

**PENGENDALIAN PENYAKIT ICE-ICE
BUDIDAYA RUMPUT LAUT, *Kappaphycus alvarezii*:
KORELASI MUSIM DAN MANIPULASI TERBATAS LINGKUNGAN**

**“ICE-ICE” DISEASE CONTROL OF SEAWEED CULTIVATION,
Kappaphycus alvarezii: THE CORRELATION OF SEASON AND
LIMITED ENVIRONMENTAL MANIPULATION**

Robert Pensa Maryunus*¹

¹UPTD Balai Budidaya Laut Tual, Jln. taar baru; Tual, Maluku, 97611-Indonesia.

Teregistrasi I tanggal: 14 September 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal: 28 Desember 2017;
Disetujui terbit tanggal: 08 Januari 2018

ABSTRAK

Serangan penyakit *ice-ice* di periode musim tertentu pada budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menjadi masalah serius, yang disebabkan oleh berbagai faktor yang saling berinteraksi. Salah satu faktor pemicu awal (*primary impact*) adalah terjadinya kekurangan nutrisi (*nutrients shortage*) pada perairan laut. Pada pihak lain, ketersediaan nutrisi di perairan laut pada wilayah-wilayah tertentu sangat dipengaruhi oleh fenomena *upwelling*. Fenomena *upwelling* terjadi karena adanya arus lintas Indonesia yang juga turut berpengaruh terhadap musim. Makalah ini membahas keterkaitan antara serangan penyakit *ice-ice*, arus lintas Indonesia, fenomena *upwelling*, *downwelling* dan musim dalam kaitannya dengan upaya untuk mencegah potensi dan mengelola serangan *ice-ice* melalui perendaman pupuk yang mengandung sumber unsur N (nitrogen), P (fosfor) dan K (kalium) dikombinasikan dengan pembersihan rutin dan pengaturan posisi tanam terhadap permukaan air. Tindakan manipulasi terbatas lingkungan budidaya rumput laut pada periode musim ekstrim terbukti efektif mengendalikan penyakit *ice-ice* sekaligus diyakini mampu mempertahankan kontinuitas produksi.

Kata Kunci: *Ice-ice*; kekurangan nutrisi; musim; rumput laut; *upwelling*

ABSTRACT

Ice-ice disease attacks in certain season on seaweed cultivation Kappaphycus alvarezii are a serious problem, which are caused by interaction of various factors. One of the primary impact is the occurrence of nutrients shortage in marine waters. Meanwhile, availability of nutrients in marine waters in certain areas is strongly influenced by upwelling phenomenon. Upwelling phenomenon occurs due to the Indonesian throughflow of which also affect the season. This paper discusses the correlation between ice-ice disease attacks, Indonesian throughflow, phenomenon of upwelling, downwelling and season in connection with efforts to prevent potential attacks and containing ice-ice disease through immersion of fertilizer containing source of N (nitrogen), P (phosphorus) and K (potassium) elements in combination with regular weeding and setting position of planting towards water surface. The limited environmental manipulation of seaweed cultivation on the extreme season period proved to be effective in controlling ice-ice disease at a time believed to be afford of sustaining production continuity.

Keywords: *Ice-ice*; nutrients shortage; season; seaweed; *upwelling*

PENDAHULUAN

Serangan penyakit *ice-ice* (*white spot*) pada musim ekstrim secara masif pada sentra-sentra budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) berakibat terhentinya sebagian besar kegiatan budidaya. Serangan penyakit biasanya terjadi pada bulan Oktober – April, dimana terjadi musim barat dan musim peralihan. Menurut Doty (1987) *ice-ice* bersifat musiman dan berhubungan dengan perubahan pada musim hujan.

Berbagai variabel pemicu timbulnya serangan penyakit *ice-ice* telah dikemukakan seperti: fluktuasi suhu dan salinitas, penggunaan bibit yang tidak berkualitas, serangan bakteri patogen, perubahan musim yang ekstrim, infeksi primer biota hervivora, penempelan lumut dan sebagainya. Salah satu dugaan pemicu (predisposisi/stressor) timbulnya *ice-ice* yang jarang dibahas adalah kekurangan (*shortage*) nutrisi pada lingkungan perairan laut (Kaas & Perez, 1990; Largo *et al.*, 1995; Madeali *et al.*, 2008; Anonim, 2001 *dalam* Aرسال, 2014). Penyakit *ice-ice* disebabkan tekanan lingkungan yang ekstrim terutama penurunan kandungan nutrisi di perairan laut secara tiba-tiba, berakibat proses fotosintesis rumput laut tidak berjalan optimal (Anggadiredja, 2008 *dalam* Anonim, 2008).

Ketersediaan nutrisi di perairan laut yang menjadi lahan budidaya rumput laut, salah satunya dipengaruhi oleh datangnya musim timur, dimana berlangsung fenomena *upwelling* di beberapa wilayah. Proses *taikan* air (*upwelling*) pada suatu perairan akan mempengaruhi kehidupan fitoplankton, hidrologi dan pengkayaan nutrisi di perairan (Sediadi, 2004). Hubungan antara *ice-ice* dan penurunan kandungan nutrisi pada rumput laut semakin jelas setelah adanya beberapa penelitian yang membuktikan efek kuratif yang kuat pada thallus rumput laut yang diserang *ice-ice* melalui perendaman pupuk yang mengandung sumber unsur N (nitrogen), P (fosfor) dan K (kalium) (Syamsuddin & Rahman, 2014; Ismail *et al.*, 2014), namun penelitian atau ujicoba pada puncak serangan *ice-ice* belum dilakukan. Dibutuhkan perluasan cakupan ke upaya preventif guna menjamin produksi tetap berlangsung tanpa tergantung musim.

