



CERTIFICATE OF PLAGIARISM CHECK

To Whom It May Concern:

This is to certify that the following document has been checked by our premium plagiarism checker software. The result detail is as follows:

MANUSCRIPT TITLE	BAKTERI BERASOSIASI DENGAN ROTIFER BRACHIONUS ROTUNDIFORMIS
Author(s)	Faiza A. Dali
Document's Plagiarism percentage	19%
Minimum Plagiarism percentage	20%
Remark(s)	-

Gorontalo, 09 April 2018

Novriyanto Napu, PhD
Director

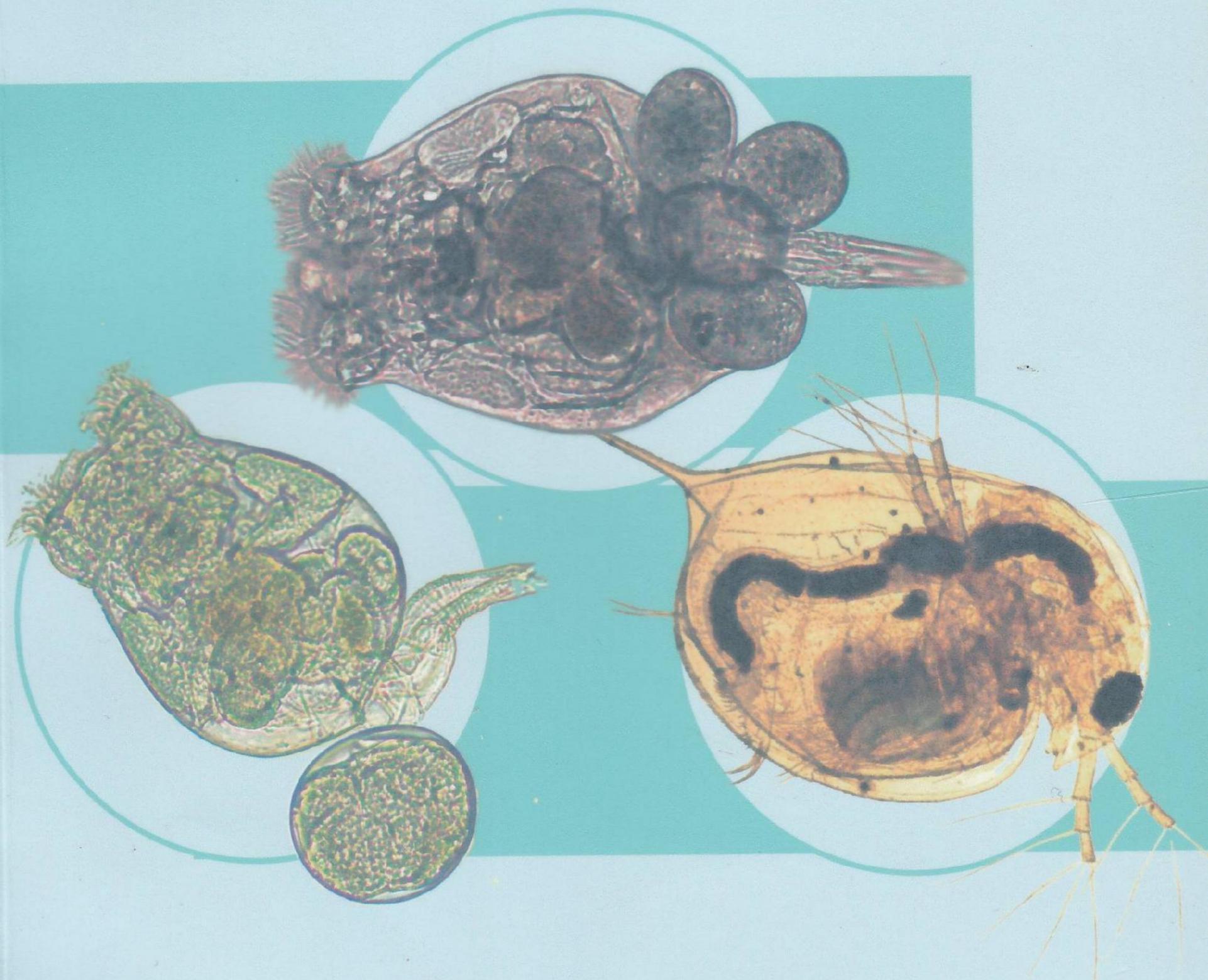


TRANSBAHASA

SK Menteri Hukum dan HAM RI Nomor. AHU-0009641.AH.01.07.2017
JL. Ir.H. Joesoef Dalie (Ex Jl. Pangeran Hidayat) No. 78 Kota Gorontalo
Email. transbahasa.go@gmail.com / Phone. +62 853 9862 5876
www.transbahasa.co.id

Faiza A. Dali

BAKTERI BERASOSIASI DENGAN ROTIFER *Brachionus rotundiformis*



UNG Press

UNG Press - Gorontalo

ISBN : 978-602-6204-07-3

BAKTERI
BERASOSIASI DENGAN
ROTIFER
Brachionus rotundiformis

BAKTERI BERASOSIASI DENGAN ROTIFER

Brachionus rotundiformis

Faiza A. Dali

ISBN : 978-602-6204-07-3

UNG Press

Universitas Negeri Gorontalo Press

Anggota IKAPI

Jl. Jend. Sudirman No.6 Telp. (0435) 821125

Kota Gorontalo

Website : www.ung.ac.id

© Faiza A. Dali

**BAKTERI BERASOSIASI
DENGAN ROTIFER *Brachionus rotundiformis***

ISBN : 978-602-6204-07-3

Cetakan Pertama : Februari 2014

Cetakan Kedua (Revisi) : Februari 2017

Desain Sampul : Irvhan Male



PENERBIT UNG Press Gorontalo
Anggota IKAPI

Isi diluar tanggungjawab percetakan

© 2017

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Fungsi dan Sifat Hak Cipta pasal 2

1. Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi pencipta atau pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Hak terkait Pasal 49

1. Pelaku memiliki hak eksklusif untuk memberikan izin atau melarang pihak lain yang tanpa persetujuannya membuat, memperbanyak, atau menyiarkan rekaman suara dan/atau gambar pertunjukannya.

Sanksi Pelanggaran Pasal 72

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Buku **Bakteri Berasosiasi dengan Rotifer *Brachionus rotundiformis*** telah dapat diselesaikan. Buku ini dibuat dengan mempertimbangkan kurangnya literatur yang berhubungan dengan Bakteri dan Rotifer *Brachionus rotundiformis* terutama bagi praktisi, mahasiswa dan dosen yang menekuni bidang Teknologi Hasil Perikanan.

Isi buku ini menguraikan hasil riset (1) isolasi dan identifikasi bakteri dalam media kultur massal rotifer, dan (2) penentuan bakteri yang dominan selama kultur rotifer pada media kontrol, berbasis Laboratorium. Rotifer dapat hidup di lingkungan bahan organik yang tinggi, sehingga keterkaitan rotifer dengan bakteri yang bersifat mengurai. Bakteri berperan dalam penguraian senyawa organik, sehingga dapat memicu kepadatan populasi rotifer dalam medium kultur.

Banyak masukan atau saran-saran yang disampaikan oleh pemerhati dalam bidang ilmu ini, dari guru-guru penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada guru besar Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado, yaitu Prof. Dr. Ir. Frans G. Ijong, M.Sc. dan Dr. Reiny A. Tumbol, M.App.Sc, serta khususnya bantuan tenaga dan pikiran dari suamiku tercinta Dr. Anton Kaharu, S.T., M.T.

Akhirnya penulis menyadari bahwa Buku ini tidak luput dari kekurangan baik dalam penulisan, untuk itu penulis mengharapkan saran-saran yang positif demi penyempurnaan buku ini. Semoga memenuhi harapan berbagai pihak dan dapat bermanfaat bagi orang banyak, khususnya untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan diridhai-Nya, Amin.

Penyusun,

DAFTAR ISI

Bagian I
PENDAHULUAN Hal.

Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	iv
Bab I Pendahuluan.....	1
Bab II Bakteri	3
Bab III Gizi dan Mutu Ikan Segar	19
Bab IV Rotifer <i>Brachionus rotundiformis</i>	26
Bab V Kualitas Air.....	31
Bab VI Analisis dan Aplikasi	36
Bab VII Kondisi Lingkungan Kultur Rotifer	41
Bab VIII Kepadatan Populasi Rotifer pada Medium Kultur	47
Bab IX Total Koloni Bakteri pada Medium Kultur Massal Rotifer	49
Bab X Karakteristik Bakteri Hasil Identifikasi pada Medium Kultur Massal Rotifer	51
Bab XI Kemampuan Bakteri <i>Halococcus</i> sp. Hidup pada NaCl	63
Daftar Pustaka.....	65

Bagian I

PENDAHULUAN

Bakteri tersebar luas di alam termasuk di pantai, di laut serta dapat berpindah tempat mengikuti aliran air atau melekat pada benda-benda yang cocok untuk tumbuh dan berkembang. Adanya lingkungan yang memungkinkan untuk tumbuh, seperti tersedianya senyawa-senyawa yang dapat menjadi sumber nitrogen, sumber karbon dan kebutuhan-kebutuhan nutrien lainnya untuk kebutuhan hidup bakteri. Selain perairan laut yang banyak menyediakan unsur nutrien, daging ikan juga merupakan substrat yang mengandung senyawa yang dibutuhkan bakteri untuk kehidupannya. Mula-mula sekedar kontaminasi kemudian terjadi penguraian hingga menimbulkan bau tak sedap (busuk) misalnya putresin, asam-asam organik, amonia. Kondisi lingkungan yang cukup nutrien akan meningkatkan populasi bakteri. Jenis bakteri yang berasosiasi dengan air laut dan ikan yaitu *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* (Sidharta, 2000).

Peranan bakteri sebagai pengurai bahan organik sudah banyak diteliti, namun keterkaitan bakteri dengan jasad renik lain belum mendapat perhatian. Rotifer merupakan salah satu jasad renik yang tergolong zooplankton berasosiasi dengan bakteri. Hasil penelitian Andresen (2004), menunjukkan bahwa bakteri mampu koeksis dengan rotifer. Rotifer dilaporkan hidup secara kosmopolitan dan dijumpai pada perairan dengan kandungan bahan organik yang tinggi pada kondisi lingkungan yang berubah-ubah atau kondisi yang tidak stabil, karena rotifer merupakan hewan yang mudah beradaptasi (Rumengan dkk., 2007).

Bagian II B A K T E R I

Kemampuan rotifer beradaptasi di lingkungan yang fluktuatif ini diyakini secara habitatnya bisa dipindahkan dari alam ke wadah (medium) untuk dikultur, sama halnya organisme lain hanya dapat hidup dan berkembang dengan baik bila suplai makanannya cukup tersedia baik kuantitas maupun kualitasnya.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan bahwa makanan rotifer berupa mikroalga seperti *Chlorella* sp., *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. (Noerdjito, 2005). Makanan rotifer dapat pula berupa ragi roti yang ditambahkan pada media yang dikombinasikan dengan kotoran ayam, pupuk urea dan pupuk TSP (Pranata, 2010). Rotifer memiliki kesukaan memakan organisme lain yang mempunyai ukuran lebih kecil, seperti ganggang renik, ragi, protozoa dan bakteri (Djarajah, 1995).

Tulisan ini memberikan gambaran mengenai bakteri dan sifatnya, gizi ikan, perubahan mutu ikan segar, sifat rotifer, kondisi medium rotifer, kepadatan populasi rotifer dalam medium, karakter bakteri pada medium rotifer dan pertumbuhan bakteri *Halococcus* sp. pada NaCl.

Bakteri adalah sel prokariotik yang khas, uniseluler dan tidak mengandung struktur yang dibatasi membran di dalam sitoplasmanya. Dinding sel bakteri merupakan struktur yang unik secara biokimia. Dinding sel pada beberapa bakteri mengandung murein, yang juga dikenal sebagai peptidoglikan atau mucopeptida. Lapisan peptidoglikan ini tidak ditemukan pada organisme eukariotik (Atlas, 1984). Bakteri hidup di mana-mana, seperti di perairan, bahan makanan, tubuh manusia, hewan dan tanaman, udara, tanah, bahkan bersimbiosis dengan jasad hidup lain.

A. Peranan Bakteri

Bakteri secara umum bersifat saprofitik pada sisa/buangan hewan ataupun tanaman yang sudah mati, tetapi banyak juga yang parasitik pada hewan, manusia dan tanaman dengan menyebabkan banyak jenis penyakit. Berikut beberapa contoh jenis bakteri yang berguna dan merugikan :

Tabel 1. Contoh jenis bakteri yang berperan menguntungkan atau merugikan

Kelompok/contoh jenis	Keterangan
Menguntungkan :	
Nitrosomonas europaea	Proses nitrifikasi
Nitrobacter winogradsky	Penambah N ₂ udara
Methanomonas methanica	Proses pembentukan gasbio
Thiobacillus denitrificans	Proses denitrifikasi
Cellvibrio speciosa	Pengurai selulosa
Azotobacter vinelandii	Penambat N ₂ -udara
Beijerinckia sp.	Penambat N ₂ -udara
Rhizobium japonicum	Penambat N ₂ -udara
Lactobacillus plantarum	Proses pembuatan asam laktat
Lactobacillus bulgaricus	Proses pembuatan yoghurt
Propionibacterium rubrum	Proses pembuatan asam propionat
Bacillus megaterium	Jasad pengetes bioesei
Sterptomyces griseus	Proses pembuatan antibiotik dan vitamin B ₁₂

Merugikan :	
<i>Pseudomonas cocovenenans</i>	Penghasil asam bongkrek
<i>Vibrio cholerae</i>	Penyebab penyakit kolera
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Pembusuk, penghasil racun
<i>Alcaligenes faecalis</i>	Pencemar
<i>Escherichia coli</i>	Pencemar
<i>Aerobacter aerogenes</i>	Pencemar
<i>Salmonella typhi</i>	Penyebab penyakit tifus
<i>Salmonella paratyphi</i>	Penyebab penyakit paratifus
<i>Shigella shigae</i>	Penyebab penyakit disentri
<i>Pasteurella pestis</i>	Penyebab penyakit pes
<i>Haemophilus influenza</i>	Penyebab penyakit flu
<i>Staphylococcus aureus</i>	Pencemar
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Penyebab penyakit gonorhu
<i>Streptococcus aureus</i>	Pembusuk
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Penyebab pelenderian makanan
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Penyebab penyakit difteri
<i>Clostridium botulinum</i>	Penghasil racun
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Penyebab penyakit TBC
<i>Mycobacterium leprae</i>	Penyebab penyakit lepra
<i>Treponema pallidum</i>	Penyebab penyakit sipilis

Sumber : Suriawiria (2008)

B. Klasifikasi Bakteri

Bakteri termasuk ke dalam divisi Schizophyta yang terbagi dalam beberapa kelas. Berdasarkan bentuknya, bakteri dibagi menjadi tiga golongan besar, yaitu (Sterritt dan Lester, 1988) :

1. Kokus (*Coccus*) adalah bakteri yang berbentuk bulat seperti bola, dan mempunyai beberapa variasi sebagai berikut: *Micrococcus* (kecil dan tunggal), *Diplococcus* (bergandengan dua), *Tetracoccus* (bergandengan empat dan membentuk bujur sangkar), *Sarcina* (bergerombol membentuk kubus), *Staphylococcus* (bergerombol), *Streptococcus* (bergandengan membentuk rantai).
2. Basil (*Bacillus*) atau batang adalah kelompok bakteri yang berbentuk batang atau silinder dan mempunyai variasi sebagai berikut: *Diplobacillus* (bergandengan dua-dua), *Streptobacillus* (bergandengan membentuk rantai).
3. Spiril (*Spirillum*) atau koma adalah bakteri yang berbentuk lengkung dan mempunyai variasi sebagai berikut: *Vibrio* (bentuk koma atau jika lengkung kurang dari setengah

lingkaran) dan *Spiral* jika lengkung lebih dari setengah lingkaran.



