan yang subur dan sangat ideal dimanfaatkan untuk pengembangan budidaya rumput laut.

Kondisi perairan sangat dipengaruhi oleh iklim, dimana iklim sangat berkaitan dengan musim. Perubahan iklim yang ditandai dengan jumlah hari hujan

dan curah hujan yang sangat dipengaruhi oleh angin musim. Pada dasarnya angin musim dipengaruhi oleh letak geografis wilayah, kondisi ini berdampak pada putaran angin yang dapat berubah setiap waktu. Perubahan siklus curah hujan pada setiap tahun berdampak pada kegiatan budidaya rumput laut. Penanaman rumput laut pada setiap lokasi budidaya diberbagai daerah umumnya hanya berlangsung tiga sampai empat bulan dalam satu tahun yang merupakan musim puncak produksi rumput laut dan selebihnya adalah musim peralihan dimana pada musim tersebut produksi rumput laut relatif lebih rendah dari musim puncak dan terakhir adalah musim kering atau musim kemarau ditandai dengan sedikit atau tidak adanya kegiatan budidaya rumput laut yang dilakukan oleh petani.

Masalah lain yang dihadapi dalam budidaya rumput laut adalah penyakit ice-ice dan epifit. Penelitian (Vairappan, 2006) membahas fenomena infeksi epifit, prevalensinya dan variabilitas yang terkait dengan musim pada budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Dominansi epifit yang terjadi pada musim puncak disebabkan oleh pecahnya epifit filamentous karena adanya perubahan drastis suhu dan salinitas air laut.

Berdasarkan uraian tentang rumput laut *K. alvarezii* yang merupakan komoditas potensial kelautan dan perikanan yang semakin berkembang, kawasan perairan sebagai media tumbuh rumput laut mempunyai karakteristik kualitas air yang berbeda berdasarkan musim dan lokasi, serta adanya persaingan penggunaan lahan budidaya di *inshore* dan terbukanya peluang usaha budidaya untuk memanfaatkan lahan di *offshore*, maka dianggap perlu melakukan suatu kajian komprehensif kualitas air untuk budidaya rumput laut *K. alvarezii* (Doty) pada musim dan lokasi yang berbeda.

B. Perumusan Masalah

Rumput laut *K. alvarezii* baik strain hijau maupun coklat merupakan komoditas unggulan yang semakin berkembang, sentra utama penghasil rumput laut berada di Kabupaten Bantaeng, Jeneponto dan Takalar. Di Sulawesi Selatan, panjang pesisir pantai mencapai 1.937 kilometer dengan luas lahan budidaya laut sekitar 193.700 hektar tetapi hasil yang dicapai dari komoditi rumput

laut tersebut belum maksimal karena baru sekitar 32.000 Ha lahan yang berproduksi, sementara potensi lahan yang tersedia seluas 98.617 Ha.

Kawasan perairan sebagai media tumbuh rumput laut mempunyai karakteristik yang berbeda terutama karakteristik parameter kualitas air. Perbedaan karakteristik ini sangat dipengaruhi oleh musim dan lokasi budidaya rumput laut yang pada akhirnya berdampak pada pertumbuhan baik kualitas maupun kuantitas rumput laut.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Apakah musim dan lokasi budidaya rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat mempengaruhi kualitas perairan?
2. Apakah musim dan lokasi budidaya yang berbeda mempengaruhi pertumbuhan *K. alvarezii*?
3. Apakah musim dan lokasi budidaya rumput laut mempengaruhi kandungan karaginan, karatenoid, kekuatan gel dan rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat?
4. Apakah musim dan lokasi budidaya rumput laut mempengaruhi kepadatan gulma, penempelan epifit dan infeksi penyakit ice-ice *K. alvarezii* strain hijau dan coklat?

C. Tujuan Penelitian

Produksi rumput laut sangat ditentukan oleh kondisi parameter kualitas air perairan, dimana kondisi kualitas air perairan sangat dipengaruhi oleh musim. Lokasi budidaya rumput laut memiliki karakteristik parameter kualitas air berdasarkan musim, sehingga dilakukan penelitian yang bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi perbedaan kualitas air pada musim dan lokasi budidaya rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat
2. Mengevaluasi perbedaan pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat pada musim dan lokasi budidaya yang berbeda
3. Mengevaluasi perbedaan kandungan karaginan, karatenoid, kekuatan gel dan viscositas rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat pada musim dan lokasi budidaya yang berbeda.

4. Mengevaluasi perbedaan kepadatan gulma, penempelan epifit dan infeksi penyakit ice-ice *K. alvarezii* strain hijau dan coklat pada musim dan lokasi budidaya yang berbeda.

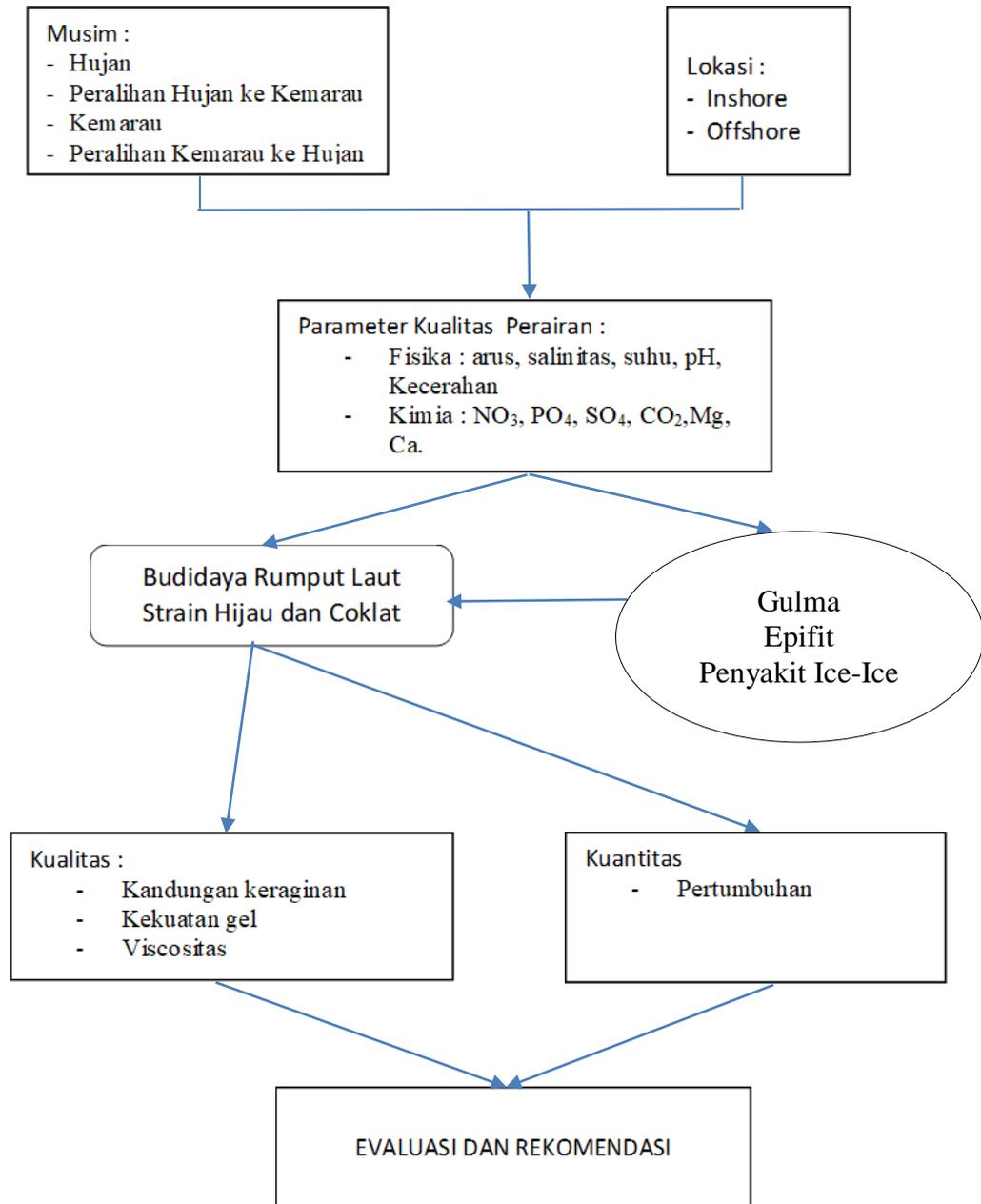
D. Hipotesis Penelitian

1. Terdapat perbedaan kualitas air pada musim dan lokasi budidaya rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat
2. Terdapat perbedaan pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat pada musim dan lokasi budidaya yang berbeda
3. Terdapat perbedaan kandungan karaginan, karatenoid, kekuatan gel dan viscositas rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat pada musim dan lokasi budidaya yang berbeda.
4. Terdapat perbedaan kepadatan gulma, penempelan epifit dan infeksi penyakit ice-ice *K. alvarezii* strain hijau dan coklat pada musim dan lokasi budidaya yang berbeda.

E. Kerangka Konseptual dan Alur pikir Penelitian

Kegiatan budidaya rumput laut sangat tergantung pada musim dan lokasi budidaya. Musim dan lokasi budidaya mempengaruhi karakteristik kualitas air baik parameter fisika maupun kimia perairan. Kualitas air mempengaruhi budidaya rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat dan keberadaan gulma, penempelan epifit dan infeksi penyakit Ice-Ice. Budidaya rumput laut mempengaruhi kualitas (kandungan keraginan, karotenoid kekuatan gel dan viscositas) dan kuantitas (pertumbuhan) *K. alvarezii* strain hijau dan coklat. Berdasarkan uraian tentang factor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat, maka dilakukan penelitian. Dari hasil penelitian tersebut evaluasi dan menghasilkan rekomendasi pola tanam budidaya rumput laut.