Faktor alam yang berubah secara drastis mengikuti perubahan musim, ditambah kenyataan budidaya rumput laut dilakukan pada perairan teluk dan terbuka merupakan fakta-fakta di lapangan yang menyebabkan sulitnya memanipulasi sejumlah faktor lingkungan yang terlibat didalamnya. Berdasarkan pengalaman otodidak pembudidaya, perlakuan pengaturan (penurunan dan kenaikan) posisi tanam terhadap permukaan air, cukup efektif menyelamatkan budidaya rumput laut pada kondisi musim ekstrim.

Diduga kuat faktor kekurangan nutrisi pada periode tertentu di perairan laut menjadi salah satu faktor utama pemicu awal (*primary impact*) serangan *ice-ice*. Berdasarkan dukungan kajian teoritis, data hasil penelitian dan asumsi yang diparalelkan dengan fakta lapangan, dilakukan uji coba penerapan kombinasi aplikasi dalam bentuk uji tantangan (*challenge test*) untuk membuktikan kemungkinan budidaya rumput laut bisa bertahan bahkan tetap berproduksi pada musim yang ekstrim.

Makalah ini bertujuan mengkaji keterkaitan antara serangan penyakit *ice-ice*, arus lintas Indonesia, fenomena *upwelling*, *downwelling* dan musim, kaitannya dengan upaya mencegah potensi dan mengelola serangan *ice-ice* pada rumput laut *K. alvarezii* melalui perendaman pupuk yang mengandung sumber unsur N, P dan K. Perendaman pupuk yang dikombinasikan dengan pembersihan rutin dan pengaturan posisi tanam terhadap permukaan air diharapkan menjadi sinergi perlawanan optimal terhadap serangan penyakit *ice-ice* pada musim ekstrim.

BAHASAN UJI TANTANG (*CHALLENGE TEST*)

Uji tantangan dilaksanakan pada periode puncak serangan *ice-ice*, bulan Desember – Januari selama 30 hari, asumsi umur maksimal bibit sesuai SNI 7673.2:2011 (Badan Standardisasi Nasional, 2011) di perairan Teluk Vid Bangir, Kota Tual, Maluku.

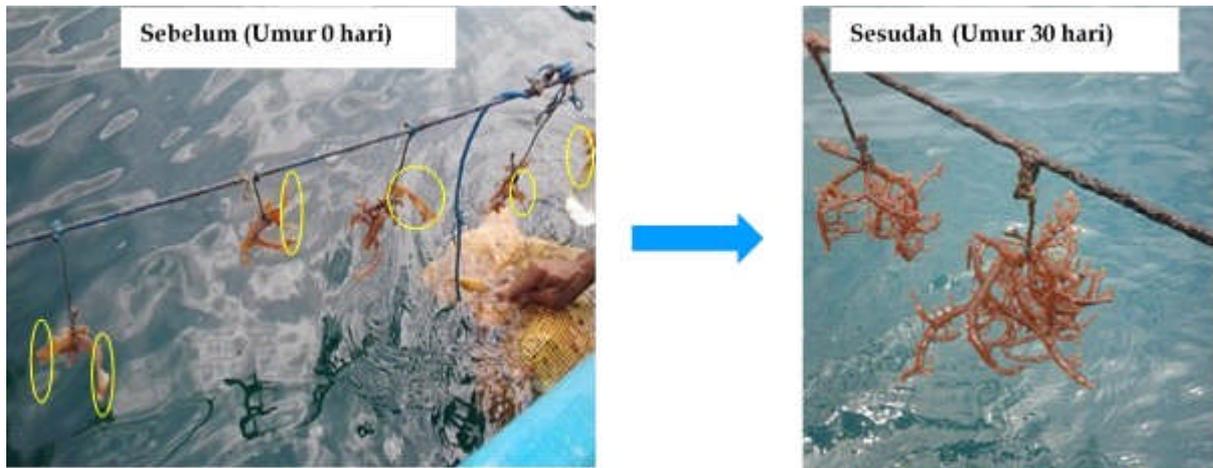
Bibit yang digunakan sebagai tumbuhan uji adalah thallus rumput laut yang sudah diserang *ice-ice*. Bibit direndam dalam wadah berisi air laut dengan tambahan pupuk kombinasi masing-masing: urea (sumber N) 10 g/L, TSP (Sumber P) 3 g/L dan ZK (sumber K) 8 g/L selama 6 jam (Syamsuddin & Rahman, 2014). Kontrol eksternal adalah budidaya rumput laut yang dilakukan oleh pembudidaya di sekitar lokasi ujicoba tanpa perlakuan perendaman pupuk, pengaturan posisi tanam dan pembersihan rutin. Pada saat proses perendaman selesai, dilakukan pemilihan jaringan thallus yang sudah rusak parah untuk ditantang di perairan laut.

Thallus yang sudah diseleksi selanjutnya diikat/ditanam di 20 tali titik, dengan jarak masing-masing thallus 25 cm pada tali ris bentang (metode *long line*) yang telah disiapkan sebelumnya. Posisi tali ris bentang ditenggelamkan sekitar 50 cm dari permukaan air. Selama 30 hari uji tantangan, dilakukan pembersihan rutin setiap hari terhadap kotoran dan lumut yang menempel pada rumput laut maupun *biofouling* pada tali ris bentang. Tidak dilakukan

penimbangan thallus pada awal kegiatan dikarenakan thallus yang telah diseleksi berukuran kecil dengan bobot bervariasi dan jaringan yang rusak parah. Pada akhir periode pengujian, dilakukan pengamatan morfologis terhadap tingkat kesembuhan penyakit *ice-ice* dan performa umum thallus.

Hasil uji tantang selama 30 hari (Gambar 1) memperlihatkan tingkat penyembuhan 100 % pada

jaringan thallus yang rusak parah, ditandai dengan tidak ditemukannya bercak putih maupun bagian jaringan yang pucat atau memutih (Syamsuddin & Rahman, 2014; Ismail *et al.*, 2014). Thallus menunjukkan adanya pertumbuhan (pertambahan bobot dan pembentukan cabang baru), meskipun ditanam pada kondisi musim yang sangat ekstrim dimana terjadi curah hujan tinggi dan intensitas cahaya matahari yang minim.