Gram positif kokus^a

Gram negatif batang^b

Gram negatif koma^c

Gambar 1. Bentuk Bakteri

(Sumber : ^bDali 2006; ^aYanti dan Dali 2013; ^cAnonimous 2013)

Bentuk tubuh bakteri dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, medium dan usia. Oleh karena itu untuk membandingkan bentuk serta ukuran bakteri, kondisinya harus sama. Pada umumnya bakteri yang usianya lebih muda ukurannya relatif lebih besar dari pada yang sudah tua. Secara fisiologis dapat tumbuh pada suhu 10-45°C. Dwidjoseputro (2010), menambahkan bakteri kokus berdiameter 0,5-2,5 μ , basil berukuran panjang 1-15 μ dan lebar 0,2-2 μ . Bakteri yang umurnya 2-6 jam lebih besar daripada bakteri yang umurnya lebih 24 jam.

Ahli mikrobiologi membagi bakteri menjadi dua yaitu Arkaebakteria dan eubakteria. Arkae merupakan kelompok yang hidupnya menggunakan reaksi kimia anorganik untuk menghasilkan energi lalu energi tersebut digunakan untuk membuat bahan organik. Ijong (2003a), menyatakan bahwa mikroba ini menggunakan asam amino atau asam organik sebagai sumber energi. Arkaebakteri halofilik ekstrim merupakan salah satu grup prokariotik yang memiliki habitat pada lingkungan yang berkadar garam tinggi. Kebanyakan spesiesnya membutuhkan NaCl 8,8% untuk tumbuh. Holt *et al.* (1994), menyatakan bahwa klasifikasi Arkae yaitu golongan halofilik yang hidup pada kadar garam tinggi contoh *Halobacterium* dan *Halococcus*, metanogenik yang mampu mengubah CO₂ dan H₂ menjadi CH₄ contoh *Methanobacterium*, dan termoasidofilik yang hidup di daerah air bersulfur contoh *Thermoproteus*. Eubakteria terbagi ke dalam beberapa kelas, antara lain *Pseudomonadales*,

Chlamydoxiales, *Eubacteriales*, *Actinomycetales*, *Spirochaetales* dan *Rickettsiales* (Suriawiria, 2008). Bakteri berkembangbiak dengan membelah diri, hidup bebas di mana-mana, khususnya di udara, di tanah, di dalam air, pada bahan makanan, pada tubuh manusia, hewan ataupun tanaman.

a. Bakteri laut.

Sekitar 80% jenis bakteri laut yang diketahui berbentuk batang dan Gram-negatif. Bakteri berbentuk kokus banyak ditemukan di tanah dari pada di perairan. Sekitar seperlima bakteri batang dari laut berbentuk kumparan (helicoid), sehingga diklasifikasikan sebagai *Vibrio* atau *sprilium*. Berdasarkan ukuran, bakteri laut jauh lebih kecil dibandingkan bakteri air tawar, air buangan, bakteri susu dan tanah. Bakteri laut mampu mencerna hampir semua senyawa organik dan sebagian besar senyawa anorganik akan mengalami perubahan akibat kegiatan bakteri laut. Secara umum bakteri laut lebih kuat dalam hal mencerna protein dari pada karbohidrat (Sidharta, 2000).

Pseudomonas, *Vibrio*, *Flavobacterium*, *Achromobacter* merupakan jenis terbanyak ditemukan di laut. Penyebaran bakteri di laut dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti gerakan air laut, misalnya suatu saat dekat pantai, tetapi pada saat berikutnya sudah berada sekian kilometer jaraknya, sehingga berakibat terhadap penyebaran bakteri laut. Selain faktor tersebut penyebarannya pula dipengaruhi oleh kedalaman, cahaya matahari, iklim. Pada kedalaman 200 m atau lebih jumlah bakteri hanya 1-10 sel/ml. Namun pada dasar perairan, tanpa memperlihatkan kedalaman, jumlah bakteri mencapai ribuan hingga jutaan sel/ml. Beberapa peneliti mencatat hasil berikut (Sidharta, 2000): bakteri terganggu pertumbuhannya oleh cahaya matahari terutama, terutama sinar ultraviolet, faktor yang turut berpengaruh bersamaan dengan cahaya matahari adalah medium, bakteri akan cepat mati oleh cahaya matahari bila berada dalam air dari pada dalam medium yang diakibatkan oleh pembentukan peroksida dalam air, sebagian besar sifat bakterisidal cahaya matahari akan berkurang ketika melewati lapisan air 50-60 cm.

Bakteri laut tidak dapat dikelompokkan sebagai psikrofil karena suhu optimumnya adalah 18-22°C, meskipun beberapa jenis mampu berkembangbiak secara lambat dan aktif secara fisiologis pada suhu 0-4°C. Salinitas permukaan air laut sekitar 33-37‰, kecuali bila terlarutkan oleh air hujan, mencairnya es dan masuknya air sungai. Wood (1940, 1950) dalam Sidharta (2000) meneliti bakteri pembusuk ikan tidak menemukan perbedaan nyata antara bakteri yang tumbuh pada media air laut dan air tawar. Berikut bakteri yang berasosiasi dengan air laut, air tawar dan ikan.

Tabel 2. Bakteri yang berasosiasi dengan air laut, air tawar dan ikan (dalam % sediaan yang diamati)

Marga	Air laut	Lendir	Usus	Insang	Air tawar
<i>Achromobacter</i>	26	19	30	31	30
<i>Micrococcus</i>	34	48	21	41	4
<i>Pseudomonas</i>	10	7	10	7	50
<i>Flavobacterium</i>	18	17	1	12	8
<i>Bacillus</i>	12	9	35	9	8

Sumber: Wood (1940) dalam Sidharta (2000)

Bakteri patogen yang merugikan kesehatan manusia yang dijumpai di lingkungan laut adalah *Vibrio cholerae*. Bakteri *V. parahaemolyticus* dikenal sebagai penyebab gastroenteritis dan umumnya dijumpai di daerah pantai, estuari, sedimen dan avertebrata. Spesies ini bersama *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, kadang-kadang *Salmonella* mengkontaminasi organisme di dasar laut seperti tiram (Sidharta, 2000).

b. Bakteri pembusuk

Organisme yang menyebabkan pembusukan ikan laut adalah organisme yang habitat normalnya air laut. Ikan akan membusuk secara cepat bila saluran pencernaan penuh makanan. Pembusukan ikan terjadi secara biokimia dan mikrobiologi. Pada waktu ikan masih hidup, enzim-enzim aktif bekerja pada metabolisme komponen-komponen organik seperti metabolisme protein dan komponen-komponen penyusunnya, metabolisme karbohidrat, (pemasokan oksigen pada darah berhenti) maka

enzim-enzim akan berubah peranannya menjadi perusak. Senyawa-senyawa makromolekul akan diuraikan menjadi senyawa-senyawa yang lebih kecil sampai pada akhirnya terjadi berbagai senyawa yang mudah menguap yang baunya tidak sedap. Ikan menjadi busuk.

Jenis ikan yang ditangkap pada daerah yang bersuhu rendah banyak mengandung bakteri psikrofil dari golongan *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, dan *Cytophaga* juga ditemukan. Di daerah tropis yaitu bakteri mesofil yang kebanyakan dari golongan *Micrococcus*. Secara umum bakteri Gram-negatif dari golongan *Pseudomonas* dan *Achromobacter* yang dapat menghasilkan asam dan aldehid adalah yang memegang peranan terbesar pada pembusukan hasil perikanan. Ikan-ikan yang berlendir pada permukaan tubuhnya banyak mengandung jenis bakteri *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Vibrio*, *Sarcina*, *Serratia* (Hadiwiyoto, 1993).