KERANGKA KONSEPTUAL DAN ALUR PIKIR PENELITIAN



Gambar 1. Kerangka konseptual dan alur pikir penelitian

F. Novelty

Tabel 1. Daftar referensi penelitian yang berkaitan dengan musim dan lokasi budidaya *K.alvarezii*

No.	Peneliti	Judul	Tahun
1	Erlania, Erlania Nirmala, Kukuh Soelistyowati Dinar Tri	Penyerapan Karbon pada Budidaya Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i> dan <i>Gracilaria gigas</i> di Perairan Teluk Gerupuk, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat	2013
2	Lideman, Nishihara, Gregory N.Noro, Tadahide Terada, Ryuta	Effect of temperature and light on the photosynthesis as measured by chlorophyll fluorescence of cultured <i>Eucheuma denticulatum</i> and <i>Kappaphycus sp.</i> (Sumba strain) from Indonesia	2013
3	Wenno, Petrus A. Syamsuddin, Rajuddin Latuihamallo, Magdalena	Beberapa Parameter Kimia yang Mempengaruhi Pertumbuhan Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i> (Doty) di Perairan Lebih Dalam	2014
4	Andi Ichsan Nur, Husain Syam dan Patang	Pengaruh Kualitas Air Terhadap Produksi Rumput Laut (<i>Kappaphycus alvarezii</i>)	2016
5	Radiarta, I Nyoman Erlania, Erlania Rusman, Rusman	Pengaruh Iklim Terhadap Musim Tanam Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i> DI Teluk Gepuruk Kabupaten Lombok Nusa Tenggara Barat	2016
6	Kumar, K. Suresh Ganesan, K. Subba Rao, P. V. Thakur, M. C.	Seasonal studies on field cultivation of <i>Kappaphycus alvarezii</i> (Doty) Doty on the northwest coast of India	2016
7	Akmal, Rajuddin Syamsuddin, Dody Dh. Trijuno, Ambo Tuwo	Morfologi, Kandungan Klorofil a, Pertumbuhan, Produksi, dan Kandungan Karaginan Rumput Laut <i>Kappaphycus alvarezii</i> yang Dibudidayakan pada Kedalaman Berbeda	2017
8	Risnawati, Ma'ruf Kasim, dan Haslianti	tudi Kualitas Air Kaitanya dengan Pertumbuhan Rumput Laut (<i>Kappaphycus alvarezii</i>) Pada Rakit Jaring Apung Di Perairan Pantai Lakeba Kota Bau-Bau Sulawesi Tenggara Pendahuluan Perairan Lakeba memiliki potensi yang cukup besar yang telah banyak dimanfaatkan	2018
9	Harwinda, F. K. Satyantini, W. H. Masithah, E. W.	The effects of salinity and temperature shock on <i>Kappaphycus alvarezii</i> seaweed spores release	2018
10	Zakaria, Anas Rahman, Egi Nurul Rahmani, Ulin Noor Manurung, Robert Puad, Noor Illi Mohamad Abduh, Muhammad Yusuf	Production of carrageenan by different strains of <i>Kappaphycus alvarezii</i> cultivated inserang, Indonesia	2019
11	Pong-Masak, Petrus Rani Sarira, Nelly Hidayanti	Effect of Depth on the Growth and Carrageenan Content of Seaweed <i>Kappaphycus alvarezii</i> Cultivated Using Verticulture Method	2020

Pembahasan beberapa jurnal tentang budidaya rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat, karakteristik kualitas air, perbedaan musim, penempatan budidaya berdasarkan lokasi yang mempengaruhi pertumbuhan, kualitas rumput laut (kandungan karaginan, karagenoid, kekuatan gel dan viskositas), keberadaan gulma, penempelan epifit dan infeksi penyakit ice-ice. Jurnal tersebut membahas secara parsial hubungan antara parameter kualitas air, antar musim, antara lokasi terhadap kualitas dan kuantitas serta penyakit ice-ice.

Berdasarkan hal tersebut, maka diprediksi bahwa novelty dari tulisan ini adalah pembahasan secara komprehensif perbedaan musim dan lokasi budidaya yang mempengaruhi karakteristik kualitas air budidaya rumput laut *K. alvarezii* strain hijau dan coklat.

II. KUALITAS AIR PADA MUSIM DAN LOKASI BUDIDAYA RUMPUT LAUT *Kappaphycus alvarezii* (DOTY) YANG BERBEDA

Abstrak

Pola sirkulasi massa air dan nutrien di pengaruhi oleh musim dan lokasi, berdampak pada produktifitas perairan. Rumput laut merupakan salah satu komoditas yang sangat rentan terhadap perubahan kualitas air, seperti suhu, salinitas, nutrien dan cahaya serta faktor ekologi lainnya. Dampak perubahan kualitas air mempengaruhi kualitas dan kualitas rumput laut, seperti produksi, kandungan karaginan, epifit dan penyakit ice-ice. Berdasarkan uraian tentang fluktuasi kualitas air akibat perubahan musim dan perbedaan lokasi, maka dilakukan penelitian untuk menganalisis kualitas air pada musim dan lokasi budidaya rumput laut *K. alvarezii* yang berbeda dan diharapkan sebagai acuan dalam penetapan pola dan waktu tanam rumput laut pada musim dan lokasi budidaya. Penelitian dilakukan di perairan Desa Punaga Kabupaten Takalar di dua lokasi yaitu di inshore dan offshore, *K. alvarezii* dipelihara selama 45 hari dengan metode long line. Kualitas air diukur berdasarkan musim dan lokasi dan dianalisis secara deskriptif. Untuk melihat penciri parameter kualitas air pada musim dan lokasi dilakukan analisis Principal Component Analysis (PCA). Hasil penelitian memperlihatkan nilai kualitas air yang berbeda antar musim dan lokasi baik parameter fisika maupun kimia. Hasil penelitian didapatkan bahwa suhu dan salinitas pada musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau dan musim peralihan dari musim kemarau ke musim hujan lebih rendah dibanding musim kemarau, dan di offshore lebih tinggi dibanding inshore. Nilai pH relatif sama baik antamusim maupun antarlokasi. Kecepatan arus, pada musim peralihan dari musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya, lebih tinggi dibanding musim kemarau, dan lebih besar di offshore dibanding inshore. Konsentrasi PO_4 dan NO_3 di musim peralihan baik dari musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya lebih tinggi dibanding musim kemarau, dan lebih tinggi di offshore dibanding inshore. Parameter CO_2 konsentrasinya lebih tinggi di offshore dibanding inshore, sedangkan Ca dan Mg relatif sama sepanjang tahun baik di inshore maupun offshore.

Key word : inshore; *Kappaphycus*; kualitas air; musim, offshore.

A. Pendahuluan

Kegiatan budidaya rumput laut di Indonesia sangat ditentukan oleh musim, dimana musim dipengaruhi oleh kondisi oseanografi. Indonesia merupakan negara yang dilalui dua sistem monsun yaitu monsun Asia dan monsun Australia, tetapi karena terletak di ekuatorial dan mempunyai banyak pegunungan menyebabkan monsun menjadi lebih kompleks dan berbeda-beda, terlihat dari variasi rata-rata hujan, bahkan ada daerah yang tidak memiliki perbedaan yang jelas antara musim hujan dan kemarau. Penentuan musim yang ditetapkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) berdasarkan kejadian 3 kali dasarian hujan. Apabila dasarian pertama hujan ≥ 50 mm,

dikategorikan masuknya awal musim hujan, begitu pula sebaliknya kriteria awal musim kemarau (Giarno *et al.* 2012).

Perubahan musim mempengaruhi pola sirkulasi massa air, terdapat perbedaan antara musim barat dan musim timur (Wyrski, 1961), mempengaruhi kualitas air dan pada akhirnya berpengaruh pada produktifitas perairan (Schalk, 1987). Parameter kualitas yang rentan terhadap pergantian musim adalah salinitas, temperatur dan densitas perairan. Dampak lainnya dari perubahan musim adalah terjadinya perputaran nutrient akibat adanya pertemuan dua massa air yang mempunyai karakteristik berbeda baik temperatur maupun salinitas (Supiyati, 2016).

Perbedaan lokasi antara inshore dan offshore berdampak pada parameter kualitas air, salah satunya adalah cahaya. Witman & Lamb, 2018 menjelaskan bahwa di offshore mengalami keterbatasan cahaya akibat dispersi dibanding inshore. Selain itu, terdapat perbedaan pada salinitas, di inshore lebih rendah karena adanya pengaruh dari daratan seperti adanya pengaruh air tawar dari aliran sungai (Hamuna *et al.*, 2018).

Rumput laut merupakan salah satu komoditas yang sangat rentan terhadap perubahan kualitas air, seperti suhu, salinitas, nutrien dan cahaya serta faktor ekologi lainnya. Dampak perubahan kualitas air mempengaruhi kualitas dan kualitas rumput laut, seperti produksi, kandungan karaginan, epifit dan penyakit ice-ice (Akmal *et al.*, 2017). Beberapa penelitian mendapatkan perubahan suhu perairan berdampak pada peningkatan infeksi epifit dan penyakit ice-ice. Selain itu, ada beberapa gulma yang bersifat perenial atau kehadirannya berdasarkan musim.