Gambar 1. Kondisi Thallus Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* pada awal (A) dan pada umur 30 hari pemeliharaan (B).

Figure 1. Condition of Thallus Seaweed *Kappaphycus alvarezii* in the beginning (A) and the 30 days of cultivation (B).

Keterangan:  thallus yang terinfeksi *ice-ice* (Dokumentasi Penulis, 2017).

Annotation:  thallus infected by *ice-ice* (Documentation by Author, 2017).

Performa morfologis memperlihatkan thallus yang segar, bersih, berwarna cerah dengan banyak percabangan. Hasil akhir yang didapatkan secara biomassa memperlihatkan ukuran thallus yang lebih kecil dibanding periode musim timur. Hal ini dikarenakan laju fotosintesis yang tidak optimal akibat minimnya intensitas cahaya matahari, disamping peningkatan kekeruhan air pada periode tersebut. Pada saat pelaksanaan uji tantang, semua unit usaha budidaya rumput laut disekitar lokasi pengujian (kontrol eksternal) berhenti beroperasi karena tingginya intensitas serangan penyakit.

PENYAKIT ICE-ICE

Ice-ice adalah penyakit yang banyak menyerang rumput laut kelompok karaginofit termasuk *K. alvarezii*. Pertama kali dilaporkan pada tahun 1974, ketika penyakit ini menyerang hampir seluruh budidaya rumput laut di negara Filipina (Largo *et al.*, 1995), ditandai dengan timbulnya bintik/bercak-bercak pada sebagian thallus yang lama-kelamaan menjadi kuning pucat dan akhirnya berangsur-angsur menjadi putih dan mudah terputus.

Penyakit *ice-ice* timbul karena menurunnya substansi pelindung intraseluler pada saat rumput laut mengalami tekanan lingkungan (stress) (Uyenco *et al.*, 1981). Pada keadaan stress, rumput laut akan membebaskan substansi organik yang menyebabkan thallus berlendir dan merangsang bakteri tumbuh melimpah pada rumput laut yang terinfeksi (Largo *et al.*, 1995). Beberapa jenis bakteri yang telah berhasil diisolasi dari rumput laut yang terserang *ice-ice* diantaranya: *Pseudomonas* spp., *Pseudoalteromonas gracilis* dan *Vibrio* spp. (Yuan, 1990; Largo *et al.*, 1995). Hal ini menandakan serangan bakteri patogen akibat stress pada rumput laut bersifat infeksi sekunder (*secondary impact*).

Mekanisme interaksi terjadinya penyakit *ice-ice* pada rumput laut diakibatkan adanya ketidakseimbangan hubungan antara inang, patogen dan lingkungan habitat/media rumput laut (Lobban & Harrison, 1994). Berdasarkan hal tersebut secara garis besar, perubahan lingkungan (musim ekstrim disertai dinamika hidro-oseanografi) dan bakteri patogen di perairan laut merupakan akumulasi sejumlah variabel pemicu timbulnya penyakit.

Khusus untuk bakteri patogen, kehadirannya pada lingkungan laut selalu melimpah setiap saat dimana sebagian besar bersifat *opportunistik*. Upaya pencegahan penyakit *ice-ice* melalui desinfeksi bibit seperti: pencelupan pada larutan PK (potassium permanganat) 20 ppm (Kamiso *et al.*, 2005) atau perendaman dengan bahan alami yang mengandung senyawa antimikroba seperti ekstrak daun ketapang (Rahayu *et al.*, 2016), mangrove *Sonneratia alba* (Syafitri *et al.*, 2017), tidak akan banyak membantu. Hal ini dikarenakan bibit yang ditanam akan kembali terpapar bakteri patogen di perairan laut, sehingga faktor lingkunganlah yang pada akhirnya menjadi penentu derajat patogenisitas dan virulensi bakteri.

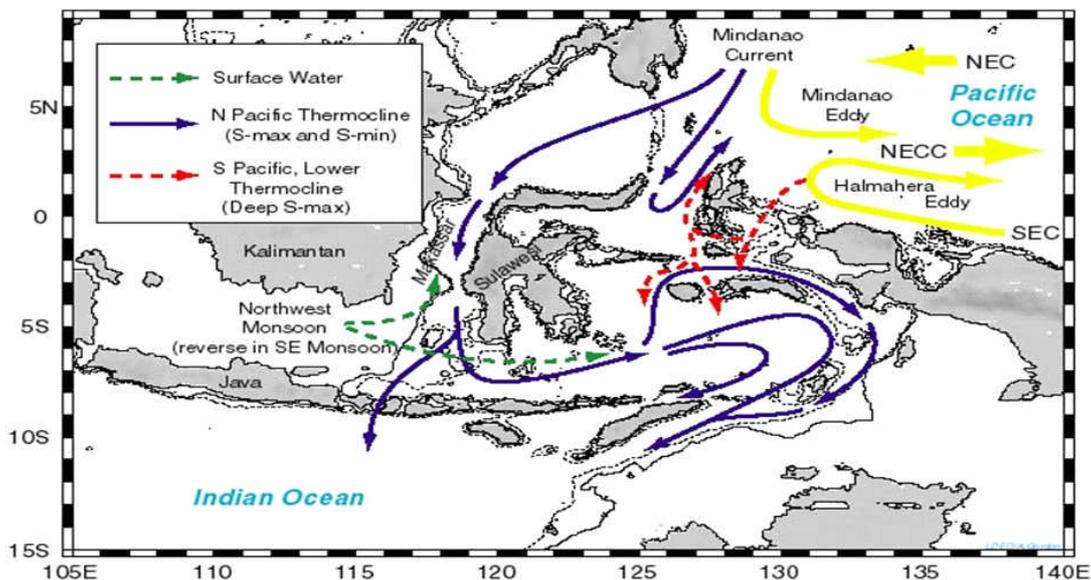
ARLINDO, UPWELLING, DOWNWELLING DAN DAMPAKNYA TERHADAP RUMPUT LAUT DI PERAIRAN

Budidaya rumput laut di Indonesia turut dipengaruhi oleh kondisi oseanografi. Kondisi oseanografi Indonesia sangat dipengaruhi oleh angin muson dan arus lintas Indonesia (Arlindo). Kondisi tersebut mengakibatkan terjadinya 3 musim yaitu: musim barat (Desember – Pebruari), musim timur (Juni – Agustus) dan musim peralihan, yakni musim peralihan I (Maret

– Mei) dan peralihan II (September – Nopember) (Kurnianto & Triandiza, 2013).

