

**DAMPAK LIMBAH ORGANIK TAMBAK UDANG VANAME
SUPER INTENSIF TERHADAP TINGKAT EUTROFIKASI
PERAIRAN PANTAI DESA PALAJAU
KECAMATAN ARUNGKEKE
KABUPATEN JENEPONTO**

Disusun dan diajukan

SKRIPSI

**INDAH LESTARI
L111 14 702**



**DEPARTEMEN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**DAMPAK LIMBAH ORGANIK TAMBAK UDANG VANAME SUPER INTENSIF
TERHADAP TINGKAT EUTROFIKASI PERAIRAN PANTAI DESA PALAJAU
KECAMATAN ARUNGKEKE KABUPATEN JENEPONTO**

Disusun dan Diajukan Oleh

**INDAH LESTARI
L111 14 702**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu
Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 10 Februari
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

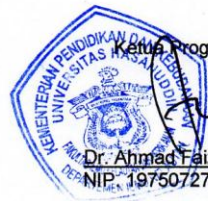
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Muh. Farid Samawi, M.Si
NIP. 19650810 199103 1 006

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si
NIP. 19690125 199303 1 002



Ketua Program Studi

Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si
NIP. 19750727 200112 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Indah Lestari
NIM : L111 14 702
Program Studi : Ilmu Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“Dampak Limbah Organik Tambak Udang Vaname Super Intensif Terhadap
Tingkat Eutrofikasi Perairan Pantai Desa Palajau Kecamatan Arungkeke
Kabupaten Jeneponto”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 10 Februari 2021

Yang Menyatakan


Indah Lestari

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Indah Lestari

Nim : L111 14 702

Program Studi : Ilmu Kelatan

Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

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

Makassar, 10 februari 2021

Mengetahui,

Penulis



Dr. Ahmad Faizal, ST., Msi
NIP. 19750727 200112 1 003



Indah Lestari
L111 14 702

ABSTRAK

INDAH LESTARI. L11114702 **Dampak Limbah Organik Tambak Udang Vaname Super Intensif Terhadap Tingkat Eutrofikasi Perairan Pantai Desa Palajau Kecamatan Arungkeke Kabupaten Jeneponto.** Pembimbing Utama Muh. Farid Samawi dan Pembimbing Kedua Rahmadi Tambaru

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui status kualitas perairan dampak limbah organik tambak udang super intensif terhadap tingkat eutrofikasi dan menentukan tingkat eutrofikasi dari limbah organik terhadap kualitas perairan. Pengambilan sampel dilakukan di Perairan Desa Palajau kecamatan Arungkeke Kabupaten Jeneponto. Penelitian ini menggunakan metode pengukuran parameter kimia kualitas perairan yakni pH, Nitrat (NO_3), Nitrit (NO_2), Amonia (NH_3), Fosfat (PO_4), Klorofil-a, TSS dan BOT. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Oseanografi Kimia, Departemen Ilmu kelautan, Fakultas Ilmu kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Hasil penelitian menunjukkan status kualitas perairan di Desa Palajau tergolong tercemar ringan, hal ini dilihat dari stasiun I dengan kandungan Nitrat, fosfat, klorofil-a, amonia, DO, dan BOT melebihi standar baku mutu perairan, sehingga dapat dikatakan bahwa limbah tambak super intensif memiliki sumbangsi terhadap masuknya bahan organik ke perairan namun tidak memberikan pengaruh yang besar pada perairan. Kemudian, tingkat eutrofikasi dari limbah organik terhadap kualitas perairan di Desa Palajau masuk pada kategori oligotrofik atau tingkat eutrofikasi rendah.

Kata Kunci : Limbah Organik, Tambak Super Intensif, Perairan, Eutrofikasi

ABSTRACT

INDAH LESTARI. L11114702 “**The Impact of Organic Waste from Super Intensive Vaname Shrimp Pond on Eutrophication Levels of the Coastal Waters of Palajau Village, Arungkeke, Jeneponto**”. Main Advisor Muh. Farid Samawi and Second Advisor Rahmadi Tambaru

This study aims to determine the status of the water quality as the impact of organic waste from super intensive shrimp pond on eutrophication level and to determine the eutrophication level of organic waste on water quality. Sampling was conducted in the waters of Palajau Village, Arungkeke, Jeneponto. This study uses a method of measuring chemical parameters of water quality, those are pH, Nitrate (NO₃), Nitrite (NO₂), Ammonia (NH₃), Phosphate (PO₄), Chlorophyll-a, TSS and BOT. Sample analysis was carried out at the Chemical Oceanography Laboratory, Department of Marine Science, Faculty of Marine Science and Fisheries, Hasanuddin University. The results showed that the status of the water quality in Palajau Village was classified as lightly polluted, this can be seen from Station I with the content of Nitrate, phosphate, chlorophyll-a, ammonia, DO, and BOT exceeding the water quality standards, so it can be said that the super intensive pond waste has contributes to the entry of organic matter into the waters but does not have a major influence on the waters. Then, the level of eutrophication from organic waste to water quality in Palajau Village was included in the oligotrophic category or low eutrophication level.

Keywords: Organic Waste, Super Intensive Pond, Waters, Eutrophication

BIODATA PENULIS



INDAH LESTARI, Putri dari pasangan Sainuddin dan Halijah yang dilahirkan pada tanggal 19 Desember 1996. Merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara. Menyelesaikan pendidikan dasar di SD 10 Sanggalea tahun 2008, Pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Maros pada tahun 2011 dan pendidikan menengah atas di SUPM Negeri Bone pada tahun 2014. Di tahun yang sama penulis lulus dan diterima di perguruan tinggi negeri pada program studi ilmu kelautan, Departemen Ilmu Kelautan , Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin melalui jalur kerjasama .