Berdasarkan uraian tentang perubahan musim dan fluktuasi kualitas perairan yang berubah-ubah berdasarkan musim dan lokasi, maka dilakukan penelitian untuk menganalisis kualitas air pada musim dan lokasi budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang berbeda.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Malelayya, Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan selama satu tahun. Kegiatan budidaya dilakukan dalam tiga periode tanam, yaitu musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau, musim kemarau dan musim peralihan dari musim kemarau ke musim hujan. Semua periode budidaya dilakukan selama 45 hari dengan metode long line. Rumput laut dibudidayakan di dua lokasi air yang berbeda, yaitu di inshore (S 05° 34'

48,5"; E 119o 25' 34,9") dan offshore (S 05o 34' 03,1";E 119o 25' 21,5"), menggunakan metode *long line* (Kasim dan Mustafa, 2017) (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Parameter Suhu, salinitas, pH, dan kecepatan arus diukur langsung di lokasi budidaya (in situ) dengan menggunakan thermometer, hand refractometer, pH meter dan layangan arus. Sedangkan parameter CO_2 , PO_4 , NH_4 , NO_3 , Ca dan Mg dianalisis di laboratorium dengan menggunakan spektrofotometer. Data kualitas air baik parameter fisika maupun kimia dianalisis secara deskriptif. Untuk melihat parameter penciri pada setiap pada musim dan lokasi dilakukan analisis Principal Component Analysis (PCA).

C. Hasil

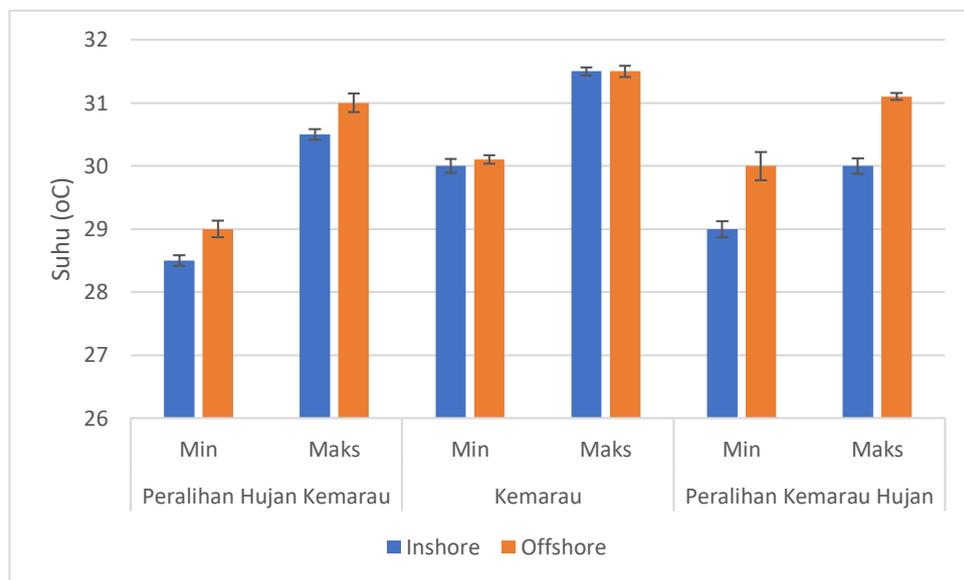
Hasil pengukuran parameter fisik seperti suhu, salinitas, pH, dan kecepatan arus dan factor kimia seperti PO_4 , NO_3 , CO_2 , Ca dan Mg selama penelitian pada musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau, musim kemarau dan musim peralihan dari musim kemarau ke musim hujan antara inshore dan offshore terlampir pada Gambar dibawah ini.

1. Suhu

Suhu perairan selama penelitian mengalami perubahan mengikuti musim, baik di inshore maupun offshore. Nilai suhu di inshore berturut-turut pada musim peralihan dari musim hujan ke kemarau, musim kemarau dan musim peralihan

dari kemarau ke hujan adalah 28,5-30,5°C, 30-30,5°C dan 29,0-30,5°C, sedang di offshore adalah 29-31°C, 30-31,5°C dan 30-31,1°C (Gambar 1).

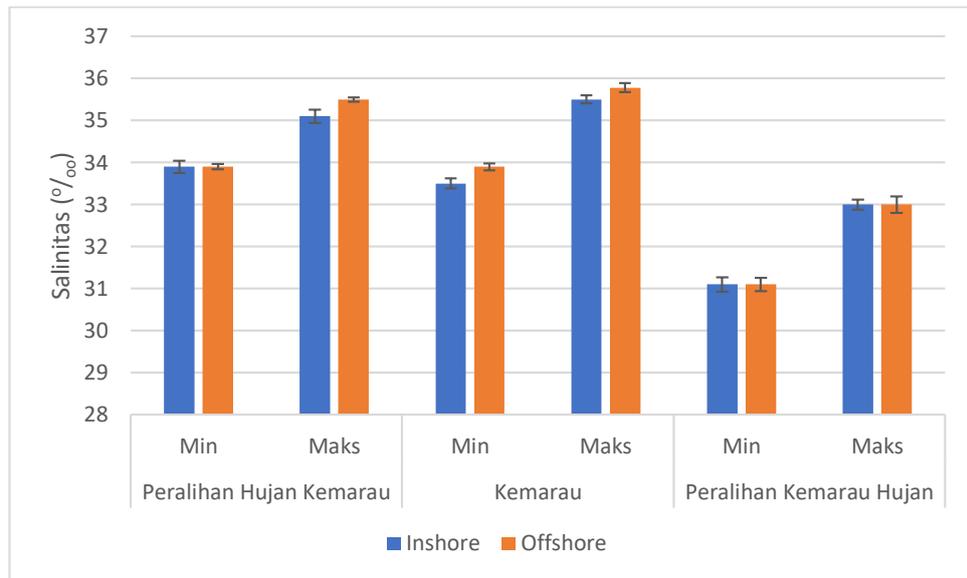
Suhu tertinggi terdapat pada musim kemarau dan range suhu lebih kecil, suhu pada musim peralihan kemarau ke hujan relatif lebih tinggi dari hujan ke kemarau dan range suhunya lebih besar, dan suhu di offshore lebih tinggi dibanding inshore.



Gambar 1. Suhu perairan antarmusim dan antarlokasi budidaya rumput laut *K.alvarezii* yang berbeda

2. Salinitas

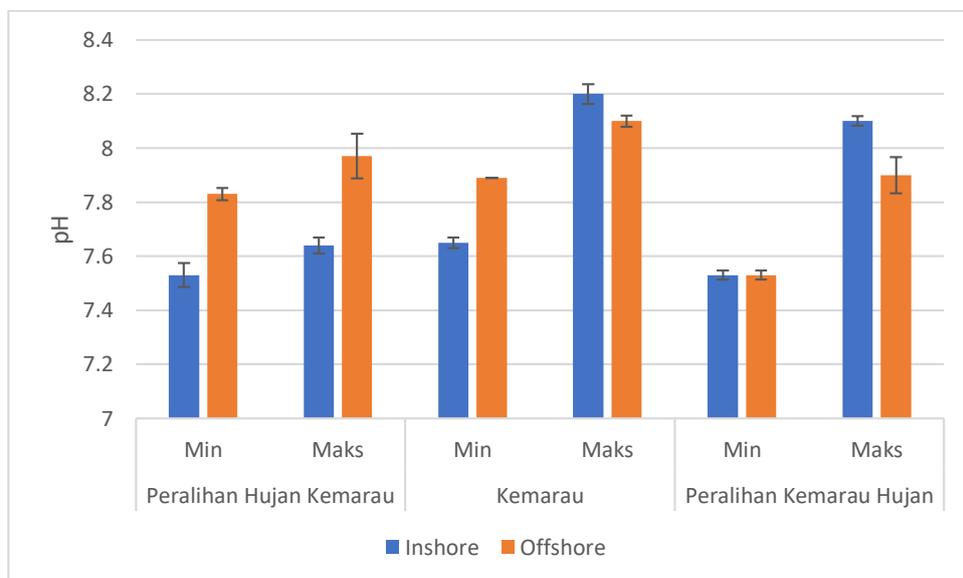
Salinitas pada musim kemarau lebih tinggi dibanding musim peralihan hujan kemarau dan musim peralihan kemarau hujan, salinitas lebih tinggi di musim peralihan hujan kemarau dibanding kemarau hujan. Salinitas di offshore lebih tinggi dibanding inshore pada semua musim. Adapun kisaran suhu masing-masing pada musim dan lokasi adalah musim peralihan hujan kemarau di inshore (33,9-35,1‰) dan di offshore (33,9-35,5‰), musim kemarau di inshore (33,5-35,5‰) dan di offshore (33,9-35,78‰) dan musim peralihan kemarau hujan di inshore (31,1-33‰) dan di offshore (31,1-33‰). Kisaran salinitas yang lebar terlihat pada musim kemarau dan musim peralihan kemarau hujan dibanding peralihan hujan kemarau (Gambar 2).