Perairan Indonesia dipengaruhi oleh sistem angin muson yang memiliki pola sirkulasi massa air yang berbeda dan bervariasi antar musim, disamping dipengaruhi oleh massa air lautan Pasifik yang melintasi perairan Indonesia menuju lautan Hindia, melalui sistem Arlindo (Wyrtsky, 1961) (Gambar 2), yang juga berpengaruh terhadap perubahan musim *el nino* (kering/kemarau) dan *la nina* (curah hujan tinggi) (Wyrtsky, 1961; Gordon & Fine, 1996), termasuk distribusi/pola suhu, salinitas dan kandungan nutrisi (Tubalawony, 2001).

Sirkulasi massa air perairan Indonesia berbeda antara musim barat dan musim timur. Pada musim barat, massa air umumnya mengalir ke arah timur perairan Indonesia, dan sebaliknya ketika musim timur berkembang dengan sempurna melalui suplai massa air yang berasal dari daerah *upwelling*, Laut Arafura dan Laut Banda yang mengalir menuju perairan Indonesia bagian barat (Wyrtsky, 1961). Perbedaan tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi hidrologi yang kemudian mempengaruhi tinggi rendahnya produktifitas perairan (Schalk, 1987; Tubalawony, 2001; Sediadi, 2004).



Gambar 2. Arlindo (Arus Lintas Indonesia).
Figure 2. Indonesian Throughflow.

Sumber: Belinne (n.d.), Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University.
Source: Belinne (n.d.), Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University.

Pada musim timur (Juni – Agustus) bertiup angin muson tenggara di selatan katulistiwa dan barat daya di utara katulistiwa, di Laut Banda bagian timur terjadi penaikan massa lapisan air bagian dalam (*upwelling*) yang bersuhu lebih rendah, bersalinitas tinggi dan kaya nutrien ke permukaan (Schalk, 1987; Nontji, 1993). Tingginya produktivitas di laut terbuka yang mengalami *upwelling*, disebabkan terjadinya pengkayaan nutrien di lapisan permukaan akibat proses pengangkatan massa air laut dalam yang kaya nutrien seperti fosfat, nitrat dan silikat, yang sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan alga, termasuk makro alga rumput laut.

Pada musim barat (Desember – Pebruari), bertiup angin muson barat laut di bagian selatan katulistiwa dan timur laut di utara katulistiwa, karakteristik massa air perairan Indonesia umumnya ditandai dengan salinitas lebih rendah dan suhu relatif lebih tinggi, akibat massa air laut yang berasal dari Indonesia Barat banyak bercampur dengan massa air tawar dimana sungai-sungai besar banyak bermuara pada wilayah tersebut (Nontji, 1993; Schalk, 1987; Tubalawony, 2001). Hal ini masih ditambah dengan kenyataan tingginya curah hujan pada bulan-bulan tersebut. Pada periode ini terjadi proses *downwelling*, sebagai kebalikan dari proses *upwelling*.

Terjadi fenomena menarik pada budidaya rumput laut dimana bibit yang terlihat kerdil dan terserang *ice-ice* pada musim barat dan peralihan, dengan cepat berubah menjadi bibit yang segar, sehat dengan laju pertumbuhan yang baik pada musim timur. Kondisi sebaliknya terjadi memasuki musim peralihan II sampai menjelang datangnya musim timur kembali. Perbedaan ini erat kaitannya dengan proses *upwelling* yang mengangkat massa air laut dalam kaya nutrien ke permukaan yang menjadi kolom air tempat budidaya rumput laut, ditambah dengan intensitas cahaya matahari yang tinggi pada periode tersebut mengakibatkan meningkatnya laju fotosintesis.

Kondisi *upwelling* merupakan musim yang baik bagi pertumbuhan makro alga (Kadi, 2002). Penelitian yang dilakukan Maturbongs (2015) mendapati jumlah dan komposisi species makro alga di perairan Rutong-Leahari, Ambon, yang berhadapan langsung dengan Laut Banda, pada periode *upwelling* (Juni – Agustus) jauh lebih banyak dibandingkan periode pra *upwelling* (Maret – Mei). Budidaya rumput laut, *K. alvarezii* di perairan Maluku pada musim timur mengalami laju pertumbuhan dua kali lebih tinggi dari musim barat, Jamal *et al.* (2011, dalam Jamal *et al.*, 2011). Efektifitas serangan bakteri kemungkinan terjadi pada saat pertumbuhan tanaman tidak efektif (Uyenco *et al.*, 1981).

Pertumbuhan terbaik/musim produktif *K. alvarezii* di Pulau Nain, Kabupaten Minahasa Utara adalah bulan Juli - Agustus (Mudeng & Ngangi, 2014), di perairan Boalemo, Gorontalo bulan Juni – Agustus (Purwanti *et al.*, 2015) dan di Pantai Lakeba, Bau-Bau, Sulawesi Tenggara bulan Juni – Agustus (Kasim & Mustafa, 2017). Hasil penelitian di berbagai daerah tersebut membuktikan bahwa musim timur dan *upwelling* yang berlangsung pada bulan Juni – Agustus menjadi musim yang terbaik bagi pertumbuhan rumput laut.