Dalam Bidang akademik, penulis pernah mengikuti beberapa penelitian yang dilakukan oleh senior dan dosen di Departemen Ilmu Kelautan dan Perikanan sebagai pendata data oseanografi fisik dan kimia. Penulis juga pernah mengikuti Lokakarya Sertifikasi Unit Pembenihan Kuda Laut yang dilaksanakan oleh RISTEKDIKTI selain itu penulis pernah PKL di BKIPM Makassar tahun 2018.

Selama kuliah di Jurusan Ilmu Kelautan , penulis aktif dalam beberapa organisasi kemahasiswaan. Pengalaman organisasi penulis antara lain Himpunan Mahasiswa Ilmu Kelautan (HMIK) tahun 2016, tahun 2016 pengurus Unit Kegiatan Mahasiswa (MENWA UNHAS), dan tahun 2017 penulis mengikuti pelatihan DIKPROV NASIONAL di LANTAMAL VI MAKASSAR.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, penuh haru sujud simpuh dalam pengakuan kebesarannya terukir pada rasa cinta kepada Allah SWT yang melimpahkan Rahmat dan Ridhonya sehingga penulis dapat melewati tahap demi tahap penyusunan skripsi yang berjudul “Dampak Limbah Organik Tambak Udang Vaname Super Intensif Terhadap Tingkat Eutrofikasi Perairan Pantai Desa Palajau Kecamatan Arungkeke Kabupaten Jeneponto”. Sebagai salah satu syarat kelulusan di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Departemen Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin.

Tak lupa shalawat dan salam atas Nabi Muhammad SAW, Rasul Allah yang telah mencurahkan keringat jihad sebanyak-banyaknya dalam menda'wahkan kebenaran dan mengamalkan kebijakan. Setiap kata demikata dalam karya ini merupakan hasil kerja keras penulis serta bantuan dari berbagai pihak, untuk penulis patut menghaturkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Kupersembahkan karya terbaikku pada kedua orang tuaku tercinta, Ayahanda **Purn. Sainuddin** dan Ibunda **Halijah** yang telah memberikan kehangatan sebuah keluarga utuh baik itu secara materi, moral, semangat maupun do'a restunya.
2. Bapak **Prof. Andi Iqbal Burhanuddin, M.Fish., Sc, Ph.D** sebagai Penasehat Akademik yang telah memberikan bimbingan terbaiknya sejak pertama kuliah hingga saat ini.
3. Bapak **Dr. Ir. Muh Farid Samawi, M.Si** dan Bapak **Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si** selaku pembimbing yang telah banyak membantu dalam proses pembuatan dan penyelesaian Skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Syafiudin, M.Si dan Bapak Dr. Ir. Mahatma Lanuru, M.Si selaku dosen penguji yang telah menguji dan memberikan tanggapan serta saran dalam penyempurnaan skripsi.
5. Dekan, Wakil Dekan, Ketua Departemen dan para Dosen Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, yang telah membagikan ilmu pengetahuan dan pengalamannya kepada penulis.
6. Para staf Departemen Ilmu Kelautan, yang telah membantu dan melayani penulis dengan baik dan tulus.
7. Saudara – Saudariku di **TRITON** (Kelautan 2014), Terkhusus kepada **Erwin Pratama Umar, S.Kel** , **Agnesia Triani, S.Kel** , **Muh Fahrin Apyitno, S.Kel** , **Fathul Ash Shiddiegy Dr, S.Kel**, **Cicilia Valensi Parrangan, S.Kel**, **Dian Fitria Salama, S.Kel**, **Gunawan syafuruddin, S.Kel**, **Andi Muh Agung Pratama AR, S.Kel**, dan **A. Anisar Dzati iffah, S.Kel., M.Si** atas kebersamaannya selama kuliah, memberikan motivasi, canda tawa, dan hari hari yang begitu berkesan.

8. Para PEJUANG S.Kel (**Irwan, Abeng, Luthfi, Asmal, Rafi, Syahrul, Aqram , Faisal, Mamat dan Haris**) yang telah memberikan waktunya kepada penulis.
9. Untuk semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak bisa di sebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat dan semoga tuhan yang maha esa membalas semua bentuk kebaikan dan ketulusan yang telah diberikan oleh semua pihak penulis. JALESVEVA JAYAMAHE

Makassar, 10 Februari 2021

Penulis

Indah Lestari

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERNYATAAN AUTHORSHIP	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
BIODATA PENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Industri Perikanan Budidaya	3
B. Karakteristik Buangan Tambak	4
C. Bahan Organik Perairan	4
D. Kualitas perairan pesisir	5
1. Suhu.....	5
2. Salinitas	6
3. pH.....	6
4. Oksigen terlarut (<i>Dissolved Oxygen</i>)	7
5. Nitrat (NO ₃)	7
6. Nitrit (NO ₂)	8
7. Amonia (NH ₃).....	8
8. Fosfat (PO ₄)	8
9. Klorofil-a.....	9
10. Total suspended solid (TSS)	11
11. Bahan organik Total (BOT)	11
E. Status Eutrofikasi.....	11
F. Metode Trix	11
III. METODOLOGI PENELITIAN	14
A. Waktu dan Tempat	14
B. Alat dan Bahan	14