Bakteri telah ada sewaktu ikan masih hidup, tetapi tidak menyerang daging ikan karena ikan mempunyai ketahanan sementara kebutuhan bakteri untuk hidupnya sudah terpenuhi dari lingkungannya. Setelah ikan mati, daging ikan kehilangan ketahanannya dan kebutuhan bakteri tidak lagi dapat dipenuhi dari lingkungannya, sehingga bakteri akan menggunakan daging untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Populasinya segera berkembang cepat sehingga mempercepat kerusakan. Perkembangan bakteri bermula dari insang dan ususnya kemudian menyerang kulit dan peritonium. Pada keadaan tertentu perkembangan bakteri dan juga otolisa akan menyebabkan ikan menjadi busuk. Pembusukan pada umumnya juga dikaitkan dengan terurainya senyawa-senyawa makromolekul menjadi mikromolekul sederhana, berupa gas-gas yang berbau busuk. Senyawa yang paling berperan pada proses pembusukan ikan adalah protein. Proses pembusukan ini, komponen-komponen lemak, karbohidrat, dan senyawa-senyawa lainnya juga ikut terbongkar dan memberikan andil pada kerusakan daging ikan. Terjadinya proses pembusukan dapat digolongkan dalam tiga tahap, yaitu : 1. Sekedar terjadi

kontaminasi oleh bakteri pembusuk dan terjadi perkembangan populasi secara cepat. Pada saat ini belum terjadi pembongkaran senyawa-senyawa yang ada, 2. Pembongkaran senyawa-senyawa mikromolekul yang sudah ada pada daging ikan, seperti peptida, asam-asam amino bebas, gula reduksi, asam laktat oleh bakteri menjadi metabolit-metabolit sederhana yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Pada tahap ini mulai terbentuk metabolit-metabolit penyebab bau busuk, misalnya putresin, karbondioksida, hydrogen sulfida, asam-asam organik, ammonia, 3. Pemecahan senyawa-senyawa makromolekul terutama protein oleh enzim-enzim protease yang dihasilkan oleh bakteri pembusuk. Biasanya hal ini terjadi apabila senyawa-senyawa mikromolekul dalam daging ikan telah habis digunakan oleh bakteri. Hasil pemecahan protein yaitu peptida-peptida dan asam-asam amino bebas yang selanjutnya terjadi pembongkaran menjadi metabolit-metabolit penyebab bau busuk. Pada tahap akhir, pembusukan menjadi tidak berkembang lagi karena semua senyawa makromolekul telah terurai menjadi metabolit-metabolit yang dapat terakumulasi dan kadang-kadang dapat bersifat racun yang berbahaya.

Terdapat golongan bakteri berdasarkan kebutuhan nutrisi terutama mengenai sumber karbon dan nitrogen, yaitu bakteri autotrof dan bakteri heterotrof. Menurut Middelbeek *et al.* (1992), klasifikasi berdasarkan kebutuhan nutrisi sebagai berikut :

1. Fotoautotrof, yaitu menggunakan cahaya sebagai sumber energi dan CO_2 sebagai sumber karbon.
2. Fotoheterotrof, yaitu menggunakan cahaya sebagai sumber energi dan senyawa organik sebagai sumber karbon.
3. Kemoautotrof, yaitu menggunakan bahan kimiawi sebagai sumber energi dan CO_2 sebagai sumber karbon.
4. Kemoheterotrof, yaitu bahan kimiawi sebagai sumber energi dan bahan organik sebagai sumber karbon.

Bakteri autotrof dapat hidup dari zat anorganik. Zat karbon dapat diperoleh dari CO_2 atau dari CO_3 , sedangkan kebutuhan nitrogen diperoleh dari ion NH_4^+ , NO_3 atau dari N_2

bebas. Bakteri penyusun nitrit yang tergolong bakteri kemoautotrof seperti *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrospira*, *Nitrosococcus*. Bakteri heterotrof membutuhkan zat organik, dan bakteri tertentu memerlukan vitamin. Golongan bakteri heterotrof terdapat perbedaan antara bakteri saprofit dan parasit. Bakteri saprofit yaitu hidup dari zat organik berupa sisa-sisa/sampah, sedangkan parasit yaitu hidup dari zat organik yang masih di dalam makhluk hidup (Dwidjoseputro 2010).

Berdasarkan kebutuhan oksigen, bakteri dapat dibedakan atas bakteri aerob, yaitu bakteri yang membutuhkan oksigen untuk hidup dan bakteri an-aerob, yaitu bakteri yang tidak mampu menggunakan oksigen. Bakteri aerob dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu bakteri aerob obligat, fakultatif, dan mikroaerofilik. Bakteri aerob obligat memerlukan oksigen untuk pertumbuhannya, tetapi tidak dapat tumbuh bila konsentrasi oksigen melebihi konsentrasi oksigen atmosfer (> 20%). Bakteri aerob fakultatif tidak memerlukan oksigen, tetapi dapat tumbuh dengan baik bila oksigen tersedia. Bakteri aerob mikroaerofilik memerlukan oksigen, tetapi dengan konsentrasi yang lebih rendah dari konsentrasi oksigen atmosfer (2 - 10 % v/v). Bakteri an-aerob dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu bakteri an-aerob obligat dan bakteri an-aerob aerotoleran. Pada bakteri an-aerob obligat, adanya oksigen dalam media pertumbuhannya merupakan racun dan berbahaya bagi bakteri tersebut. Bakteri an-aerob aerotoleran yaitu bakteri yang tidak dapat menggunakan oksigen untuk pertumbuhannya, tetapi dapat mentoleransi adanya oksigen (Tortora *et al.*, 1989; Middelbeek *et al.*, 1992).

Berdasarkan struktur dan dinding sel, bakteri dibedakan menjadi bakteri Gram-positif dan bakteri Gram-negatif. Morfologi bakteri Gram positif dan Gram negatif dapat dilihat pada Gambar 1. Warna pada bakteri Gram positif dan Gram negatif menunjukkan perbedaan disebabkan adanya perbedaan struktur dinding sel antara kedua jenis bakteri tersebut. Bakteri Gram positif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan peptidoglikan yang tebal, sedangkan bakteri Gram negatif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan lipid yang tinggi. Perbedaan sifat bakteri Gram-positif dan bakteri Gram-negatif disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 3. Perbedaan sifat bakteri Gram-positif dan bakteri Gram-negatif

Ciri-ciri	Gram-positif	Gram-negatif
Struktur dinding sel:	Tebal (15-80nm) Berlapis tunggal (mono)	Tipis (10-15nm) Berlapis 3 (multi)
Komponen dinding sel: - Kandungan lipid dan lipoprotein - Peptidoglikan - Kandungan Lipopolisakarida (LPS) - Asam tekoat - Toksin yang dihasilkan	Rendah Komponen utama (90% dari dinding sel) Tebal (<i>multilayer</i>) Tidak ada Kebanyakan ada, terutama eksotoksin	Tinggi Jumlah sedikit (10% dari dinding sel) Tipis (<i>single layer</i>) Tinggi Tidak ada, terutama endotoksin
Ketahanan terhadap pengeringan	Tinggi	Rendah
Ketahanan terhadap gangguan fisik	Tinggi	Rendah

Sumber : Tortora *et al.*, (1989)

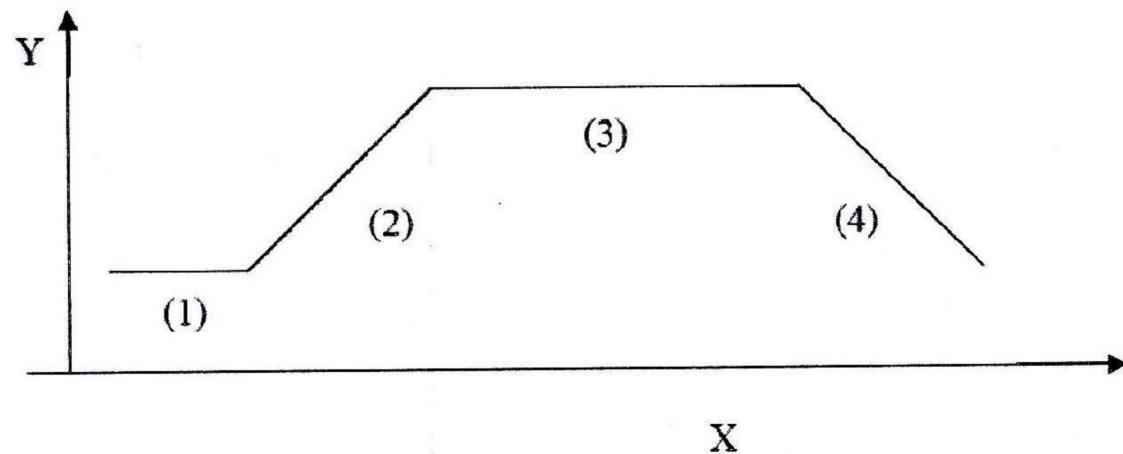
Berdasarkan suhu pertumbuhan bakteri dapat dibedakan, yaitu bakteri psikrofilik, bakteri mesofilik, bakteri termofilik dan hypetermofilik. Bakteri psikrofilik tumbuh optimum pada suhu 14-20 °C, sedangkan bakteri mesofilik tumbuh optimum pada suhu 30-37 °C, contoh *Yersinia sp.*, *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* Bakteri termofilik tumbuh optimum pada suhu 45-60 °C, contohnya *Clostridium thermosaccharolyticum*, *Bacillus stearothermophilus* (Yanti dan Dali 2010).