Pergeseran musim produktif rumput laut menjadi lebih singkat seperti di Pulau Nain (Mudeng & Ngangi, 2014) atau di beberapa tempat menjadi lebih panjang (Erlania & Radiarta, 2014; Muslimin *et al.*, 2016), ke sebagian musim peralihan disebabkan dampak periode *upwelling* pada setiap perairan laut dapat berbeda secara spasial (jangkauan luasan *upwelling*) maupun temporal (lama waktu *upwelling*) (Kunarso *et al.*, 2005; Kemili & Putri, 2012), selain adanya pengaruh *run-off* nutrien dari darat.

Bila dicermati, nampaknya ada keterkaitan erat antara daerah-daerah produsen utama rumput laut *K. alvarezii* dengan perairan laut yang telah diketahui mengalami *upwelling* pada musim timur dan/atau dilalui lintasan Arlindo, yakni: Maluku (Laut Banda, Laut Arafura dan Laut Seram); Maluku Utara (Laut Maluku); Sulawesi Selatan, Tengah dan Tenggara (Selat Makassar dan Teluk Bone); Bali dan Nusa Tenggara Barat (Pantai Selatan Jawa – Sumbawa dan Selat Bali) serta Nusa Tenggara Timur (Laut Timor, Laut Sawu dan Laut Flores) (Nontji, 1993; Gordon *et al.*, 1994; Tubalawony, 2001; Mulyadi, 2007; Kemili & Putri, 2012).

MANIPULASI TERBATAS LINGKUNGAN: FAKTOR ALAM DAN NUTRIENT INPUT

Disebut “manipulasi terbatas lingkungan” karena adanya sejumlah faktor alam yang tidak bisa dikendalikan sebagai konsekuensi penanaman rumput laut di perairan teluk ataupun terbuka. Kondisi ini mengharuskan identifikasi faktor-faktor yang masih berpotensi untuk bisa dimanipulasi.

Faktor Alam

Perubahan musim yang berimplikasi terhadap perubahan kondisi alam seperti intensitas cahaya matahari, curah hujan dan kondisi hidro-oseanografi. Terdapat sejumlah faktor alam yang tidak/belum bisa dikendalikan atau dimanipulasi (seperti: intensitas cahaya matahari, curah hujan, suhu, total padatan tersuspensi, arus, efit dan CO₂ terlarut) pada

budidaya rumput laut. Semakin banyak faktor alam yang dimanipulasi akan semakin memperkecil peluang timbulnya penyakit *ice-ice*.

Pendekatan faktor alam yang dilakukan pada periode musim ekstrim mengacu kepada pengalaman empirik pembudidaya pada musim tersebut, yakni dengan penurunan posisi tanam rumput sampai kedalaman sekitar 50 cm dari permukaan air. Posisi tanam dapat dinaikkan atau diturunkan berdasarkan tinggi rendahnya intensitas curah hujan. Bila dikaitkan dengan kondisi perairan dengan curah hujan tinggi, hal ini bertujuan untuk menghindari salinitas rendah di permukaan air, yang meskipun berlangsung singkat kehadiran air tawar sangat berpengaruh terhadap proses osmoregulasi rumput laut (Dawes, 1981). Pendekatan lainnya adalah pembersihan rutin kotoran, lumut dan *biofouling* yang menempel pada rumput laut dan tali setiap 1 – 2 hari sekali. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya stress pada rumput laut akibat penempelan lumut dan kotoran yang akan menghambat proses fotosintesis. Pada musim barat dan peralihan, curah hujan yang tinggi menyebabkan peningkatan *run-off* dari darat dan proses turbulen (*mixing*) di laut oleh ombak yang kuat. Hasil penelitian Maturbongs (2015) di perairan Rutong-Leahari menunjukkan tingkat turbiditas (kekeruhan) periode pra *upwelling* lebih tinggi daripada periode *upwelling*.

Tingginya turbiditas akibat zat padat tersuspensi terutama partikel lumpur dari darat selain menghambat penetrasi cahaya matahari yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis juga memperbanyak *silt* (endapan partikel lumpur) pada thallus rumput laut. Kotoran berupa endapan lumpur dapat merangsang tumbuhnya bakteri yang mengakibatkan pembusukan thallus atau memicu munculnya *ice-ice*.

Nutrient Input

Secara alami konsentrasi unsur N dan P pada perairan laut sangat kecil sehingga seringkali menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan rumput laut (Dawes, 1981). Madeali *et al.*, (2008) yang melakukan analisa kandungan unsur N dan P pada thallus rumput laut yang diserang *ice-ice* di beberapa daerah mendapatkan prosentase kandungan masing-masing berkisar: 0,1 - 0,4 % dan 0 – 0,1 %. Rendahnya kandungan N dan P tersebut diduga kuat menjadikan rumput laut rentan terserang penyakit.

Pemantauan terhadap kandungan fosfat dan nitrat pada 40 stasiun pengambilan sampel di Laut Banda pada periode bulan Mei (musim peralihan I), Agustus (musim Timur), Nopember (musim peralihan II) 1996

dan Pebruari (musim barat) 1997 memperlihatkan kadar rata-rata fosfat pada bulan Agustus sebesar: 1,492 µg/L lebih tinggi dari bulan Mei, Nopember dan Pebruari masing-masing sebesar: 1,025 µg/l; 0,878 µg/L dan 0,766 µg/L. Kadar nitrat rata-rata pada bulan Agustus sebesar 1,932 µg/L, lebih tinggi dari bulan Mei, Nopember dan Pebruari masing-masing sebesar: 0,975 µg/L; 0,804 µg/L dan 0,670 µg/L (Edward & Tarigan, 2003). Hasil pemantauan tersebut menggambarkan terjadinya trend penurunan kadar fosfat dan nitrat di Laut Banda seiring pergantian musim timur ke musim peralihan II dan musim barat. Perbedaan kadar fosfat dan nitrat antara musim barat dengan musim timur masing-masing berkisar 1 : 2 dan 1 : 3.