Gambar 2. Salinitas perairan antarmusim dan antarlokasi budidaya rumput laut *K.alvarezii* yang berbeda

3. Nilai pH

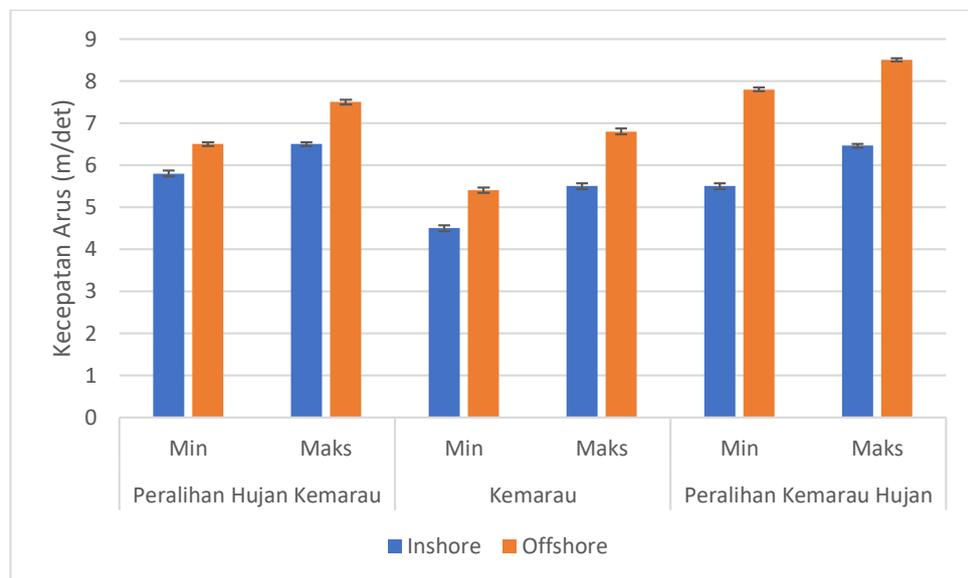
Nilai pH perairan selama penelitian memperlihatkan nilai yang lebih tinggi di offshore pada musim peralihan hujan kemarau, tetapi pada musim kemarau dan peralihan kemarau hujan di inshore lebih tinggi dibanding offshore (Gambar 3).



Gambar 3. Nilai pH perairan antarmusim dan antarlokasi budidaya rumput laut *K.alvarezii* yang berbeda

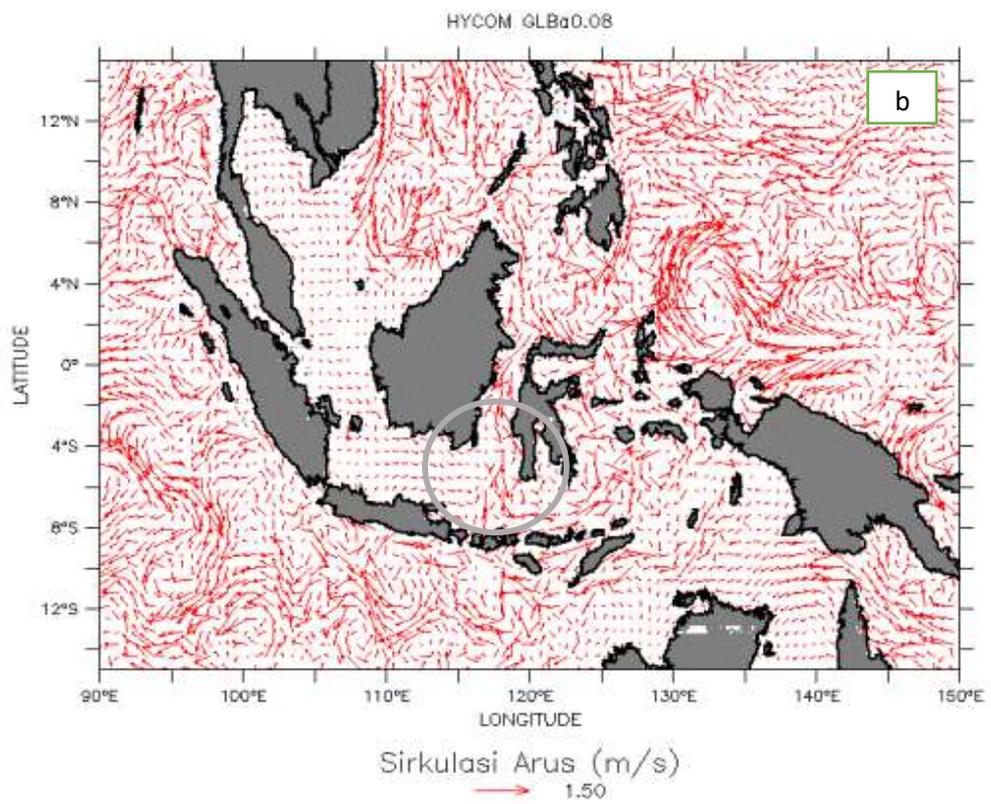
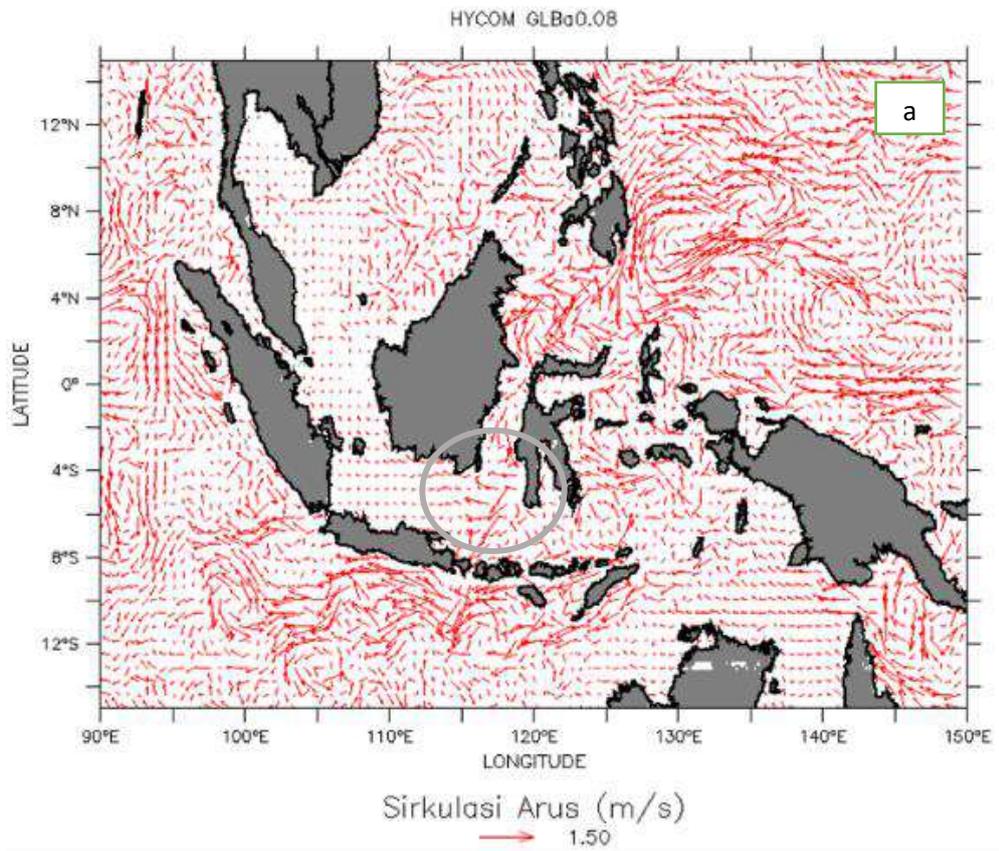
4. Kecepatan dan arah arus

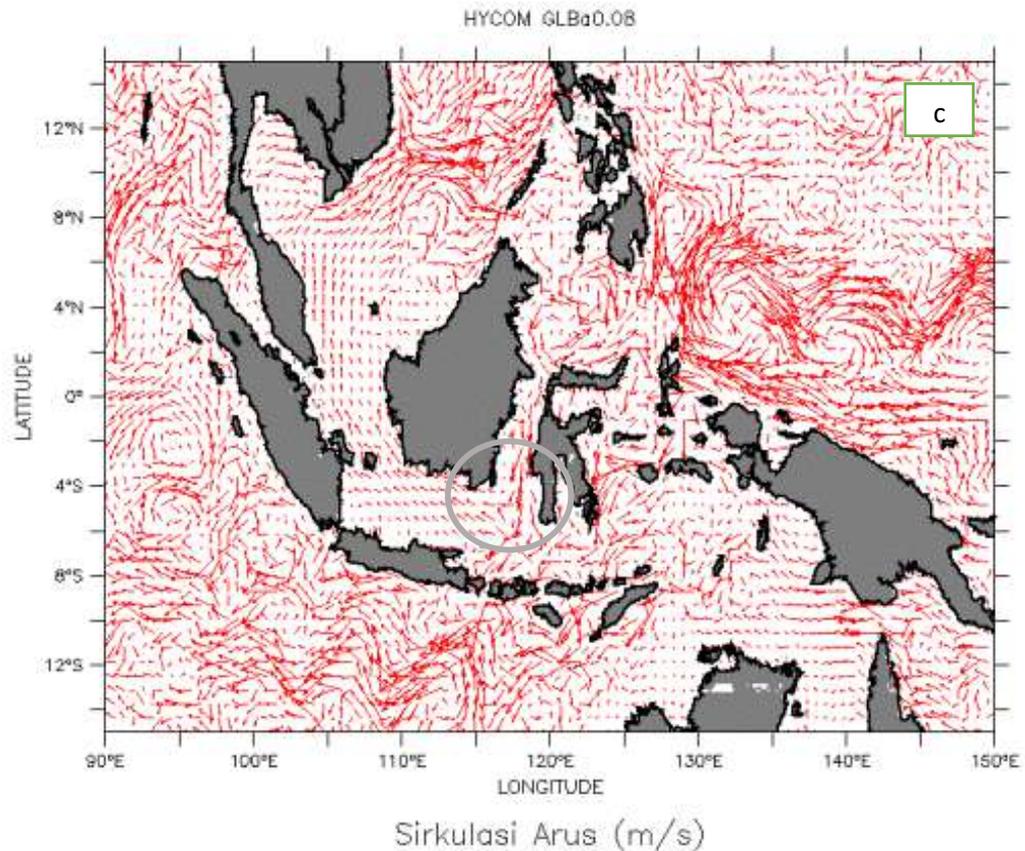
Kecepatan arus tidak ada perbedaan yang berarti pada musim yang berbeda, tetapi kecepatan arus yang nyata lebih tinggi pada offshore jika dibandingkan dengan inshore. Di musim peralihan rata-rata kecepatan arusnya tinggi di offshore yaitu 6,5-7,5 m/det pada musim peralihan hujan kemarau dan 7.8-8,5 m/det pada musim peralihan kemarau hujan, sedangkan pada musim kemarau kecepatan arusnya berada dalam kisaran 4 cm/det (Gambar 4).