C. Prosedur Penelitian	17
1. Tahap Persiapan	17
2. Penentuan Stasiun	17
3. Pengukuran Parameter lingkungan.....	17
4. Pengolahan Data.....	21
IV. HASIL	24
A. Nitrat (NO ₃)	24
B. Nitrit (NO ₂).....	24
C. Amonia (NH ₃).....	25
D. Fosfat (Po ₄).....	25
E. Oksigen Terlarut (DO)	26
F. Klorofil-a.....	26
G. Padatan Tersuspensi (TSS)	27
H. Bahan Organik Terlarut (BOT)	27
I. Tingkat Eutrofikasi berdasarkan TRIX (<i>Tropical Index</i>).....	28
V. PEMBAHASAN	29
a. DO (<i>Disolved Oxygen</i>).....	29
b. Nitrat (NO ₃)	30
c. Nitrit (NO ₂).....	30
d. Amonia (NH ₃).....	31
e. Fosfat (PO ₄)	31
f. Klorofil – a	32
g. TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	32
h. BOT (Bahan Organik Total).....	32
i. TRIX (<i>Trophycal Index</i>)	33
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	34
A. Kesimpulan	34
B. Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Kesuburan berdasarkan konsentrasi Nitrat (Liaw, 1996)	8
Tabel 2. Alat dan bahan yang digunakan.....	14
Tabel 3. Karakteristik perairan berdasarkan Indeks TRIX.....	21
Tabel 4. Status baku mutu perairan Menteri negara lingkungan hidup nomor 51 tahun 2004 tentang status baku mutu air laut untuk Biota Laut.	22
Tabel 5. Hasil Analisis kesuburan perairan berdasarkan index TRIX	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lokasi penelitian di Desa Palanjau Kecamatan Arungkeke	14
Gambar 2. Rata – rata konsentrasi Nitrat (mg/L) pada setiap stasiun	24
Gambar 3. Rata – rata konsentrasi Nitrit (mg/L) pada setiap stasiun	24
Gambar 4. Rata – rata konsentrasi Amonia (mg/L) pada setiap stasiun.....	25
Gambar 5. Rata – rata konsentrasi fosfat (mg/L) pada setiap stasiun	25
Gambar 6. Rata – rata konsentrasi DO (mg/L) pada setiap stasiun	26
Gambar 7. Rata – rata konsentrasi Klorofil-a ($\mu\text{g/L}$) pada setiap stasiun	26
Gambar 8. Rata – rata konsentrasi TSS (mg/L) pada setiap stasiun	27
Gambar 9. Rata – rata konsentrasi BOT (mg/L) pada setiap stasiun	27

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Usaha perikanan budidaya merupakan kontributor utama meningkatnya limbah organik dan senyawa beracun dalam sistem budidaya tergantung pada karakteristik sistem budidaya dan jenis species yang dibudidayakan, kualitas pakan dan manajemen. Air limbah tanpa pengolahan, jika terus menerus di buang ke lingkungan perairan, dapat mengakibatkan menumpuknya bahan organik. Senyawa nitrogen (amonia, nitrit dan nitrat) dianggap sebagai kontaminan utama dalam budidaya. Amonia adalah limbah nitrogen utama yang dihasilkan oleh hewan air (Selman *et al.*, 2008).

Sumber nitrat dan fosfat dari penggunaan pupuk dapat di lihat dari kebutuhan akan pupuk urea yang telah mengalami peningkatan sejak tahun 2006-2015 sebesar 7.25% , dimana hanya 40% pupuk nitrogen atau fosfat yang terserap oleh tanaman (Faizal *et al.*, 2011). Buangan nitrat dan fosfat dari tambak merupakan sumber yang signifikan bagi cemaran organik yang berasal dari pupuk, pestisida, bahan organik sintesis dan produksi kimiawi yang berlebihan, di perairan pesisir dan laut. Buangan yang besar dari pertambakan menyebabkan beban masukan bahan antropogenik ke perairan yang cukup besar (Rachmansyah, *et al* 2007).

Aktifitas manusia sepanjang pantai telah meningkatkan eutrofikasi sebagai bukti adanya pasokan bahan organik ke ekosistem perairan (William *et al.*, 2017). Penyebab utama eutrofikasi adalah nitrogen, meskipun demikian polusi fosfor juga dapat memberikan kontribusi untuk eutrofikasi di wilayah pesisir. Fosfor merupakan sumber daya alam terbatas, peningkatan fosfor dalam perairan yang tidak terkendali telah di anggap sebagai kondisi kritis lingkungan (Ashley *et al.*, 2009).

Sistem eutrofik dapat berdampak pada hilangnya habitat dalam ekosistem, dapat mematikan ikan, memicu munculnya spesies alga berbahaya dalam perairan dapat menyebabkan keracunan pada kerang, selanjutnya dapat menyebabkan hipoksia secara luas, degradasi habitat, perubahan struktur jaringan makanan, hilangnya keanekaragaman hayati dan peningkatan frekuensi terjadinya eutrofikasi, luas area dan durasi timbulnya ganggang berbahaya (Selman *et al.*, 2008).

Fungsi ekologis dari ekosistem pesisir sebagian besar tergantung pada pasokan nutrisi yang berasal dari darat dan dari laut terbuka. Secara umum N dan P mengontrol produktivitas ekosistem laut dan memainkan peran yang unik dan penting dalam eutrofikasi (Ashley *et al.*, 2009). Eutrofikasi mengancam integritas ekologi dan ekonomi perairan pesisir, sehingga perlu dilakukan identifikasi sumber nutrisi guna menerapkan strategi mitigasi terbaik yang dapat diimplementasikan (William *et al.*, 2017).