Pada bidang akuakultur penggunaan pupuk Urea (Sumber N) dan TSP (Sumber P) sudah banyak diaplikasikan seperti: penumbuhan fitoplankton di kolam dan tambak serta penggunaannya pada kultur mikro alga skala massal di balai-balai benih. Dalam upaya mereduksi konsentrasi N dan P dari limbah pertambakan udang, rumput laut merupakan salah satu fitoremediasi yang sering digunakan.

Kemungkinan pemberian pupuk nitrogen untuk mengatasi *ice-ice* telah diwacanakan oleh Largo *et al.*, (1995), selain itu kekurangan orto-fosfat juga diduga kuat menjadi salah satu pemicu munculnya *ice-ice* (Anonim, 2001 dalam Arsal, 2014). Hasil penelitian Luhan *et al.* (2015) melalui perendaman singkat eksplan rumput laut *K. alvarezii* pada medium nitrogen tinggi menunjukkan peningkatan berlipat ganda total nitrogen pada thallus sekaligus mampu menurunkan resiko kejadian *ice-ice* secara signifikan.

Penelitian tentang aplikasi pupuk N, P dan K sudah dilakukan oleh Kushartono *et al.*, (2009) dalam upaya mendapatkan perbandingan terbaik dari ketiga unsur yang ada bagi pertumbuhan optimal rumput laut. Sedangkan untuk tujuan kuratif pada penyakit *ice-ice*, aplikasi penggunaannya sudah diteliti oleh Syamsuddin & Rahman (2014) di desa Punaga, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Ismail *et al.*, (2014) di desa Toropot, Kabupaten Banggai Laut, Sulawesi Tengah. Kedua hasil penelitian memperlihatkan efek penyembuhan serangan penyakit *ice-ice* (*white spot*) hingga 100 % pada dosis tertinggi.

Pemilihan pupuk anorganik, menurut Morris (1974) dilandasi fakta bahwa alga mempunyai kecenderungan untuk lebih dahulu menggunakan N-anorganik dan urea, N-organik terlarut hanya akan digunakan jika sumber atau bentuk nitrogen lain konsentrasinya sudah sangat rendah. Neish (2003)

meyakini bahwa respon rumput laut terhadap makronutrien N, mengikuti pola peningkatan pertumbuhan dan “simpanan nutrien” sampai kapasitas jenuh, setelah itu pertumbuhan maupun simpanan nitrogen akan tetap. Untuk unsur P (fosfor), Effendi (2003) menjelaskan bahwa alga (termasuk rumput laut) memanfaatkan orto-fosfat sebagai sumber fosfor. Alga mampu mengakumulasi fosfor didalam sel melebihi kebutuhannya (*luxury consumption*) dan kelebihan tersebut akan dimanfaatkan pada saat perairan mengalami defisiensi fosfor. Proses ini dijelaskan oleh Lobban & Harrison (1994) bahwa nutrien diluar sel yang kadarnya lebih tinggi dibanding dalam sel mengakibatkan nutrien berdifusi masuk kedalam sel. Nutrien yang masuk akan meningkatkan aktifitas metabolime, selanjutnya mengembangkan vakuola dalam sel. Vakuola berperan penting menjaga konsentrasi zat-zat didalamnya sebagai mekanisme pertahanan hidup tumbuhan.

Diduga kuat efektifitas perendaman pupuk selama 6 jam yang kemudian mampu memulihkan rumput

laut serta terjadinya pertumbuhan selama 30 hari periode uji tantang berkaitan erat dengan kemampuan “simpanan nutrien” dan *luxury consumption* yang dimiliki alga, termasuk makro alga *K. alvarezii*.

Penambahan unsur K (Kalium) bertujuan untuk meningkatkan daya tahan/kekebalan tanaman terhadap penyakit, mengatur aktifitas berbagai unsur mineral, mempercepat pertumbuhan merismatik dan memperbaiki jaringan yang rusak (Sutedjo, 2008).

Pengaplikasian di lapangan bagi pembudidaya yang menggunakan bibit dalam jumlah banyak dapat dilakukan pada wadah yang lebih besar seperti drum dan sejenisnya. Berdasarkan pengalaman yang sudah diujicoba penggunaan larutan pupuk hanya efektif dilakukan sampai 2 kali, setelah itu larutan yang berisi pupuk terlihat bening yang menandakan nutrien hampir seluruhnya telah terserap. Ikhtisar dari bahasan diatas tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Ikhtisar Manipulasi Terbatas Lingkungan untuk Pengendalian Penyakit *Ice-Ice* pada Musim Ekstrim.
Table 1. Overview of Limited Environmental Manipulation for Controlling *Ice-Ice* Disease in Extreme Season.

Pemicu/Stressor	Tindakan	Tujuan	Referensi
Faktor Alam (perubahan curah hujan/salinitas, <i>silt</i> dari <i>run-off</i> dan turbulen);	• Pengaturan (penurunan dan kenaikan) kedalaman posisi tanam terhadap permukaan air	Menghindari salinitas yang rendah di permukaan air	Pengalaman otodidak /empirik pembudidaya.
	• Pembersihan rutin	Menghindari penempelan kotoran dan lumut sebagai predisposisi serangan bakteri	Pengalaman otodidak /empirik pembudidaya.
Kekurangan (<i>shortage</i>) nutrien	• Aplikasi perendaman pupuk N, P dan K (<i>Nutrients Input</i>)	Mencukupkan kebutuhan nutrien (kuratif dan preventif) penyakit <i>ice-ice</i>	Syamsuddin & Rahman (2014); Ismail <i>et al.</i> , (2014).

Sumber: Hasil olahan Penulis (2017).

Source: Processed by Author (2017).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Terdapat keterkaitan erat antara: arus lintas Indonesia, fenomena *upwelling*, *downwelling* dan musim. Berkurangnya konsentrasi nutrien di laut pada musim barat dan peralihan, ditambah pola hubungan:

kekurangan nutrien terutama nitrogen terlarut dan fosfat dengan timbulnya serangan *ice-ice* menunjukkan bahwa kekurangan nutrien di perairan laut menjadi faktor utama pemicu awal serangan penyakit *ice-ice*. Manipulasi terbatas lingkungan terbukti efektif mengendalikan penyakit *ice-ice* pada musim ekstrim.