Gambar 4. Kecepatan arus perairan antarmusim dan antarlokasi budidaya rumput laut *K.alvarezii* yang berbeda

Selain kecepatan arus, dilakukan pula pengamatan arah arus. Data dari Pusat Ristek Kelautan didapatkan pola arah arus dan terlihat arah arus perairan berbeda-beda pada setiap musim. Pada musim peralihan dari musim hujan kemusim kemarau dan peralihan dari musim kemarau ke musim hujan, terlihat arah arus dari arah timur menuju ke arah barah (Gambar 5a dan 5c), sedangkan pada musim kemarau arah arus dari utara ke arah selatan (Gambar 5b).



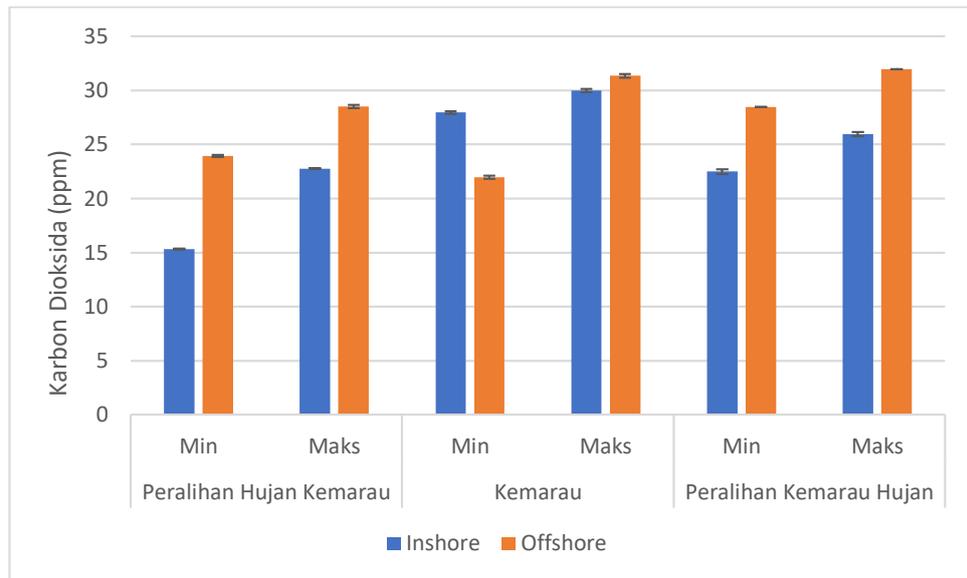


Gambar 5. Arah arus perairan, (a) Musim peralihan dari musim hujan ke kemarau, (b) Musim kemarau, (c) Musim peralihan dari musim kemarau ke hujan

5. Karbon Dioksida (CO₂)

Konsentrasi CO₂ selama penelitian menunjukkan konsentrasi di offshore lebih tinggi dibanding inshore pada semua musim, dan berdasarkan musim lebih tinggi pada musim peralihan kemarau hujan dibanding musim lainnya.

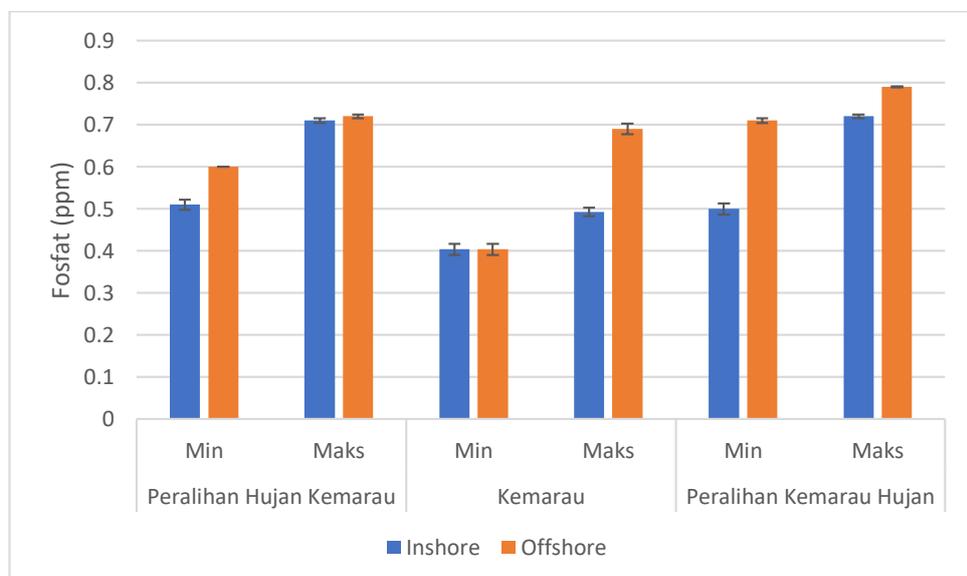
Konsentrasi CO₂ antara inshore dan offshore pada musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau (15,34-22,76 ppm dan 23,95-28,45ppm), musim kemarau (27,95-29,97 ppm dan 21,97-31,36 ppm) dan peralihan musim kemarau hujan (22,5-25,96ppm dan 28,45-31,95ppm) (Gambar 6).



Gambar 6. Konsentrasi CO₂ antarmusim dan antarlokasi budidaya rumput laut *K. alvarezii* yang berbeda

6. Fosfat (PO₄)

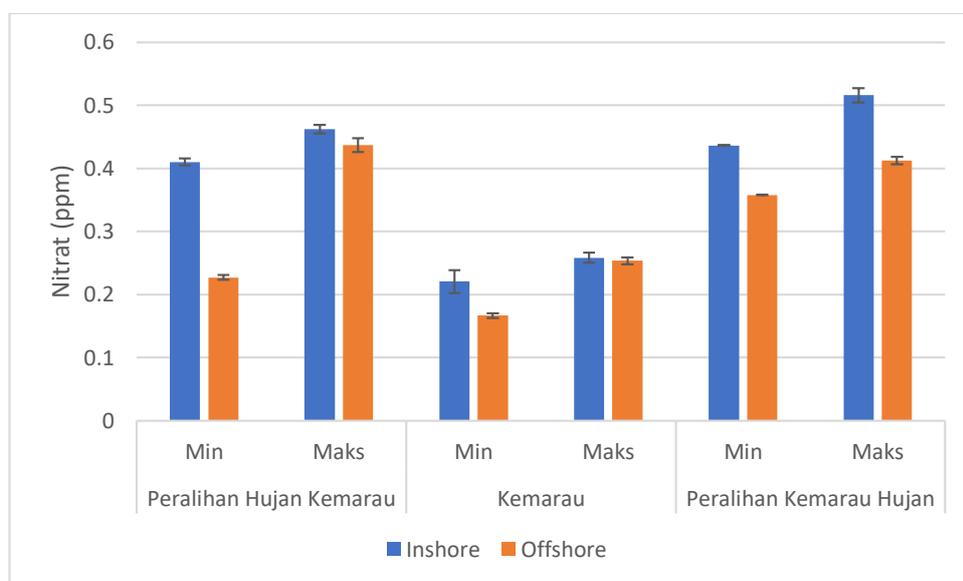
Konsentrasi PO₄ yang terukur selama penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi PO₄ lebih tinggi di offshore dibanding inshore pada semua musim, yaitu musim peralihan hujan kemarau di inshore (0,5-0,71ppm) dan di offshore (0,66-0,72ppm), musim kemarau (0,4-0,49ppm dan 0,4-0,69ppm) dan musim peralihan kemarau hujan (0,5-0,72ppm dan 0,71-0,78ppm) (Gambar 7).



Gambar 7. Konsentrasi PO₄ antarmusim dan antarlokasi budidaya rumput laut *K. alvarezii* yang berbeda

7. Nitrat (NO₃)

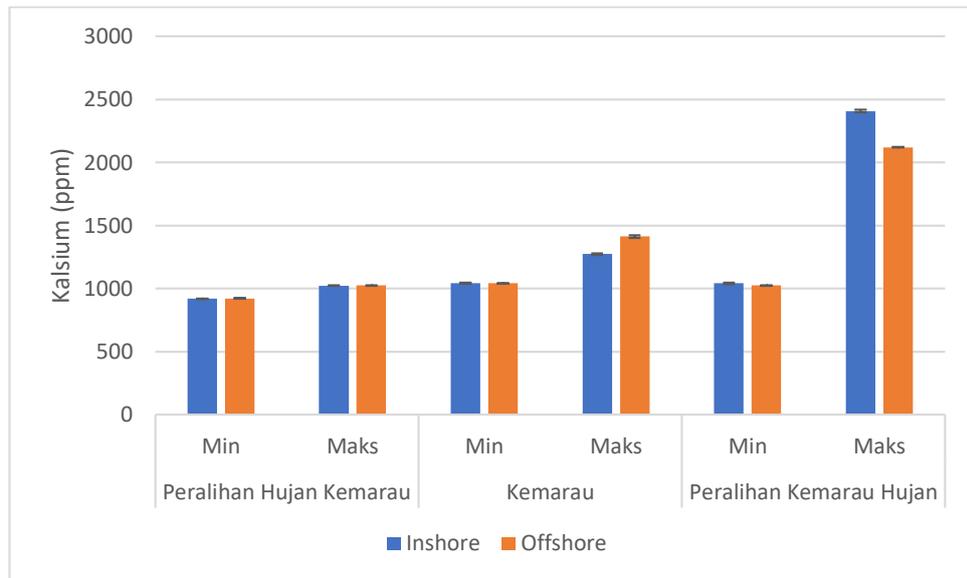
Konsentrasi NO₃ selama penelitian menunjukkan di inshore lebih tinggi dibanding offshore pada semua musim. Konsentrasi NO₃ tertinggi pada musim peralihan kemarau hujan, kemudian musim peralihan hujan kemarau dan terendah pada musim kemarau. Adapun konsentrasi NO₃ pada setiap musimnya adalah pada musim peralihan hujan kemarau di inshore (0,41-0,46ppm) dan di offshore (0,23-0,44ppm), musim kemarau di inshore (0,22-0,26ppm) dan di offshore (0,17-0,25ppm) dan pada musim peralihan kemarau hujan di inshore (0,44-0,52ppm) dan di offshore (0,36-0,41ppm) (Gambar 8).