C. Reproduksi Bakteri

Reproduksi bakteri bersifat aseksual atau vegetatif. Pertumbuhan didefinisikan sebagai peningkatan secara teratur pada semua komponen-komponen kimiawi sel dan struktur sel. Menurut Dwidjoseputro (2010), pembelahan diri atau divisio terbagi 3 fase, yaitu:

1. Sitoplasma terbelah oleh sekat yang tumbuh tegak lurus pada arah memanjang
2. Sekat tersebut diikuti oleh suatu dinding melintang. Protoplasma kedua sel baru masih berhubungan
3. Fase terakhir yaitu terpisahnya kedua sel

Kecepatan pertumbuhan untuk sistem uniseluler didefinisikan sebagai peningkatan jumlah sel atau massa sel per satuan waktu. Setiap terjadi pembelahan sel disebut dengan satu generasi, waktu yang diperlukan untuk pembelahan disebut waktu generasi. Bakteri memerlukan 1-3 jam untuk membelah diri, tetapi ada juga memerlukan 10-20 menit, sedangkan mikroba yang lain memerlukan waktu 24 jam atau lebih. Pertumbuhan bakteri dapat dinyatakan secara grafik dengan menggunakan data hasil pengukuran populasi bakteri yang hidup dalam kultur media cair pada selang waktu yang tetap. Pertumbuhan bakteri terdiri dari beberapa fase (tahap) yaitu : (1) tahap anjang-ancang (*lag phase*), (2) tahap eksponensial (*logarithmic phase*), (3) tahap stasioner (*stationair phase*) dan (4) tahap kematian (*death phase*) (Middelbeek *et al.*, 1992). Pertumbuhan bakteri dapat dilihat pada Gambar kurva berikut.



Gambar 2. Kurva pertumbuhan bakteri (Schlegel dan Schmidt, 1994)

Keterangan :

X Waktu inkubasi

Y Jumlah sel bakteri

(1) Tahap anjang-ancang

(2) Tahap eksponensial

(3) Tahap stasioner

(4) Tahap menuju kematian

Pada *lag phase*, tidak ada peningkatan jumlah sel atau turbiditas karena bakteri sedang beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Faktor penyebab diantaranya adalah adanya kemungkinan medium tidak optimal untuk organisme sehingga organisme perlu mensintesa enzim agar mampu menggunakan substrat sebagai sumber energi atau untuk sintesis material sel. Selama fase ini massa sel dapat berubah tanpa adanya suatu

perubahan jumlah sel (Sa'id, 1987). Interval waktu antara saat penanaman dan saat tercapainya kecepatan pembelahan maksimum. Lamanya tahap anjang-ancang tergantung dari konsentrasi awal, umur, bahan yang ditanam dan sifat medium pertumbuhan (Schlegel dan Schmidt 1994).

Tahap pertumbuhan eksponensial atau logaritmik ditandai oleh kecepatan pembelahan maksimum yang konstan. Kecepatan pembelahan pada fase logaritmik bersifat spesifik untuk tiap jenis bakteri dan tergantung pada kondisi lingkungan, misalnya suhu dan komposisi medium kultur (Middelbeek *et al.*, 1992). Selanjutnya fase stasioner ditandai jumlah bakteri yang tumbuh sama dengan jumlah bakteri yang mati. Akhirnya masuk ke fase kematian yang disebabkan antara lain oleh zat makanan yang diperlukan menjadi berkurang dan hasil eksresi bakteri itu sendiri menjadi bertimbun-timbun, sehingga mengganggu pertumbuhannya (Dwidjoseputro 2010).

Beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri yaitu faktor fisika dan kimia. Faktor fisika antara lain: suhu, ketersediaan air, pH, tekanan hidrostatik dan cahaya, sedangkan faktor kimia diantaranya: makro nutrien (C, O, N, H, P dan S), mikro nutrien atau *trace element* (Mn, Zn, Co, Mo, Ni, Cu, dan Cl) (Middelbeek *et al.*, 1992).

D. Beberapa Jenis Bakteri

Bakteri terdiri dari berbagai jenis, diantaranya :

1. *Vibrio* sp.

Vibrio sp. merupakan salah satu bakteri patogen yang tergolong dalam divisi bakteri, klas Schizomicetes, ordo Eubacteriales, Famili Vibrionaceae, memiliki 37 spesies. Bakteri ini bersifat Gram-negatif, fakultatif anaerob, fermentatif, bentuk sel batang dengan ukuran panjang antara 2-3 μ m, bergerak dengan satu flagela pada ujung sel, katalase positif, oksidase positif yang membedakannya dengan dari bakteri enterik Gram-negatif (Austin, 1988; Brooks *et al.*, 2005; Marlina, 2008; Dwidjoseputro, 2010). Ditambahkan bahwa *Vibrio* sp. merupakan bakteri heterotrofik dan beberapa spesies bersifat fakultatif aerob (Reid *et al.*, 2009).

Vibrio sp. dapat tumbuh pada pH 6,4-9,6, tetapi tumbuh dengan baik pada pH 7,8-8,0. Umumnya pertumbuhan *Vibrio* pada 18-37°C sedangkan *V. cholerae* tidak dapat berkembang baik pada

suhu di bawah 15°C. Bakteri *V. cholerae* tidak tahan pada konsentrasi garam lebih dari 8 % (Fardiaz, 1983; Brooks *et al*, 2005).

Vibrio banyak dijumpai pada permukaan air dan bersifat patogen, dapat hidup di bagian tubuh organisme lain di luar tubuh dengan jalan menempel, maupun pada organ tubuh bagian dalam seperti hati dan usus. Dampak yang ditimbulkan berupa penyakit, parasit, pembusukan dan toksin yang dapat menyebabkan kematian biota yang menghuni perairan. Feliatra (1999), menyatakan bahwa enam spesies bakteri yang dijumpai di perairan pantai yaitu *V. anguillarum*, *V. alginolyticus*, *V. cholerae*, *V. vulvonicus*, *V. salmonicida* dan *V. parahaemolyticus*.

Vibrio sp. yang bersifat patogen pada ikan dan invertebrata laut yaitu *Vibrio alginolyticus*, *V. damsela*, *V. carchariae*, *V. anguillarum*, *V. ordalii*, *V. cholerae*, *V. salmonicida*, *V. vulvonicus*, *V. parahaemolyticus*, *V. pelagia*, *V. splendid*, *V. fischeri* dan *V. harveyi* (Austin dan Austin, 1993). Menurut Liu *et al* (2004), bahwa *V. harveyi* (*V. carchariae*) penyebab gastroenteritis pada ikan yang dibudidayakan di laut. Ditambahkan bahwa tiga spesies dapat diisolasi dari bak yang berisi rotifer yaitu *V. alginolyticus*, *V. anguillarum* dan *V. xuii* (Reid *et al*, 2009). *Vibrio* merupakan bakteri penyebab penyakit vibriosis. *V. anguillarum*, *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. harveyi*, *V. penaeicida*, *V. campbellii* merupakan penyebab penyakit pada populasi ikan laut dan juga udang (Grisez *et al*, 1991; Phuoc *et al*, 2009).

Beberapa jenis *Vibrio* secara klinis menjadi patogen pada manusia menyebabkan gastroenteritis tetapi dapat juga terinfeksi luka terbuka dan penyebab keracunan darah. Penyakit ini dibawa oleh hewan laut yang hidup, seperti kepiting, udang-udangan, dan telah diketahui menyebabkan infeksi yang fatal pada manusia. Contohnya *V. parahaemolyticus* dapat menyebabkan keracunan pada saluran pencernaan pada manusia. Penyebab gastroenteritis dengan gejala diare, kram perut, mual, muntah, demam dengan masa inkubasi antara 4-96 jam dengan rata-rata 15 jam. *V. cholerae* merupakan penyebab kolera pada manusia melalui air dan perkembangan sistem sanitasi air. Brooks *et al* (2005), menyatakan bahwa *V. cholerae* menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan kolera, suatu diare yang dapat dengan cepat mengarah kepada dehidrasi dan kematian.

V. parahaemolyticus resisten terhadap *Novobiocin* (Grisez *et al*, 1991). *V. cholerae* resisten terhadap *chloramphenicol*, *co-trimoxazole*, *furazolidone*, *neomycin*, *streptomycin* dan *tetracycline*. *V. harveyi* terhadap *streptomycin*, *chloramphenicol* dan *co-trimoxazole* (Karunasagar, 1994).