Rekomendasi

Aplikasi perendaman pupuk N, P dan K selama 6 jam sebelum bibit rumput laut ditanam dan pengaturan posisi tanam terhadap permukaan air dilakukan pada musim barat (Desember – Pebruari), sedangkan untuk musim peralihan I (Maret - Mei) dan II (September – Nopember) dilakukan secara selektif berdasarkan historis kejadian serangan penyakit *ice-ice* di masing-masing daerah. Posisi tanam terhadap permukaan air dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan besarnya intensitas curah hujan. Pembersihan rutin rumput laut diharapkan tetap dilakukan sepanjang tahun, selain sebagai tindakan preventif penyakit juga terkait dengan laju pertumbuhan.

PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada staf teknis UPTD Balai Budidaya Laut (BBL) Tual yang telah membantu pelaksanaan uji coba dan pendokumentasian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2008, September 1). Ice-ice ancam budidaya rumput laut. *Trobos Aqua*. Diunduh dari: <http://www.trobos.com/detail-berita/2008/09/01/13/1216/iceice-ancam-budidaya-rumput-laut>.
- Arsal, L. M. (2014). *Penyakit ice-ice pada rumput laut dan penyebabnya*. Diunduh dari: <http://arsal-arsenal.blogspot.co.id/2014/06/ice-ice-pada-rumput-laut-dan-penyebabnya.html>.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 7673.2:2011: Produksi bibit rumput laut kotoni (Euचेuma cottonii)* (bagian 2 Metode long line). Jakarta: Penyusun.
- Belinne, D. J. (n. d.). *Arlindo mixing*. Diunduh dari website Ideo.columbia.edu: <http://www.Ideo.columbia.edu/res/fac/physocean/Arlindo/mixing.html>.
- Dawes, C. J. (1981). *Marine botany* (p. 628). New York: John Wiley & Sons Inc.
- Doty, M. S. (1987). The production and use of *Euचेuma*. In M. S. Doty, J. F. Caddy, & B. Santelices (Eds.), *Case studies of seven commercial seaweed resources. FAO fish. tech. paper, 281* (pp. 123–164). Rome: FAO.
- Edward., & Tarigan, M. S. (2003). Pengaruh musim terhadap fluktuasi kadar fosfat dan nitrat di laut Banda. *Makara Sains, 7*(2), 82-88.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan* (p. 258). Yogyakarta: Kanisius.
- Erlania., & Radiarta, I. N. (2014). Perbedaan musim tanam terhadap performa budidaya empat varian rumput laut *Eucheumatoids* di Teluk Gerupuk, Nusa Tenggara Barat. *J. Ris. Akuakultur, 9*(2), 331-342.
- Gordon, A. L., Ffield, A., & Ilahude, A. G. (1994). Thermocline of the Flores and Banda seas. *J. Geophys. Res., 99*(C9), 18,235-18,242.
- Gordon, A. L., & Fine, R. A. (1996). Pathways of water between the Pacific and Indian Oceans in the Indonesian seas. *Nature, 379*, 146-149.
- Ismail, R. A., Ngangi, E., & Lasut, M. T. (2014). Effect of NPK fertilizer (nitrogen, phosphorus, potassium) on seaweed, *Kappaphycus alvarezii*, growth and disease prevention. *Aquatic Sci. & Manaj., 2*(1), 7-11.
- Jamal, E., Pattinasarany, A. Y., & Luturmas, A. (2011). Infeksi penyakit *ice-ice* dan biomassa *Kappaphycus alvarezii* yang dibudidaya di Teluk Saparua. *J. Triton, 7*(2), 13-19.
- Kaas, R., & Perez, R. (1990). Study of the intensive culture of *Undaria* on the Coast of Brittany. In *Tech. res. papers regional workshop on the culture and utilization of seaweeds – v. 2*(pp. 47-50). Cebu City, Philipines: Regional Seafarming Development and Demonstration Project RAS/90/002 and Network of aquaculture Centre in Asia (NACA) Bangkok, Thailand.
- Kadi, A. (2002). Rumput laut nilai ekonomis di Sulawesi Utara. Dalam A. Ruyitno, A. Aznam, Pramudji, & Sunarto (Eds.), *Perairan Sulawesi dan sekitarnya*. Jakarta, Indonesia: Puslitbang Oseanologi – LIPI.
- Kamiso, H. N., Dana, D., Kusnendar, E., Supriyadi, H., Murdjani, M., Irianto, A., ...Rahman, A. (2005). *Petunjuk pengendalian penyakit ice-ice pada budidaya rumput laut* (p.15). Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Kasim, M., & Mustafa, A. (2017). Comparison growth of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta,