Gambar 8. Konsentrasi NO₃ antarmusim dan antarlokasi budidaya rumput laut *K. alvarezii* yang berbeda

8. Kalsium (Ca)

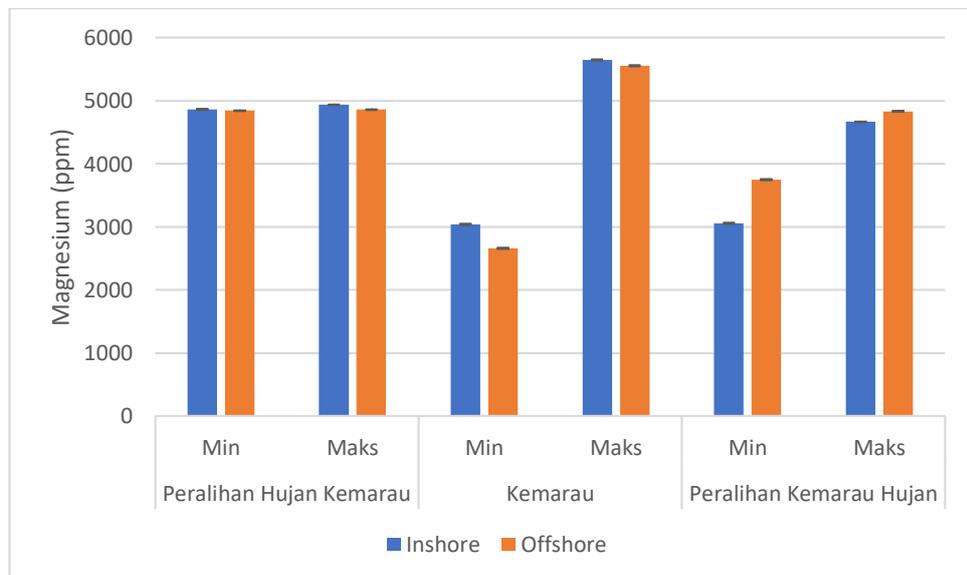
Konsentrasi Ca selama penelitian menunjukkan konsentrasi pada musim peralihan kemarau hujan lebih tinggi dibanding pada musim peralihan hujan kemarau dan musim kemarau. Berdasarkan lokasi, konsentrasi Ca antara inshore dan offshore hampir merata di perairan, berada pada kisaran 920,1-1024,8ppm (Gambar 9).



Gambar 9. Konsentrasi Ca antarmusim dan antarlokasi budidaya rumput laut *K. alvarezii* yang berbeda

9. Magnesium (Mg)

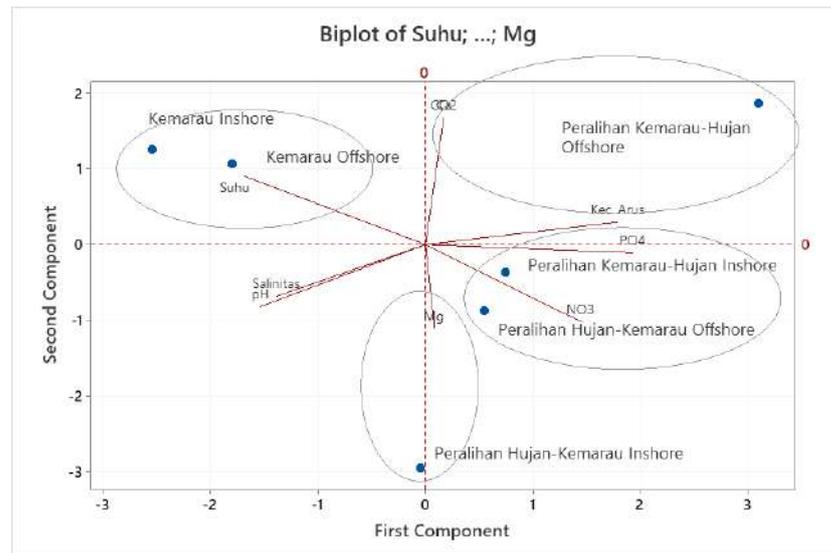
Konsentrasi Mg selama penelitian menunjukkan konsentrasi pada musim peralihan hujan kemarau merata di perairan baik di inshore maupun offshore dengan konsentrasi antara 4860-4935 ppm. Pada Musim kemarau terjadi fluktuasi konsentrasi Mg yang besar, demikian juga pada musim peralihan kemarau hujan, walaupun konsentrasinya lebih tinggi pada musim kemarau dibanding musim peralihan kemarau hujan (Gambar 10).



Gambar 10. Konsentrasi Mg perairan antarmusim dan antarlokasi budidaya rumput laut *K.alvarezii* yang berbeda

10. Karakter Kualitas Air Pada Musim dan Lokasi yang Berbeda

Hasil analisis statistik dengan PCA didapatkan parameter yang menentukan karakter dari masing-masing musim dan lokasi yang berbeda. Adapun parameter karakter dari musim dan lokasi berturut-turut adalah pada musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau di inshore adalah Mg dan di offshore adalah PO₄ dan NO₃. Pada Musim kemarau di inshore dan offshore adalah suhu, dan pada musim peralihan musim kemarau ke musim hujan adalah NO₃ dan PO₄ dan di offshore adalah kecepatan arus dan CO₂ (Gambar 11).



Gambar 11. Karakter Penciri Parameter Kualitas Air

D. Pembahasan

1. Suhu

Suhu di offshore lebih tinggi dibanding inshore, perbedaan ini terjadi disebabkan perubahan suhu perairan mengikuti sirkulasi udara, penutupan awan, serta kedalaman badan air. Kisaran suhu di perairan inshore lebih rendah dengan kisaran yang lebar daripada perairan yang dalam, karena mengalami banyak pergolakan yang disebabkan oleh tiupan angin (Yolanda *et al.*, 2016).

Berdasarkan kondisi suhu perairan, budidaya dapat dilakukan pada semua musim baik di inshore maupun di offshore, karena suhu masih dalam kisaran yang layak untuk pertumbuhan rumput laut. Menurut (Yolanda *et al.*, 2016) suhu air diperairan berkisar antara 28,2-32,5°C dengan rata-rata antara 30,1±1,11°C, memperlihatkan tingkat pertumbuhan dan fotosintesis optimal

Suhu berperan penting dalam proses penyerapan nutrisi N dan P oleh makroalga. Selain itu, suhu mempengaruhi aktivitas enzim yang memfasilitasi reaksi biokimia respirasi dan reaksi gelap fotosintesis (Rongbin *et al.*, 2013). Selanjutnya dikatakan,

aktivitas fisiologis rumput laut yang lebih tinggi pada suhu yang relatif lebih tinggi, sehingga dapat mendorong pertumbuhan yang cepat, membutuhkan lebih banyak energi, dan terjadi peningkatan asupan nutrisi. Selain itu, dikatakan pula bahwa pada kisaran suhu yang tepat, laju penyerapan nutrisi rumput laut berkorelasi positif dengan suhu.

2. Salinitas

Secara umum, salinitas perairan selama penelitian memperlihatkan salinitas yang lebih tinggi di offshore dibanding inshore, dan salinitas lebih tinggi pada musim kemarau dibanding musim peralihan. Rendahnya salinitas di inshore karena adanya pengaruh dari daratan masuk ke perairan pantai yang menyebabkan bercampurnya massa air membentuk suatu campuran yang homogen.

Salinitas merupakan salah satu parameter kualitas air yang mempengaruhi proses osmoregulasi organisme perairan yang memerlukan energi yang besar. Pada *K. alvarezii*, salinitas mempengaruhi pertumbuhan, pembedakan callus dan perkembangan morfogenetik yang terkait langsung dengan osmoregulasi di dalam sel (Arisandi *et al.* 2012). Hasil penelitian (Framegari & Santosa, 2012), *K. alvarezii* yang terpapar salinitas 25 dan 30 ppt tidak mengubah ukuran sel rumput laut, tetapi yang terpapar salinitas 35 dan 40 ppt memperlihatkan ukuran sel yang mengecil. Hal ini diindikasikan terjadinya proses osmosis akibat konsentrasi salinitas lingkungan lebih besar dari konsentrasi cairan di dalam sel. Selanjutnya dikatakan bahwa *K. alvarezii* dapat tumbuh baik pada salinitas 28-34 ppt (Asni, 2015) dan 33,3-35,3 ppt (Patajai, 2007).

Hasil pengukuran salinitas didapatkan, konsentrasi salinitas yang memenuhi persyaratan untuk budidaya *K. alvarezii* berada pada musim peralihan dari musim kemarau ke musim hujan di inshore dan musim peralihan dari musim kemarau ke hujan di inshore dan offshore, dimana salinitas pada saat musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau masuk dalam kisaran yang layak untuk pertumbuhan *K. alvarezii* (33,9-35,1 ppt) di inshore dan pada musim peralihan dari musim kemarau ke musim hujan (31,1-33,0 ppt) di inshore dan offshore. Sedangkan pada musim kemarau kisaran salinitas (33,5-35,8 ppt), dimana kisaran tersebut tidak termasuk dalam kisaran yang layak untuk pertumbuhan *K. alvarezii*.