2. *Pseudomonas* sp.

Pseudomonas merupakan bakteri Gram-negatif, berbentuk batang, motil, aerobik, oksidase positif, tidak menghasilkan gas dari glukosa, beberapa galur memproduksi pigmen larut air. *Pseudomonas* dengan 149 spesies dan 11 spesies tambahan, berpigmen hijau (Dwidjoseputro, 2010).

Pseudomonas sp. umumnya tumbuh pada kisaran suhu 4-18°C, tetapi ada beberapa spesies dari *Pseudomonas* sp. yang masih dapat bertahan hidup pada suhu di bawah 4°C yaitu *P. aceplonii* pada suhu 1°C (Holt *et al*, 1994). Menurut Fardiaz (1992), kebanyakan *Pseudomonas* sp. tumbuh dengan baik pada suhu rendah, kecuali *P. aeruginosa* dan *P. fluorescens* yang dapat tumbuh pada suhu 37-42°C. *Pseudomonas* sp. dapat ditemukan di tanah, air, sayur-sayuran, daging, pupuk dan hasil laut (Jay, 1992; Brooks *et al*, 2005).

Pseudomonas sp. dapat menyebabkan berbagai jenis kerusakan bahan pangan karena kemampuannya dalam memproduksi enzim yang dapat memecah komponen lemak maupun protein dalam bahan pangan. Berkembang biak dengan cepat pada suhu refrigrasi yang sering mengakibatkan terbentuknya lendir dan pigmen pada permukaan daging yang didinginkan (Buckle *et al*, 1987).

3. *Escherichia coli*.

Genus *Escherichia* dibedakan dalam beberapa spesies seperti *coli*, *adecarboxylata*, *hermani*, *vulneris* (Varnam dan Evans, 1991). *E. coli* adalah bakteri Gram-negatif berbentuk batang. Sel *E. coli* mempunyai ukuran panjang 2,6-6,0 µm dan diameter 1,1-1,5 µm, tunggal atau berpasangan dan bersifat non motil atau motil dengan flagela peritrikus, tidak membentuk spora, aerob dan fakultatif anaerob, memfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas dalam waktu 48 jam pada suhu 35°C (Fardiaz, 1983; Sterritt dan Lester, 1988; Widiyanti dan Ristiati, 2004).

Pertumbuhan optimum *E. coli* terjadi pada pH 7.0-7.5, dan kisaran pH pertumbuhan 4,0-9,0. Tumbuh pada kisaran suhu 8-46°C dengan suhu optimum pertumbuhannya 37°C (Fardiaz, 1983; Dwidjoseputro, 2010).

E. coli dikenal sebagai bakteri anggota kelompok koliform yang merupakan suatu grup bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran dan kondisi yang tidak baik terhadap air, makanan, susu dan produk-produk susu. Adanya bakteri koliform di dalam makanan/minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik dan atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan.

E. coli sering mengkontaminasi air, oleh karena itu *E. coli* pada makanan biasanya berasal dari kontaminasi air yang digunakan dalam alat-alat pengolahan. Makanan lainnya sering terkontaminasi oleh *E. coli* yaitu daging, ikan dan hasil laut, telur, sayuran, buah-buahan dan sari buah (Fardiaz, 1983).

Kelompok *E. coli* patogen yang dapat dibedakan menurut penyakit dan gejala yang ditimbulkan, yaitu : *Enteropathogenic E. coli* (EPEC), *Enteroinvasive E. coli* (EIEC), *Enterotoxigenic E. coli* (ETEC), *Enterohaemorrhagic E. coli* (EHEC), dan EPEC yang lain menambahkan selain 4 serotipe tersebut ada juga yang lain yaitu : *Enteroadherentaggregative E. coli* (EAAggEC) (Varnam dan Evans, 1991).

Sifat dari ETEC dapat melakukan kolonisasi pada saluran usus halus serta mengeluarkan enterotoksin. Toksin yang dibentuk berupa toksin yang stabil terhadap panas dengan temperatur 100°C selama 15 menit, atau toksin yang labil terhadap panas karena dapat dinaktifkan dengan pemanasan temperatur 60°C selama 30 menit (Varnam dan Evans, 1991).

4. *Streptococcus* sp.

Streptococcus merupakan bakteri Gram-positif kokus yang bergandengan, memiliki 19 spesies umumnya parasit dan beberapa spesies patogen, strain berbentuk kecil putih pada media agar padat (Agnew dan Barnes, 2007; Dwidjoseputro, 2010). Menurut Brooks *et al* (2005), bahwa *Streptococcus* berbentuk bulat, yang mempunyai karakteristik dapat membentuk pasangan atau rantai selama pertumbuhannya. Kokusnya membelah diri dengan arah memanjang pada sumbu dari rangkaian tersebut. Bagian dari

rangkaian tadi seringkali tampak seperti diplokokus dan kadang-kadang terlihat seperti batang. Panjang dari rangkaian ini sangat beragam dan disebabkan oleh faktor lingkungan. Kebanyakan tumbuh dalam media yang padat dan tampak sebagai koloni discoid, berdiameter 1-2 mm. Sebagian besar bersifat fakultatif anaerob. Secara klinis spesies *Streptococcus* yaitu *S. pyogenes*, *S. agalactiae*, *S. bovis*, *S. anginosus*, *S. viridians*, grup C dan G (*Streptococcus* yang terdapat di dalam nasofaring dan dapat menimbulkan sinusitis). Sebagian besar *Streptococcus* hemolitik patogen tumbuh dengan baik pada suhu 37°C.

Streptococcus tersebar di alam, dan beberapa diantaranya merupakan anggota flora normal pada manusia, sedang *Streptococcus* lain berhubungan dengan penyakit manusia dapat berupa infeksi. Menurut Agnew dan Barnes (2007), bahwa *S. iniae* bersifat patogen tidak hanya pada budidaya tetapi juga merugikan kesehatan manusia, atau lebih dikenal dengan sifat zoonotik. Pada tahun 2005 minimal 25 kasus manusia terinfeksi. Berdasarkan data *S. iniae* dapat diidentifikasi pada tiga wilayah yaitu Amerika Utara, Timur Tengah dan Asia Pasifik. Minimal 27 spesies ikan yang hidup di laut atau air tawar yang dilaporkan terinfeksi, diantaranya *Tilapia nilotica* yang ada di perairan Texas. Ditambahkan bahwa *S. iniae* dapat menyebabkan Streptococci yang ditemukan pada budidaya ikan laut (*Paralichthys olivaceus* di Jepang). Untuk mencegah penyakit pada ikan ini dilakukan perlakuan prophylactic dalam menonaktifkan semua sel *S. iniae* (Dumrongphol *et al*, 2009). Herndanez *et al* (2009), menyatakan bahwa *S. agalactiae* dapat pula menginfeksi *Oreochromis* sp.

5. *Bacillus* sp.

Bacillus merupakan bakteri Gram-positif berbentuk batang, aerob, katalase positif, umumnya motil, berspora. Sporangia terletak di tengah, subterminal atau terminal, tergantung spesies. Memiliki 25 spesies diantaranya *B. subtilis*, *B. anthracis*, *B. stearothermophilus*, *B. megenterium*, *B. cereus*, *B. mycoides*, *B. pseudomycoides*, *B. thuringiensis* dan *B. weihenstephanensis* (Dwidjoseputro, 2010; Saman *et al*, 2010).

Bacillus sp. dapat pula digolongkan sebagai bakteri termofilik, yaitu organisme yang dapat tumbuh pada suhu tinggi dan pada suhu pasteurisasi. Spesies *Bacillus* yang tergolong pada

jenis ini, misalnya *B. stearothermophilus*. *Bacillus* dapat pula termasuk bakteri pektolitik, yaitu bakteri yang dapat memecahkan pektin dan dapat menyebabkan busuk air atau busuk lunak (*soft rot*) pada sayuran dan buah-buahan (Fardiaz, 1992).