- Solieriaciae) cultivation in floating cage and long line in Indonesia. *Aquaculture Reports*, 6, 49-55.
- Kemili, P., & Putri, M. R. (2012). Pengaruh durasi dan intensitas *upwelling* berdasarkan anomali suhu permukaan laut terhadap variabilitas produktivitas primer di perairan Indonesia. *J. Ilmu & Teknologi Kelautan Tropis*, 4(1), 66-79.
- Kunarso., Ningsih, N. S., & Supangat, A. (2005). Karakteristik *upwelling* di sepanjang perairan selatan NTT hingga Barat Sumatera. *Ilmu Kelautan*, 10(1), 17-23.
- Kurnianto, D., & Triandiza, T. (2013). Pengaruh musim terhadap pertumbuhan dan hasil rumput laut *Euचेuma cottonii* yang ditanam pada dua lokasi perairan di Maluku Tenggara. Dalam A. Syarif, S. Hadi, N. Sa'diyah, Mulyono, G. N. Susanto, Erwanto, ...Tugiyono (Eds.), *Seminar nasional sains & teknologi kelima* (pp. 1-534-1-541). Lampung, Indonesia: Universitas Lampung.
- Kushartono, E. W., Suryono., & Setyaningrum, E. M. R. (2009). Aplikasi perbedaan komposisi pupuk N, P dan K pada budidaya *Euचेuma cottonii* di Perairan Teluk Awur Jepara. *Ilmu Kelautan*, 14(3), 164 – 169.
- Largo, D. B., Fukuhami, K., & Nishijima, T. (1995). Occasional pathogenic bacteria promoting *ice-ice* disease in the carrageenan-producing red algae *Kappaphycus alvarezii* and *Euचेuma denticulatum* (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.*, 7, 545-554.
- Lobban, C. S., & Harrison, P. J. (1994). *Seaweed ecology and physiology* (p. 366). Cambridge: Cambridge University Press.
- Luhan, M. R. J., Santander-Avancena, S., & Mateo, J. P. (2015). Effect of short-term immersion of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty in high nitrogen on the growth, nitrogen assimilation, carrageenan quality and occurrence of "ice-ice" disease. *J. Appl. Phycol.*, 27(2), 917-922.
- Madeali, M.I., Pong-Masak, P.R., & Tjaronge, M. (2008). Usaha pencegahan penyakit white spot pada budidaya rumput laut melalui aplikasi pola tanam. Maros: Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau. (Unpublished Article).
- Maturbongs, M. R. (2015). Pengaruh tingkat kekeruhan perairan terhadap komposisi species makro alga kaitannya dengan proses *upwelling* pada perairan Rutong-Leahari. *Agricola*, 5(1), 21-31.
- Morris, I. (1974). Nitrogen assimilation and protein synthesis. In W. D. P. Stewart (Ed.), *Algal physiology and biochemistry* (pp: 583-609). Botanical Monographs, v. 10. Oxford: Black-well Scientific Publication Ltd.
- Mudeng, J. A., & Ngangi, E. (2014). Pola tanam rumput laut *Kappaphycus alvarezii* di Pulau Nain Kabupaten Minahasa Utara. *Budidaya Perairan*, 2(2), 27-37.
- Mulyadi. (2007). *Mencari lokasi "upwelling" dengan bio-indikator kopepoda*. Diunduh dari website Kompas.com: <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0506/09/ilpeng/1799344.htm>.
- Muslimin., Pratiwi, D. A., & Sari, W. K. P. (2016). Musim tanam produktif rumput laut *Euचेuma denticulatum* di perairan Kabupaten Pohuwato, Gorontalo. Dalam H. E. Irianto, K. Sugama, Wijopriono, N. A. Giri, Rachmansyah, Haryanti,...D. E. D. Setiono (Eds.), *Prosiding inovasi teknologi akuakultur 2016* (pp. 423-430). Surabaya, Indonesia: Puslitbang Perikanan.
- Neish, I. C. (2003). *The ABC of seaplant production: agronomy, biology and crop-handling of Betaphycus, Euचेuma and Kappaphycus the Gelatinae, Spinosum and Cottonii of commerce* (Monograph 1-0703). Diunduh dari website Seaplant.net: http://sorialink.seaplant.net/abc_eucheuma/toc.htm.
- Nontji, A. (1993). *Laut nusantara* (p. 367). Jakarta: Djambatan.
- Purwanti, D. A., Pasande, R., & Wiyanto, T. H. (2015). Teknik budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dalam pola penentuan kalender musim tanam di perairan Boalemo. *Bul. Tek. Lit. Akuakultur*, 13(1), 17-21.
- Rahayu, N. W. S., Prasetyo, E. N., & Isdiantoni. (2016). Hidroekstraksi daun ketapang (*Terminalia catappa* L) sebagai pengendali *ice-ice* pada budidaya *Kappaphycus alvarezii*. *J. Sains & Seni ITS*, 1-8.
- Schalk, P. H. (1987). Moonsoon – related changes in zooplankton biomass in the eastern Banda Sea and Aru Basin. *Biol. Oceanogr.*, 5(1), 1-12.

- Sediadi, A. (2004). Efek *upwelling* terhadap kelimpahan dan distribusi fitoplankton di perairan Laut Banda dan sekitarnya. *Makara Sains*, 8(2), 43-51.
- Sutedjo, M. M. (2008). *Pupuk dan cara pemupukan* (p.177). Jakarta: Rineka Cipta.
- Syafitri, E., Prayitno, S. B., Radjasa, O. K., & Ma'ruf, W. F. (2017). The performance of leaf extract (*Sonneratia alba*) in combating bacterial associated with ice-ice disease of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*). *Advance Science Letters*, 23(7), 6413-6415.
- Syamsuddin, R., & Rahman, S. A. (2014). Penanggulangan penyakit *ice-ice* pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii* melalui penggunaan pupuk N, P dan K. Dalam *Simposium nasional 1 kelautan dan perikanan* (pp. 1-9). Makassar, Indonesia: Universitas Hasanuddin.
- Tubalawony, S. (2001). *Pengaruh faktor-faktor oseanografi terhadap produktivitas primer perairan di Indonesia*. Diunduh dari: http://www.rudycct.com/PPS702-ipb/02201/simon_t.htm.
- Uyenco, F. R., Saniel, L. S., & Jacinto, G. S. (1981). The 'ice-ice' problem in seaweed farming. In Levring T. (Ed.), *Proc. 10th int. seaweed symp.* (pp. 625-630). Berlin: Walter de Gruyter & Co.
- Wyrky, K. (1961). *Physical oseanography of the Southeast Asian Waters* (p.195). Naga Report, v. 2. La Jolla, California: Scripps Inst. of Oceanography, The University of California.
- Yuan, W. C. (1990). Cultivation of temperate seaweeds in The Asia Pasific Region. In *Tech. res. papers regional workshop on the culture and utilization of seaweeds - v. 2* (pp. 27-32). Cebu City, Philiphines: Regional Seafarming Development and Demonstration Project RAS/90/002 and Network of aquaculture Centre in Asia (NACA) Bangkok, Thailand.