Desa Palajau merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Arungkeke. Desa Palajau memiliki potensi perairan yang baik, dimana secara geografis terletak dibagian pesisir kecamatan Arungkeke. Hal ini yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar sebagai mata pencaharian baik itu sebagai nelayan, petambak udang dan petani rumput laut. Namun demikian, terdapat beberapa masalah yang terjadi akibat aktivitas masyarakat dipesisir diantaranya buangan limbah rumah tangga serta hasil buangan limbah tambak udang super intensif. Petani rumput laut banyak mengeluhkan kondisi rumput laut yang kerdil dan rusak, sehingga beberapa masyarakat berasumsi bahwa penyebab gagalnya panen rumput laut karena tercemarnya air laut oleh limbah yang berasal dari pembuangan tambak udang. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui dampak limbah tambak super intensif terhadap status kualitas perairan pantai Desa Palajau Kecamatan Arungkeke Kabupaten Jeneponto.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan penelitian ini yaitu :

Menentukan tingkat eutrofikasi dampak limbah organik tambak udang vaname super intensif di Desa Palajau Kecamatan Arungkeke Kabupaten Jeneponto

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai data dan informasi terkait status kualitas perairan dengan limbah organik pada kegiatan tambak super intensif, serta dampaknya terhadap kualitas perairan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Industri Perikanan Budidaya

Pengertian industri secara luas mencakup semua usaha dan kegiatan di bidang ekonomi yang sifatnya produktif dan komersial. Secara umum, Industrialisasi adalah pengembangan ke arah produksi skala besar dengan konsekuensi perubahan. Namun demikian, industrialisasi yang dimaksudkan untuk memberikan efek positif terhadap ekonomi sosial hampir selalu diikuti dengan dampak negatif terhadap sumberdaya, kerusakan lingkungan, bahkan ancaman terhadap bahaya kesehatan karena limbah dan pencemaran (Puoernomo dan Heruwati, 2011).

Berkembangnya industri, selain memberikan dampak yang positif juga memberikan dampak negatif. Dampak positifnya berupa perluasan lapangan pekerjaan dan peningkatan pendapatan penduduk, sedangkan dampak negatifnya yaitu pencemaran perairan akibat pembuangan air limbah yang melampaui ambang batas. Saat ini perikanan budidaya yang dikembangkan pada skala industri antara lain budidaya laut, budidaya tambak (Udang, ikan dan rumput laut). Rencana peningkatan produksi memang tepat bila dilihat dari potensi lahan yang masih luas tersedia serta kondisi alam Indonesia yang sangat sesuai bagi pembudidaya tersebut (Atjo, 2014).

Padat penebaran tinggi yang diaplikasikan dalam sistem budidaya diharapkan diikuti dengan meningkatnya produksi, namun ada batas tertentu dimana daya dukung tambak tidak lagi mampu menopang kehidupan udang dalam jumlah biomassa tertentu. Padat penebaran merupakan penentu tingkat teknologi dan akuainput yang dibutuhkan dalam sistem budidaya. Alokasi padat penebaran diatas daya dukung lingkungan dapat mempengaruhi sistem budidaya yang menciri pada gagal panen akibat beban limbah yang berlebih di atas kapasitas asimilasi lingkungan perairan (Suwoyo *et al* , 2015).

Budidaya udang intensif adalah usaha padat penebaran tinggi sepenuhnya mengandalkan masukan pakan berupa pelet yang mencapai kisaran 60-70% dari biaya operasional. Padat penebaran yang tinggi memberikan konsekuensi pada beban limbah sebagai hasil samping kegiatan budidaya yang dapat mempengaruhi kelayakan habitat udang serta lingkungan hidup perikanan. Pakan diduga sebagai pemasok limbah nutrien yang potensial (Rachmansyah *et al*, 2017).

B. Karakteristik Buangan Tambak

Tambak superintensif (TSI) mulai berkembang untuk udang vaname dengan padat penebaran mencapai 1.250 ekor/m² dan menghasilkan produktivitas 12,6 ton/1000 m² (Rachmansyah *et al.*, 2017). Bahkan Atjo (2014) mendapatkan 15,3 ton/1.000 m² pada penebaran 720 ekor/m². Padat penebaran tinggi memberikan konsekuensi terhadap beban limbah yang dihasilkan, disebabkan retensi nitrogen (N) dan fosfor (P) pakan pada budidaya udang vaname, masing-masing adalah 22,27% dan 9,79% sehingga nutrisi yang terbuang ke lingkungan perairan tambak masing - masing mencapai 77,73% nitrogen dan 90,21% fosfor (Hongsheng *et al.*, 2008). Preston *et al.* (2001) mendapatkan nilai retensi N pada budidaya udang hanya 22%, sisanya terbuang ke lingkungan. Budidaya udang vaname dengan padat penebaran 50 ekor/m² menghasilkan beban limbah yang terbuang ke lingkungan perairan mencapai 108,49 ± 1,53 kg N dan 56,13 ± 6,56 kg P (Rachmansyah *et al.*, 2006). Pada padat penebaran 500 dan 600 ekor/m², retensi N masing - masing 30,47% dan 33,34%; serta retensi P masing - masing 16,59% dan 18,05%; sehingga beban limbah N dan P yang dihasilkan selama proses budidaya dapat mencapai 406,57 kg N dan 100,33 kg P (500 ekor/m²) serta 532,30 kg N dan 119,50 kg P pada padat penebaran 600 ekor/m² (Rachmansyah *et al.*, 2014).

Kandungan protein pakan buatan cukup tinggi, yaitu sekitar 40%, sehingga proses dari dekomposisi pakan yang tidak termakan akan menghasilkan senyawa nitrogen anorganik berupa NH₃ - N (amonia) yang merupakan salah satu senyawa yang bersifat racun. Limbah buangan (*effluent*) yang mengandung konsentrasi nitrogen tinggi berakibat pada penurunan kualitas air baik dalam tambak budidaya maupun badan air yang dilalui limpasan limbah budidaya intensif (sungai/laut). Adanya akumulasi bahan organik (nitrogen, posfor) dapat mengakibatkan pada penurunan oksigen terlarut dalam air karena terjadi eutrofikasi (Bayu *et al.*, 2016).