Beberapa spesies memiliki batas suhu maksimum adalah 25-75°C, pH minimum untuk pertumbuhan *B. acidocaldarius* yaitu 7,5-8,0 (Banwart, 1989). Ditambahkan bahwa *B. stearothermophilus* hidup subur pada suhu 65°C. *B. subtilis* menghasilkan antibiotik basitrasin dan subtilin. *B. anthracis* menyebabkan penyakit antraks. *B. megantherium* dan *B. cereus* kadang-kadang bersifat patogen (Dwidjoseputro, 2010). Brooks *et al* (2005), menyatakan bahwa *B. cereus* menyebabkan keracunan makanan dan kadang-kadang infeksi pada mata dan tempat lain. Umumnya organisme saprofit yang terdapat dalam tanah, air, udara dan tumbuh-tumbuhan, seperti *B. cereus* dapat tumbuh dalam makanan dan menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan keracunan makanan. Organisme ini dapat menimbulkan penyakit pada orang dengan gangguan daya tahan tubuh (misalnya meningitis, gastroenteritis akut). Basil saprofit menggunakan sumber nitrogen dan karbon sederhana untuk energi dan pertumbuhannya. Sporangia resisten terhadap perubahan lingkungan, tahan terhadap panas kering dan desinfektan kimia tertentu dalam waktu yang cukup lama dan dapat bertahan selama bertahun-tahun dalam tanah yang kering. Sel berukuran 3-4 µm, mempunyai ujung yang persegi dan tersusun dalam rantai panjang. *B. cereus* adalah organisme tanah yang sering mengkontaminasi nasi. Bila sejumlah besar nasi dimasak dan dibiarkan dingin perlahan-lahan, spora *B. cereus* bertunas dan sel vegetatif menghasilkan toksin selama fase log pertumbuhan atau selama sporulasi.

Salah satu kerusakan yang diakibatkan oleh *Bacillus* pada produk yang dikalengkan adalah *flat sour* yaitu kerusakan terbentuknya asam tanpa gas atau busuk asam tanpa gas (Fardiaz, 1992). *B. subtilis*, *B. coagulans*, *B. stearothermophilus* merupakan bakteri penyebab keasaman dari makanan kaleng karena fermentasi gula yang dikandung bahan pangan. Kerusakan produk bahan pangan yang diolah dengan pemanasan karena endosporanya tahan terhadap pemanasan. Genus ini menghasilkan berbagai jenis enzim perusak karbohidrat, lemak dan protein (Buckle, 1987).

Bagian III GIZI DAN MUTU IKAN SEGAR

A. Kandungan Gizi Ikan dan Peranannya

Ikan merupakan salah satu sumberdaya kelautan dan perikanan yang dapat diperbaharui dan memiliki banyak manfaat secara ekonomi dan kesehatan. Kandungan gizi ikan memberi kontribusi terbesar dalam kelompok sumber protein hewani, karena kelengkapan komposisinya berupa protein, lemak, vitamin dan mineral yang sangat baik, mudah dicerna serta memiliki keragaman jenis, rasa, warna, bentuk dan ukuran sehingga dapat diproses lebih lanjut menjadi beragam produk olahan.

Komposisi kimia ikan tergantung kepada spesies, umur, jenis kelamin dan musim penangkapan serta ketersediaan pakan di air, habitat dan kondisi lingkungan. Kandungan protein dan mineral daging ikan relatif konstan, tetapi kadar air dan kadar lemak sangat berfluktuasi. Jika kandungan lemak pada daging semakin besar, kandungan air akan semakin kecil dan sebaliknya (Irianto dan Soesilo 2007).

Protein pada daging ikan memiliki kelebihan dibandingkan dengan daging sapi. Kandungan protein pada daging ikan cukup tinggi, mencapai 20% dan tersusun atas sejumlah asam amino yang berpola mendekati pola kebutuhan asam amino di dalam tubuh manusia. Asam amino merupakan senyawa penyusun protein yang membentuk sel tubuh manusia dan hewan.

Beragam jenis asam amino menyatu dalam ikatan peptida menghasilkan protein. Asam amino terbagi 2, yaitu asam amino esensial dan nonesensial. Asam amino esensial disuplai lewat makanan, karena tidak dapat diproduksi dalam tubuh manusia. Asam-asam amino esensial yang dibutuhkan tubuh manusia, yaitu histidin, isoleusin, leusin, lisin, metionin, arginin, fenilalanin, treonin, triptofan, dan valin. Jenis asam-asam amino non esensial, yaitu alanin, asparagin, sistein, asam glutamat, glutamin, asam aspartat, glisin, hidrokisprolin, dan tirosin.

jenis ini, misalnya *B. stearothermophilus*. *Bacillus* dapat pula termasuk bakteri pektolitik, yaitu bakteri yang dapat memecahkan pektin dan dapat menyebabkan busuk air atau busuk lunak (*soft rot*) pada sayuran dan buah-buahan (Fardiaz, 1992).

Beberapa spesies memiliki batas suhu maksimum adalah 25-75°C, pH minimum untuk pertumbuhan *B. acidocaldarius* yaitu 7,5-8,0 (Banwart, 1989). Ditambahkan bahwa *B. stearothermophilus* hidup subur pada suhu 65°C. *B. subtilis* menghasilkan antibiotik basitrasin dan subtilin. *B. anthracis* menyebabkan penyakit antraks. *B. megantherium* dan *B. cereus* kadang-kadang bersifat patogen (Dwidjoseputro, 2010). Brooks *et al* (2005), menyatakan bahwa *B. cereus* menyebabkan keracunan makanan dan kadang-kadang infeksi pada mata dan tempat lain. Umumnya organisme saprofit yang terdapat dalam tanah, air, udara dan tumbuh-tumbuhan, seperti *B. cereus* dapat tumbuh dalam makanan dan menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan keracunan makanan. Organisme ini dapat menimbulkan penyakit pada orang dengan gangguan daya tahan tubuh (misalnya meningitis, gastroenteritis akut). Basil saprofit menggunakan sumber nitrogen dan karbon sederhana untuk energi dan pertumbuhannya. Sporangia resisten terhadap perubahan lingkungan, tahan terhadap panas kering dan desinfektan kimia tertentu dalam waktu yang cukup lama dan dapat bertahan selama bertahun-tahun dalam tanah yang kering. Sel berukuran 3-4 µm, mempunyai ujung yang persegi dan tersusun dalam rantai panjang. *B. cereus* adalah organisme tanah yang sering mengkontaminasi nasi. Bila sejumlah besar nasi dimasak dan dibiarkan dingin perlahan-lahan, spora *B. cereus* bertunas dan sel vegetatif menghasilkan toksin selama fase log pertumbuhan atau selama sporulasi.

Salah satu kerusakan yang diakibatkan oleh *Bacillus* pada produk yang dikalengkan adalah *flat sour* yaitu kerusakan terbentuknya asam tanpa gas atau busuk asam tanpa gas (Fardiaz, 1992). *B. subtilis*, *B. coagulans*, *B. stearothermophilus* merupakan bakteri penyebab keasaman dari makanan kaleng karena fermentasi gula yang dikandung bahan pangan. Kerusakan produk bahan pangan yang diolah dengan pemanasan karena endosporanya tahan terhadap pemanasan. Genus ini menghasilkan berbagai jenis enzim perusak karbohidrat, lemak dan protein (Buckle, 1987).