3. Derajat Kemasaman (pH)

Nilai pH perairan selama penelitian memperlihatkan nilai yang menunjang pertumbuhan dan perkembangan *K. alvarezii*. Konsentrasi pH di perairan berkorelasi

negatif dengan laju fotosintesis, yaitu laju fotosintesis meningkat dengan penurunan pH, dan peningkatan pH diatas 8,5 berdampak pada peningkatan epifitisme (Iris *et al.*, 2016). Setiap varietas *Kappaphycus* mempunyai respon yang berbeda terhadap perubahan parameter fisikokimia, sehingga untuk mendapatkan kondisi optimal dari masing-masing varietas perlu dilakukan penelitian (Yunque *et al.*, 2011).

Pengukuran pH selama penelitian yang diperoleh nilai pada inshore (7,53-8,1) dan offshore (7,53-8,3). Nilai pH memberi pengaruh kepada organisme perairan, kisaran pH yang kurang dari 6,5 akan menekan laju pertumbuhan bahkan tingkat keasamannya dapat mematikan dan tidak ada laju reproduksi sedangkan pH 6,5–9 merupakan kisaran optimal dalam suatu perairan (Nur *et al.*, 2016). Sedangkan menurut (Zitta *et al.*, 2012), kisaran pH yang baik untuk kelayakan lokasi budidaya rumput laut adalah 6-9. Hasil pengukuran pH, didapat nilai pH pada lokasi penelitian ini memenuhi persyaratan untuk budidaya *K. alvarezii* pada semua musim, baik di inshore maupun di offshore.

4. Kecepatan dan arah Arus

Budidaya rumput laut sangat dipengaruhi oleh kondisi oseanografi, terutama kecepatan arus dan arah arus. Arus adalah pergerakan air yang disebabkan oleh arus pasang surut maupun oleh angin dan ombak, yang memiliki pola sirkulasi massa air yang berbeda dan bervariasi antar musim, yang berpengaruh terhadap perubahan musim, termasuk distribusi atau pola suhu, salinitas dan kandungan nutrien. Sirkulasi massa air perairan Indonesia berbeda antara musim hujan dan musim kemarau. Perbedaan tersebut berdampak pada perubahan kondisi hidrologi yang mempengaruhi tinggi rendahnya produktifitas perairan (Maryunus, 2018).

Hasil pengukuran kecepatan arus selama penelitian memperlihatkan kecepatan arus diatas nilai optimal (Sulistiawati *et al.*, 2020), dan tercatat di offshore (5,4-8,5 m/det) lebih tinggi dibanding inshore (4,0-6,5 m/det). Kondisi kecepatan arus yang diperoleh selama pengamatan menunjukkan hasil diatas nilai optimal untuk budidaya rumput laut, terutama di offshore. Menurut (Sulistiawati *et al.*, 2020), kisaran kecepatan arus yang layak untuk budidaya rumput laut adalah 6,4-6,9 m/det. Hal ini menguntungkan bagi rumput laut dalam memenuhi kebutuhan nutrient, karena arus berkorelasi positif dengan keberadaan nutrient. Tetapi, kecepatan arus yang tinggi juga akan berdampak negatif pada rumput laut karena dapat mengurangi tingkat produksi apabila talus rumput laut tidak dapat menahan arus air yang menyebabkan talus patah.

Kecepatan arus berkorelasi dengan keberadaan biofouling pada talus, jika kecepatan arus laut yang lemah berdampak pada tingginya biofouling pada rumput laut. Selain itu, arus yang kuat selain meningkatkan pertukaran nutrisi juga mencegah patogen potensial untuk menempel pada permukaan talus rumput laut (Fadilah, 2014).

Arah arus selama penelitian memperlihatkan adanya persamaan arah arus pada musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau dan musim peralihan dari musim kemarau ke musim hujan, yaitu arah arus dari timur ke barat. Berdasarkan hasil penelitian (Zainuddin *et al.*, 2016) pada musim peralihan terjadi fenomena upwelling, dampak dari upwelling yang terjadi pada musim timur yang mempunyai *residen time* selama beberapa bulan. Pada saat upwelling, terjadi pertukaran massa air dari lapisan bawah ke permukaan sehingga lapisan permukaan perairan kaya akan nutrisi seperti fosfat, nitrat dan silikat, yang sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan alga, termasuk rumput laut.

5. Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon adalah sumber utama dalam fotosintesis tanaman, walaupun ketersediaan karbon jarang menjadi faktor lingkungan pertama yang membatasi pertumbuhan. Senyawa karbon meliputi karbon dioksida (CO₂), asam karbonat (H₂CO₃), bikarbonat (HCO₃⁻), karbonat (CO₃²⁻), dan padatan yang mengandung karbonat, seperti batu kapur. Konsentrasi CO₂ di perairan erat hubungannya dengan nilai suhu dan salinitas, dimana semakin tinggi suhu, semakin tinggi salinitas maka kelarutan CO₂ semakin rendah (Tucker, 1998).

Konsentrasi CO₂ selama penelitian terlihat lebih tinggi di offshore dibanding inshore pada semua musim. Tingginya konsentrasi CO₂ di offshore berkaitan dengan turbulensi dan gelombang air, dimana semakin besar turbulensi dan gelombang air, maka semakin besar kemampuan air laut untuk menyerap karbondioksida dari udara. CO₂ yang terdapat dalam air laut umumnya berasal dari udara melalui proses difusi, dibawa oleh air hujan, hasil proses respirasi mikroorganisme dan dari hasil penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme. Air laut mempunyai kemampuan yang besar untuk menyerap CO₂ dari udara, CO₂ yang berdifusi ke dalam air laut atau yang dibawa oleh air hujan akan bereaksi dengan ion kalsium dan magnesium membentuk garam-garam kalsium karbonat (CaCO₃) dan magnesium karbonat (MgCO₃). Jadi keberadaan Konsentrasi Ca dan Mg sangat mempengaruhi konsentrasi CO₂ dalam air laut (Susana, 1988).

Peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer dapat meningkatkan secara linear konsentrasi CO₂ terlarut pada air permukaan laut sebagai akibat dari pertukaran gas yang berlangsung terus-menerus antara udara dan air laut. Karbon dioksida digunakan untuk proses fotosintesis dan pertumbuhan tetapi juga sangat tergantung pada ketersediaan nutrisi mineral, dimana laju pertumbuhan yang lebih tinggi dengan tingginya konsentrasi CO₂, akan meningkatkan kebutuhan nutrisi mineral (Erlania *et al.*, 2013). Untuk mencapai produksi yang optimal dengan besarnya ketersediaan CO₂, maka budidaya rumput laut seharusnya dilakukan pada lokasi dengan ketersediaan nutrisi yang cukup.

6. Fosfat (PO₄)

Fosfor adalah nutrisi metabolik utama, konsentrasi PO₄ relatif kecil, pada umumnya tidak lebih besar dari 5-20ug/L. Konsentrasi PO₄ di perairan selama penelitian berbeda-beda berdasarkan musim dan lokasi. Hasil pengukuran konsentrasi PO₄ tertinggi terjadi pada musim peralihan baik dari musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya, dan terendah pada awal musim kemarau, di offshore lebih tinggi dibanding inshore. Konsentrasi PO₄ pada musim dan lokasi berbeda berada dalam kisaran yang sesuai untuk budidaya rumput laut (Akmal *et al.*, 2017 dan Pariakan *et al.*, 2019). Nilai kelayakan untuk rumput laut adalah 0,37-0,5 (Pariakan *et al.*, 2019) dan 0,064 - 0,599 ppm (Akmal *et al.*, 2017).

Berdasarkan konsentrasi PO₄, budidaya *K. alvarezii* dapat dilakukan pada musim peralihan baik di inshore maupun offshore pada musim peralihan. Pada musim tersebut konsentrasi PO₄ berada pada kisaran yang sesuai untuk budidaya rumput laut. *Kappahycus alvarezii* mempunyai kemampuan dalam menyimpan fosfor secara intraseluler ketika nutrisi berlimpah, serta berasimilasi dan menyimpan lebih banyak daripada yang dibutuhkan, sehingga mempunyai keunggulan kompetitif untuk bertahan hidup dalam periode singkat ketika tingkat PO₄ ambien rendah (Tucker, 1998). Selanjutnya (Rajuddin, 1989) menyatakan bahwa PO₄ yang dibutuhkan dalam pertumbuhan alga dapat disuplai dalam sebagai KH₂PO₄ dan K₂HPO₄ untuk memenuhi kebutuhan PO₄ yang dibutuhkan untuk pertumbuhan alga.

7. Nitrat (NO₃)

Konsentrasi NO₃ di perairan selama penelitian kisarannya berbeda-beda berdasarkan musim dan lokasi. Hasil pengukuran konsentrasi NO₃ tertinggi terjadi pada musim peralihan baik dari musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya, dan terendah

musim kemarau baik di inshore maupun offshore. Konsentrasi NO_3 pada musim dan lokasi berbeda sesuai untuk budidaya rumput laut (Akmal *et al.* 2017 dan Pariakan *et al.* 2019). Berdasarkan konsentrasi NO_3 , budidaya *K. alvarezii* dapat dibudidayakan pada musim peralihan baik di inshore maupun offshore, walaupun terbaik berada pada inshore.