Fakta memperlihatkan bahwa pada budidaya tambak intensif melibatkan penambahan pakan buatan, pupuk, dan bahan kimia lain untuk menstabilkan dasar tambak, sehingga penggunaan parameter fisika-kimia untuk mengkaji secara akurat di dalam tambak dan lingkungan sekitarnya menjadi tidak cukup (Wolanski *et al.*, 2000).

C. Bahan Organik Perairan

Bahan organik dalam air laut dapat dibagi atas dua bagian yaitu : 1. Bahan organik terlarut yang berukuran < 0.5 µm. 2. Bahan organik tidak terlarut yang berukuran > 0.5 µm. Jumlah bahan organik terlarut dalam air laut biasanya melebihi rata-rata bahan organik tidak terlarut. Hanya berkisar 1/5 bahan organik tidak terlarut terdiri dari sel hidup. Semua bahan organik ini dihasilkan oleh organisme hidup melalui proses metabolisme dan hasil pembusukan. Adapun peranan bahan organik di dalam

ekologi laut adalah sebagai sumber energi (makanan), sumber bahan keperluan bakteri, tumbuhan maupun hewan, sumber vitamin, sebagai zat yang dapat mempercepat dan menghambat pertumbuhan sehingga memiliki peranan penting dalam mengatur kehidupan fitoplankton di laut (Santooso, 2010).

Sebagian besar bahan organik terlarut dalam air laut terdiri atas material yang kompleks dan sangat tahan terhadap penguraian bakteri. Secara lebih jelas konsentrasi representatif beberapa bahan organik karbon terlarut di permukaan air laut.

Masukan bahan organik yang terbawa melalui limbah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia akan masuk ke perairan dan pada kondisi tertentu akan mengganggu existing perairan. Kandungan bahan organik yang terlalu tinggi akan menyebabkan perairan mengalami eutrofikasi. Eutrofikasi ialah kondisi dimana perairan mengalami peningkatan kadar bahan organik, kondisi ini ditandai dengan terjadinya peningkatan fitoplankton dan tumbuhnya tumbuhan air yang meningkat (blooming algae). Eutrofikasi juga dikhawatirkan akan mengurangi kadar oksigen terlarut dalam perairan, dan tingginya kandungan ammonia yang bersifat toksik bagi biota air (Simbolon, 2013).

D. Kualitas perairan pesisir

Masuknya bahan pencemar ke dalam perairan dapat mempengaruhi kualitas perairan, apabila bahan yang masuk ke perairan melebihi kapasitas asimilasinya, maka daya dukung lingkungan akan menurun, sehingga menurun pula nilai guna dan fungsi perairan bagi peruntukan lainnya (Sanusi *et al.*, 2005).

1. Suhu

Suhu adalah suatu sifat fisik yang dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan organisme perairan. Suhu juga dapat berpengaruh terhadap jumlah kandungan oksigen terlarut dalam perairan. Menurut Romimoharto dan Juwana (2004) menyatakan bahwa perubahan suhu akan berpengaruh besar terhadap sifat-sifat air laut lainnya dan terhadap biota laut. Suhu air di perairan nusantara umumnya berkisar antara 28-31°C (Nontji, 2008).

Secara langsung, reaksi enzimatik yang berperan dalam proses fotosintesis dikendalikan oleh suhu. Tingkat percepatan proses dalam sel akan meningkat sejalan dengan meningkatnya suhu sampai mencapai batas tertentu antara selang 25 – 40 °C. suhu permukaan laut umumnya 27 °C.- 29 °C, pada perairan dangkal dapat mencapai 34 °C sedangkan untuk hutan bakau suhunya lebih rendah dan bervariasi sama dengan daerah pesisir yang teraungi (Safurudin *et al.*, 2013).

Suhu air menjadi salah satu peubah fisika yang memegang peranan penting didalam kehidupan dan pertumbuhan biota perairan. Suhu berpengaruh langsung pada organisme perairan terutama di dalam proses fotosintesis tumbuhan akuatik, metabolisme dan siklus reproduksi. Menurut Grasshoff (2001) bahwa nitrifikasi dapat berlangsung dengan baik pada kondisi suhu 30 – 36 °C karena mikrobaanya tergolong pada mikroba mesofilik. Namun, Wardoyo (2002) menjelaskan kisaran suhu optimum untuk berjalanya nitrifikasi bisa lebih luas 25 – 35 °C

2. Salinitas

Pada perairan laut dan limbah industri, salinitas perlu diukur. Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat diperairan. Salinitas menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbonat di konversi menjadi oksida, semua bromida dan iodida digantikan oleh klorida, dan semua bahan organik telah dioksidasi. Salinitas dinyatakan dalam satuan g/kg promil (%). Nilai salinitas perairan tawar biasanya kurang dari 0,5 %, perairan payau antara 0,5% - 30%, dan perairan laut 30% - 40%. Pada perairan *hipersaline*, nilai salinitas dapat mencapai kisaran 40% - 80% (Hutabarat, 2001).

Pada perairan pesisir, nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh masukan air tawar dari sungai (Effendi, 2003). Salinitas juga mempengaruhi penyebaran makroalgae di lautan. Makroalgae yang memiliki sifat *eurihalin* akan tersebar lebih luas dibandingkan dengan makroalgae yang memiliki sifat *stenohalin* (Alam, 2011). Zat – zat garam tersebut berasal dari dalam dasar laut melalui proses outgassing yaitu rembesan dari kulit bumi di dasar laut yang berbentuk gas kepermukaan dasar laut. Bersama gas – gas ini terlarut pula kikisan kerak bumi bersama – sama garam – garam ini merembes pula air dimana semua dalam perbandingan yang tetap sehingga terbentuk garam di laut (Romimohtato dan Juwana, 2001).

3. pH

Derajat Keasaman (pH) merupakan nilai pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan dan menunjukkan keseimbangan antara asam dan basa air. pH air laut berkisar antara 6,0-8,5 sehingga cenderung bersifat alkalis. Kisaran pH yang layak untuk pertumbuhan makroalga adalah 6,3 – 10. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 menyebutkan bahwa kadar pH untuk biota laut berkisar antara 7,0 – 8,5 (KLH, 2004).

Organisme air memiliki kemampuan yang berbeda dalam mentolerir pH perairan. Derajat keasaman (pH) perairan adalah salah satu faktor penentu pada kebanyakan proses alami, merupakan sebuah komponen kritis dalam sebuah system biologis dan

memegang peranan penting dalam pengukuran kualitas air lainnya (Mughtar & Simanjutak, 2008).

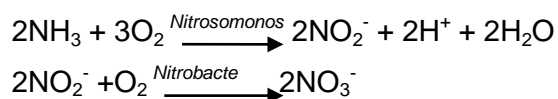
Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti aktivitas biologis misalnya fotosintesis dan respirasi organisme, suhu, serta mineral dalam perairan. Perairan dengan pH 5,5 - 6,5 dan >8,5 termasuk perairan kurang produktif, perairan dengan pH 6,5 – 7,5 termasuk perairan yang produktif dan perairan dengan pH 7,5 – 8,5 adalah perairan yang produktivitasnya sangat tinggi (Kusumaningtyas *et al*, 2014). pH perairan yang cocok untuk pertumbuhan organisme air berkisar antara 6 – 9. Perubahan nilai pH akan mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas biologis serta kandungan unsur hara perairan. Hal ini berhubungan erat dengan keberadaan oksigen terlarut di perairan yang berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme. Regenerasi unsur hara seperti nitrat dan fosfat yang sangat tergantung pada aktivitas mikroorganisme dan aktivitas biologis lainnya untuk pertumbuhan ikut dipengaruhi oleh perubahan pH perairan tersebut (Mughtar & Simanjutak, 2008).

4. Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut atau dikenal dengan istilah DO (*Dissolved oxygen*) adalah salah satu gas yang ditemukan terlarut pada perairan. Kadar oksigen terlarut di perairan alami bervariasi bergantung pada suhu, salinitas turbulensi dan tekanan atmosfer. Welch (1952) menyatakan bahwa oksigen terlarut dalam air umumnya berasal dari fotosintesis, difusi oksigen, dan arus atau aliran air melalui air hujan. Sedangkan oksigen terlarut dapat berkurang disebabkan karena naiknya suhu air, meningkatnya salinitas, proses respirasi organisme perairan dan proses dekomposisi bahan organik.

5. Nitrat (NO₃)

Nitrat merupakan bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama yang berguna bagi pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan lainnya. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi merupakan proses oksidasi ammonia (NH₂) menjadi nitrit (NO₂) dan nitrat (NO₃) oleh organisme. Proses oksidasi tersebut dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* seperti yang tertera pada persamaan reaksi berikut (Effendi, 2003):



Kedua jenis bakteri tersebut merupakan bakteri kemotrofik yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi. Kadar nitrat di perairan alami biasanya jarang melebihi 0.1 mg/l. Kadar nitrat melebihi 0.2 mg/l dapat mengakibatkan terjadinya

eutrofikasi (pengayaan) perairan yang selanjutnya memicu pertumbuhan alga dan tumbuhan air secara pesat (Effendi, 2003).

Tabel 1. Klasifikasi Kesuburan berdasarkan konsentrasi Nitrat (Liw, 1996)

NO ₃ (mg/L air)	Tingkat kesuburan (Tropik) Perairan
< 0,226	Rendah (Oligotrofik)
0,227 – 1,129	Cukup (Mesotrofik)
1,130 – 11,29	Baik (Eutrofik)
> 11,30	Hipertrofik

6. Nitrit (NO₂)

Nitrit merupakan bentuk peralihan (*intermediate*) antara ammonia dan nitrat (*nitrifikasi*) dan antara nitrat dan gas nitrogen (*denitrifikasi*). Nitrit biasanya ditemukan dalam jumlah yang sedikit di perairan alami, kadarnya lebih kecil dari pada nitrat karena nitrit bersifat tidak stabil jika terdapat oksigen (Effendi, 2003).

Kadar nitrit di perairan alami sebesar 0,0001mg/l dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sensitif (Moore 1991 dalam Effendi 2003). Sumber sumber nitrit dapat berasal dari limbah industri dan limbah domestik. Peningkatan kadar nitrit di perairan estuari (termasuk laut) berkaitan erat dengan adanya masukan bahan organik yang mudah terurai, sehingga senyawa nitrit dapat dijadikan sebagai salah satu indikator pencemaran (Effendi, 2003).

7. Amonia (NH₃)

Amonia di perairan merupakan hasil pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air, berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) yang dilakukan oleh mikroba dan jamur yang dikenal dengan istilah (amonifikasi) (Effendi, 2003).

Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH₃ dan NH₄). Nilai ammonia bebas meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan salinitas perairan. Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik meningkat dengan penurunan kadar oksigen terlarut, pH dan suhu. Kadar amonia di perairan alami biasanya berkurang dari 0,1 mg/l dan kadar ammonia bebas yang tidak terionisasi di perairan tawar sebaiknya tdk melebihi 0,02 mg/l. Kadar amonia yang tinggi dapat merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, industri dan limpasan (*run-off*) pupuk dan pertanian.