Konsentrasi NO_3 rendah di musim kemarau disebabkan suhu ($30\text{--}31,5^\circ\text{C}$) dan salinitas ($33\text{--}33,5\text{ppt}$) yang tinggi sehingga kelarutan NO_3 sebagai nutrisi yang dibutuhkan dalam pertumbuhan tidak terdapat di dalam perairan. Hal yang sama dijelaskan oleh (Tucker, 1998) bahwa konsentrasi kesetimbangan nitrogen terlarut menurun dengan meningkatnya suhu dan salinitas.

Nitrat merupakan nutrisi yang dibutuhkan untuk proses pertumbuhan rumput laut dan merupakan faktor pembatas selain PO_4 . Konsentrasi NO_3 di perairan yang memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan rumput laut adalah $0,9\text{--}3,2\text{ mg/L}$ (Mustafa *et al.*, 2017).

8. Kalsium dan Magnesium (Ca dan Mg)

Ca dan Mg adalah kation divalen yang berkontribusi terhadap kekerasan, dinyatakan sebagai mg/L setara CaCO_3 . Konsentrasi kalsium dalam mg/L dikalikan 2,5 untuk memberikan kekerasan kalsium dalam mg/L sebagai CaCO_3 sedangkan konsentrasi magnesium dalam mg/L dikalikan dengan 4,12 memberikan kekerasan magnesium dalam mg/L sebagai CaCO_3 . Air laut memiliki total kekerasan sekitar 6500 mg/L sebagai CaCO_3 , dengan kekerasan kalsium sekitar 1000 mg/L sebagai CaCO_3 dan kekerasan magnesium sekitar 5500 mg/L sebagai CaCO_3 . Nilai-nilai kekerasan total umumnya juga berkorelasi dengan kesuburan perairan. Kalsium dan magnesium berlimpah di air laut dan biasanya tidak membatasi fungsi kehidupan normal hewan laut.

Nilai Ca dan Mg yang diperoleh selama penelitian pada musim dan lokasi yang berbeda, diperoleh nilai di atas 422 ppm (Ca) dan 1324 ppm (Mg), yang merupakan nilai standar minimum untuk organisme perairan (Tucker, 1998). Dari pengukuran nilai Ca dan Mg, dapat diartikan bahwa dapat dilakukan budidaya *K. alvarezii* di berbagai musim dan lokasi yang berbeda. Selain itu, kelarutan CO_2 dalam perairan yang berfungsi dalam proses fotosintesa sangat tergantung pada keberadaan Ca dan Mg, dimana semakin tinggi konsentrasi Ca dan Mg, maka kelarutan CO_2 semakin tinggi pula (Susana, 1988). Kalsium adalah salah satu nutrisi yang sering digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan dan biasanya terdapat dalam jaringan rumput laut (Szeląg-Sikora *et al.*, 2016).

E. Kesimpulan

Parameter kualitas air baik fisika maupun kimia memperlihatkan nilai yang berbeda antarmusim dan antarlokasi, yaitu:

1. Suhu dan salinitas pada musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau dan musim peralihan dari musim kemarau ke musim hujan lebih rendah dibanding musim kemarau, dan lebih tinggi di offshore dibanding inshore.
2. Nilai pH perairan relatif sama baik antamusim maupun antarlokasi.
3. Kecepatan arus pada musim peralihan baik musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya, lebih tinggi dibanding musim kemarau, dan nilainya lebih besar di offshore dibanding inshore.
4. Konsentrasi PO₄ dan NO₃ di musim peralihan baik dari musim hujan ke musim kemarau atau sebaliknya lebih tinggi dibanding musim kemarau, dan lebih tinggi di offshore dibanding inshore.
5. Parameter CO₂ konsentrasinya lebih tinggi di offshore dibanding inshore.
6. Ca dan Mg relatif sama sepanjang tahun baik di inshore maupun offshore.

Daftar Pustaka

- Akmal, Rajuddin S., Dody D. T. (2017). Morfologi, Kandungan Klorofil a, Pertumbuhan, Produksi, dan Kandungan Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* yang Dibudidayakan pada Kedalaman Berbeda. *Jurnal Rumput Laut Indonesia*, 2(2), 39–50.
- Arisandi A., Marsoedi, Happy N. dan Aida S. (2012). Pengaruh Salinitas yang Berbeda terhadap Morfologi, Ukuran dan Jumlah Sel, Pertumbuhan serta Rendemen Karaginan *Kappaphycus alvarezii*. *Ilmu Kelautan - Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(3), 143–150. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.16.3.143-150>
- Erlania, E., Nirmala K., dan Soelistyowati D. T. (2013). Penyerapan Karbon pada Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* dan *Gracilaria gigas* di Perairan Teluk Gerupuk, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*, 8(2), 287. <https://doi.org/10.15578/jra.8.2.2013.287-297>
- Fadilah, S. (2014). Karakteristik Morfologi dan Fisiologi Bibit Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Hasil Seleksi Massa di Perairan Gorontalo. In *Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor*.
- Framegari V. dan Santosa G. W. (2012). Studi Herbivori Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty Oleh Ikan Baronang *Siganus sp* pada Salinitas yang Berbeda. *Journal of Marine Research*, 1(1), 48–53.
- Giarno G., Dupe, Z. L. dan Mustofa, M. A. (2012). Kajian Awal Musim Hujan Dan Awal Musim Kemarau Di Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 13(1), 1–8. <https://doi.org/10.31172/jmg.v13i1.113>

- Hamuna, Baigo T., Rosye H. R., Suwito, M., Hendra K. A. dan Alianto (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Iris A. G. B., Luhan R.J., Phipip P. and Hurtado A. Q. (2016). Photosynthetic responses of ‘Neosiphonia sp epiphyte-infected’ and healthy *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) to irradiance, salinity and pH variations. *J Apl Phycol*. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0833-4>
- Maryunus, R. P. (2018). Pengendalian Penyakit Ice-Ice Budidaya Rumput Laut, *Kappaphycus alvarezii*: Korelasi Musim dan Manipulasi Terbatas Lingkungan. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.15578/jkpi.10.1.2018.1-10>
- Mustafa, A. A., Tarunamulia T., Hasnawi, H. dan Radiarta I. N. (2017). Karakteristik Dan Kesesuaian Perairan Untuk Budidaya Rumput Laut Di Kabupaten Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara. *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(2), 187. <https://doi.org/10.15578/jra.12.2.2017.187-196>
- Nur, A.I., Husain S. dan Patang. (2016). Pengaruh Kualitas Air Terhadap Produksi Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 2(1), 27–40. <https://doi.org/10.26858/jptp.v2i1.5151>
- Pariakan A., Mustafa A. dan Indrayani (2019). Karakteristik Oseanografi Kimia Selat Tiworo Utara Sebagai Daya Dukung Lingkungan Dalam Penentuan Lokasi Budidaya Rumput Laut *Euclima cottonii*. *Journal Fisheries and Marine Research*, 3(3), 390–399.
- Rajuddin, S. 1989. An Ecological Study of Benthic Algae in the Jeneberang Estuary, Ujung Pandang, Indonesia. Submitted to the faculty of the Graduate School, University of the Philippines at Los Banos in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy (Botany).
- Risnawati, Ma’ruf K. dan Haslianti (2018). Studi Kualitas Air Kaitanya dengan Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Pada Rakit Jaring Apung Di Perairan Pantai Lakeba Kota Bau-Bau Sulawesi Tenggara Pendahuluan Perairan Lakeba memiliki potensi yang cukup besar yang telah banyak dimanfaatkan. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 4(2), 155–164.
- Rongbin, D. U., Liming L. dan Aimin W. (2013). Effects of temperature, algae biomass and ambient nutrient on the absorption of dissolved nitrogen and phosphate by Rhodophyte *Gracilaria asiatica*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 31(2), 353–365.
- Schalk, P. H. (1987). Monsoon-related changes in zooplankton biomass in the eastern Banda Sea and Aru Basin. *Biological Oceanography*, 5(1), 1–12.
- Sulistiawati D., Ya’La, Z. R., Jumiyatun dan Mubaraq D. Z. (2020). Water quality study in several seaweeds culture sites in the post-earthquake-tsunami Palu Central, Sulawesi Province. *Journal of Physics: Conference Series*, 1434(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1434/1/012035>

- Supiyati, S. dan N. A. (2016). Analisis Front Salinitas Berdasarkan Musim Di Perairan Pantai Barat Sumatra. *15*(3).
- Susana, T. (1988). Karbon Diokasida. *Oseana*, *XIII*(1), 1–11.
- Tucker, Bouyd C.E. and Craig S. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management. In *SPRINGER SCIENCE+BUSINESS MEDIA, LLC*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Witman, J. D., & Lamb R. W. (2018). Persistent differences between coastal and offshore kelp forest communities in a warming Gulf of Maine. *PLoS ONE*, *13*(1), 1–32.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189388>
- Wyrski, K. (1961). Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. Naga Report Volume 2. Scientific Results of Marine Investigation of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. Naga Report Volume 2. Scientific Results of Marine Investigation of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961*, 195.
<https://doi.org/10.1001/archneur.1994.00540230067015>
- Zainuddin M., Safruddin, Hidayat, S., & Farhum, A. (2016). Pola Musim Penangkapan Ikan cakalang di Teluk Bone Berdasarkan data Time series pada tempat pendaratan ikan di Lappa, Sinjai, Sulawesi Selatan. In *Jurnal IPTEKS PSP* (Vol. 3, Issue 5, pp. 434–441).
- Zitta, C. S., Oliveira, E. M., Bouzon, Z. L., & Hayashi, L. (2012). Ploidy determination of three *Kappaphycus alvarezii* strains (Rhodophyta, Gigartinales) by confocal fluorescence microscopy. *Journal of Applied Phycology*, *24*(3), 495–499.
<https://doi.org/10.1007/s10811-011-9704-1>