8. Fosfat (PO₄)

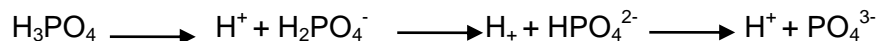
Fosfat merupakan salah satu unsur hara yang penting bagi pertumbuhan fitoplankton dalam jumlah yang berlebih fosfat dapat menyebabkan terjadinya

eutrofikasi. Fosfat adalah bentuk fosfor yang dimanfaatkan oleh tumbuhan (Effendi, 2003). Sumber utama fosfat terutama berasal dari pelapukan batuan (*weathering*) limbah organik seperti deterjen dan hasil degradasi bahan organik.

Konsentrasi fosfor di alam banyak dijumpai dalam bentuk ion fosfat baik dalam bentuk organik maupun anorganik. Keberadaan unsur ini di lapisan tanah tidak stabil karena berbentuk mineral-mineral yang sangat reaktif terhadap air yang mengalir di permukaannya. Unsur ini akan mudah hilang oleh proses pengikisan, pelapukan dan pengenceran karena limpasan air. Selama proses tersebut, mineral fosfat akan terurai menjadi ion fosfat yang merupakan zat hara yang diperlukan dan memegang peranan penting dalam proses pertumbuhan dan metabolisme organisme laut disamping unsur-unsur lainnya (Manik dan Edward, 1987).

Fosfat di perairan ditemukan dalam bentuk ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik (Odum, 1993). Fosfat dalam bentuk orto-P merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh produktivitas primer (Sanusi, 2006). Menurut Romimohtarto (2001), ortofosfat dihasilkan dari proses pemecahan fosfat organik oleh bakteri dari jaringan yang sedang membusuk.

Dalam perairan laut fosfat akan mengalami hidrolisis membentuk orto-P dengan reaksi kesetimbangan sebagai berikut (Sanusi, 2006).



Pada salinitas 35‰ pH:8,0 dan suhu 20° C reaksi di atas akan menghasilkan 1% H_2PO_4^- , 87% HPO_4^{2-} dan 12% PO_4^{3-} . Fosfat sangat dibutuhkan baik oleh fitoplankton maupun oleh tanaman yang hidup di laut untuk pertumbuhannya). Menurut Wardoyo (1975) bahwa konsentrasi fosfat yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar antara 0.09 mg/l – 1.80 mg/l. Berdasarkan kadar fosfat total, perairan diklasifikasikan menjadi 3 yaitu perairan dengan tingkat kesuburan sedang memiliki kadar fosfat total 0.021-0.05 mg/l dan perairan dengan tingkat kesuburan tinggi yang memiliki kadar fosfat total 0.051-0.1 mg/l (Effendi, 2003).

9. Klorofil-a

Klorofil-a merupakan pigmen yang dikandung oleh tumbuhan, baik yang bersifat makro maupun mikro. Pada perairan laut klorofil-a umumnya terdapat pada fitoplankton sebagai penyumbang produktivitas terbesar pada kolom air (Raymont, 1990).

Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografi suatu perairan laut. Beberapa parameter fisika

kimia yang mempengaruhi sebaran klorofil-a adalah nutrien, intensitas cahaya. Perbedaan tersebut menjadi penyebab bervariasinya produktivitas primer di beberapa tempat di laut.

Umumnya, sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan akan lebih tinggi di bandingkan lepas pantai. Hal ini disebabkan tingginya suplai nutrien yang berasal dari daratan, dan sebaliknya cenderung rendah di daerah lepas pantai. Meskipun demikian pada beberapa tempat masih ditemukan konsentrasi klorofil-a yang cukup tinggi meskipun jauh dari daratan. Keadaan tersebut di sebabkan oleh adanya proses sirkulasi massa air yang memungkinkan terangkutnya sejumlah nutrien dari tempat lain, seperti yang terjadi pada daerah *up welling* (Effendi, 2003).

Menurut Hatta (2002) sebaran klorofil-a di perairan berkaitan erat dengan parameter oseanografi. Pengaruh parameter oseanografi terhadap sebaran klorofil-a berbeda berdasarkan kedalaman perairan, hal ini sangat berhubungan dengan sejauh mana penetrasi cahaya masuk kedalam kolom perairan yang dipengaruhi oleh faktor – faktor lain misalkan kekeruhan dll. Kedalaman perairan tercampur dengan lapisan termoklin berkaitan erat dengan stratifikasi vertikal dari klorofil-a.

Menurut Odum (1993) profil penyebaran produktivitas primer secara vertikal tersebut sangat dipengaruhi oleh kelimpahan atau penyebaran fitoplankton secara vertikal. Pada umumnya apabila kelimpahan fitoplankton (sebagai organisme yang dapat berfotosintesis) besar, maka nilai produktivitas primer tersebut juga akan besar. Akan tetapi, nilai produktivitas primer tersebut juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan, suhu dan ketersediaan unsur hara, dan gas-gas terlarut.

Smith (1999) menjelaskan bahwa kandungan klorofil-a yang terkandung dalam perairan laut, dapat diklasifikasikan dalam empat golongan berdasarkan tingkat kesuburan perairan, antara lain :

- a) Oligotropik dengan nilai klorofil-a lebih kecil dari 1 ppm (Rendah)
- b) Mesotropik dengan nilai klorofil-a pada kisaran 1-3 ppm (Cukup)
- c) Eutropik dengan nilai klorofil-a pada kisaran 3-5 ppm (Baik)
- d) Hypertropik dengan nilai klorofil-a lebih besar dari 5 ppm

Pengukuran klorofil sangat penting dilakukan karena kadar klorofil dalam suatu volume air laut tertentu merupakan suatu ukuran bagi biomassa tumbuhan yang terdapat dalam air laut tersebut. Klorofil dapat diukur dengan memanfaatkan sifatnya yang dapat berpijar bila dirangsang dengan panjang gelombang cahaya tertentu atau mengekstraksi klorofil dari tumbuhan dengan menggunakan aseton untuk menghitung produktivitas primernya (Aryawati dan Thoha, 2011).

10. Total suspended solid (TSS)

Total suspended solid (TSS) atau muatan padatan tersuspensi adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 μm) yang tertahan pada saringan miliopore dengan diameter pori 0,45 μm . TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik. Penyebab TSS di perairan yang utama adalah kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Konsentrasi TSS apabila terlalu tinggi akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis (Effendi, 2003).

11. Bahan organik Total (BOT)

Bahan organik terlarut atau *Total Organic Matter* (TOM) menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi (particulate) dan koloid. Bahan organik merupakan bahan bersifat kompleks dan dinamis berasal dari tanaman dan hewan yang terdapat di dalam tanah yang mengalami perombakan. Bahan ini mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia dan biologi. Dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain susunan residu, suhu, pH, dan ketersediaan zat hara dan oksigen (Rakhman, 1999).

E. Status Eutrofikasi

Status trofik merupakan indikator tingkat kesuburan suatu perairan yang dapat diukur dari unsur hara (nutrien) dan tingkat kecerahan serta aktivitas biologi lainnya yang terjadi di suatu badan air. Suatu perairan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelas berdasarkan kandungan zat hara dan tingkat produktivitasnya, yaitu oligotrofik, mesotrofik, dan eutrofik. Namun, ada juga studi yang mengelompokkan suatu perairan menjadi 4 kelas, dengan menambahkan 1 kelas lagi yaitu hipertrofi (Doods, 2007).

Suatu perairan termasuk kedalam kelas oligotrofik apabila kandungan zat hara dan tingkat produktivitasnya rendah. Kelas eutrofik diperuntukkan bagi perairan yang memiliki kandungan zat hara dan tingkat produktivitas yang sedang dan sangat tinggi. Keempat istilah tersebut pada awalnya digunakan oleh para ahli limnologi untuk menggambarkan kondisi zat hara dan produktivitas perairan darat. Namun, seiring dengan meningkatnya permasalahan lingkungan di perairan pesisir yang ditimbulkan oleh pengayaan zat hara antropogenik (Vollenweider *et al*, 1998).

F. Metode Trix

Salah satu metode asesmen eutrofikasi perairan pesisir yang banyak digunakan adalah indeks trofik (TRIX), yang diperkenalkan oleh Vollenweider *et al*, 1998). Indeks ini banyak digunakan karena dianggap lebih efektif dibandingkan dengan metode asesmen eutrofikasi lainnya, dan juga karena mencakup rentang kondisi trofik

yang luas mulai dari oligotrofik hingga eutrofi. Bahkan, Trix telah di adopsi oleh aturan hukum Italia untuk menggambarkan kondisi trofik perairan pesisirnya (Fiori *et al*, 2016).

TRIX pertama digunakan untuk mengkarakterisasi kondisi trofik perairan Laut Adriatik di bagian timur laut, tepatnya di sepanjang pesisir wilayah Emilia-Romagna, sebuah wilayah administratif di timur laut Negara Italia. Indeks TRIX memiliki skala dari 0 hingga 10 untuk membedakan kondisi trix perairan. Nilai TRIX berikut karakteristik di tampilkan pada Tabel 2. Indeks trix diperoleh dari perhitungan logaritmik 4 variabel yang berkaitan langsung dengan produktivitas perairan yaitu klorofil-a, oksigen terlarut, nitrogen anorganik terlarut dan fosfor total sesuai persamaan berikut:

$$TRIX = [\log_{10}(PO_4 * TN * chl\ a * D\%O_2) + a] / b$$

Dimana :

Chl-a = Konsentrasi klorofil-a mg/l

D%O₂ = Konsentrasi oksigen saturasi

TN = Total Nitrogen mg/l (Nitrat + Nitrit + Amonia)

PO₄ = Total fosfat

Variabel a = 1,5 dan b = 1,2 adalah skala koefisien

Tabel 2. Klasifikasi Index TRIX

Nilai Trix	Kondisi Trofik	Tingkat Eutrofikasi	Kondisi Perairan
0 < TRIX <4	Oligotrofik	Rendah	Produktivitas perairan rendah Kecerahan air tinggi Ketiadaan anomali warna air Konsentrasi oksigen di dasar perairan jenuh
4 <TRIX <5	Mesotrofik	Sedang	Produktivitas perairan sedang Air terkadang keruh Terkadang muncul anomali warna air Terkadang timbul kejadian hipoksia di dasar perairan
5 <TRIX <6	Eutrofik	Tinggi	Produktivitas perairan tinggi Kecerahan air rendah Sering muncul anomali warna air Perairan mengalami hipoksia

6 < TRIX <10	Hipertrofik	Sangat Tinggi	<p>Terkadang timbul kejadian anoksia di dasar perairan</p> <p>Organisme bentik mengalami tekanan</p> <p>Produktivitas perairan sangat tinggi</p> <p>Kekeruan air sangat tinggi</p> <p>Anomali warna air semakin meluas dan berkelanjutan</p> <p>Kejadian hipoksia dan anoksia semakin meluas dan berkelanjutan</p> <p>Laju kematian organisme bentik tinggi</p> <p>Terjadi perubahan komunitas bentik dan penurunan biodiversitas yang tinggi</p>
--------------	-------------	---------------	---