Bagian III GIZI DAN MUTU IKAN SEGAR

A. Kandungan Gizi Ikan dan Peranannya

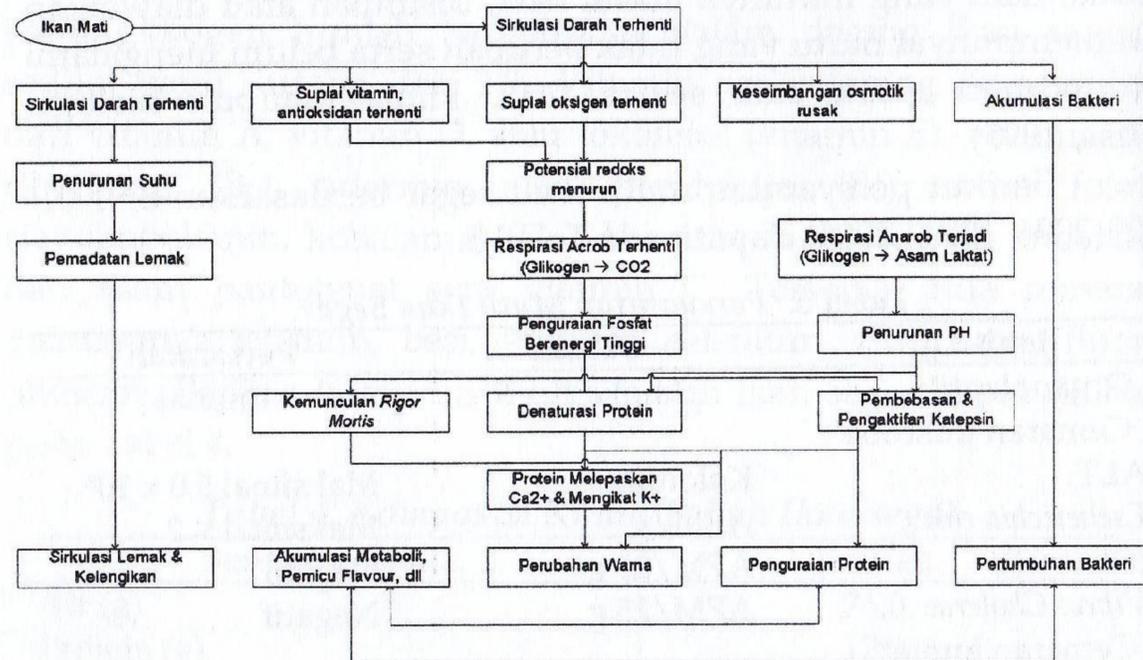
Ikan merupakan salah satu sumberdaya kelautan dan perikanan yang dapat diperbaharui dan memiliki banyak manfaat secara ekonomi dan kesehatan. Kandungan gizi ikan memberi kontribusi terbesar dalam kelompok sumber protein hewani, karena kelengkapan komposisinya berupa protein, lemak, vitamin dan mineral yang sangat baik, mudah dicerna serta memiliki keragaman jenis, rasa, warna, bentuk dan ukuran sehingga dapat diproses lebih lanjut menjadi beragam produk olahan.

Komposisi kimia ikan tergantung kepada spesies, umur, jenis kelamin dan musim penangkapan serta ketersediaan pakan di air, habitat dan kondisi lingkungan. Kandungan protein dan mineral daging ikan relatif konstan, tetapi kadar air dan kadar lemak sangat berfluktuasi. Jika kandungan lemak pada daging semakin besar, kandungan air akan semakin kecil dan sebaliknya (Irianto dan Soesilo 2007).

Protein pada daging ikan memiliki kelebihan dibandingkan dengan daging sapi. Kandungan protein pada daging ikan cukup tinggi, mencapai 20% dan tersusun atas sejumlah asam amino yang berpola mendekati pola kebutuhan asam amino di dalam tubuh manusia. Asam amino merupakan senyawa penyusun protein yang membentuk sel tubuh manusia dan hewan.

Beragam jenis asam amino menyatu dalam ikatan peptida menghasilkan protein. Asam amino terbagi 2, yaitu asam amino esensial dan nonesensial. Asam amino esensial disuplai lewat makanan, karena tidak dapat diproduksi dalam tubuh manusia. Asam-asam amino esensial yang dibutuhkan tubuh manusia, yaitu histidin, isoleusin, leusin, lisin, metionin, arginin, fenilalanin, treonin, triptofan, dan valin. Jenis asam-asam amino non esensial, yaitu alanin, asparagin, sistein, asam glutamat, glutamin, asam aspartat, glisin, hidroksprolin, dan tirosin.

elektron dan fosforilasi oksidatif segera terhenti dan menyebabkan respirasi anaerob yang menghasilkan asam laktat pada sel sehingga pH turun. Setelah pH turun, enzim proteolitik terutama katepsin akan bebas dan aktif kemudian mendegradasi protein. Pemecahan protein akan memacu pertumbuhan bakteri sehingga ikan akan semakin menunjukkan tanda-tanda kebusukan. Gambar berikut memperlihatkan perubahan akibat terhentinya aliran darah setelah ikan mati.



Gambar 3. Perubahan akibat terhentinya aliran darah setelah ikan mati (Eskin 1990)

Proses kemunduran mutu ikan ini terjadi karena aktivitas enzim, mikroorganisme, dan kimiawi. Perubahan fisik dan biokimia terjadi cepat setelah ikan mati dan akhirnya ikan mengalami pembusukan. Kemunduran mutu ikan digolongkan menjadi 4 tahap, yaitu *prerigor*, *rigormortis*, *postrigor* dan pembusukan.

Tahap *prerigor* ditandai dengan pelepasan lendir cair, bening, atau transparan yang menyelimuti seluruh tubuh ikan. Proses ini disebut hiperemia yang berlangsung 2-4 jam. Lendir yang dikeluarkan ini sebagian besar terdiri dari glukoprotein dan musin yang merupakan media ideal bagi pertumbuhan bakteri (Junianto, 2003). Ciri-ciri organoleptik pada fase *prerigor* yaitu mata cerah, kornea jernih, insang merah cemerlang, bau segar spesifik jenis, tekstur padat, daging elastis bila ditekan dengan jari, otot daging mudah dilenturkan. Fase *pre rigor* terjadi saat otot

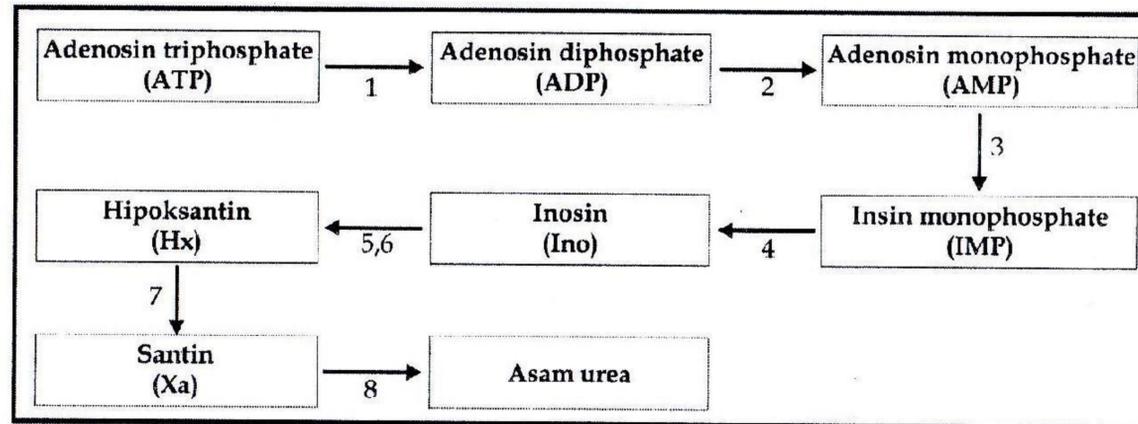
masih lembut dan lentur. Secara biokimiawi tahap ini ditandai dengan menurunnya kadar ATP dan kreatin fosfat melalalui proses aktif glikolisis. Proses glikolisis mengubah glikogen menjadi asam laktat yang menyebabkan terjadinya penurunan pH. Menurut Nurilmala (2009), bahwa ikan lele dumbo dengan perlakuan dimatikan segera mengalami fase *prerigor* selama 9 jam dan dengan perlakuan dimatikan setelah 12 jam tanpa media air mengalami *prerigor* selama 6 jam. Kondisi daging ikan lele dumbo masih lentur dan elastis.

Tahap *rigormortis* ditandai dengan daging ikan menjadi lebih keras dari sebelumnya. Ciri-ciri secara organoleptik yaitu mata agak cerah, kornea agak keruh, insang merah kurang cemerlang, bau netral, tekstur agak padat, elastis bila ditekan dengan jari, otot daging kaku. Daging ikan akan cepat mengalami *rigormortis* bila ATP telah habis. Fase *rigor* terjadi saat siklus miosin dan aktin di dalam miofibril terhenti dan terbentuknya aktomiosin yang permanen menyebabkan otot tidak dapat diregangkan. Hilangnya kelenturan ikan berhubungan dengan terbentuknya aktomiosin yang berlangsung lambat dan cepat hingga akhirnya terjadi kekakuan. *Rigormortis* diikuti dengan penurunan daya ikat air daging oleh protein daging yang disebabkan oleh penurunan pH atau karena denaturasi protein sarkoplasmik (Lawrie 1995). Menurut Eskin *et al.* (1990), waktu *rigormortis* berkisar 1-7 jam setelah kematian, tetapi tergantung spesies dan ukuran ikan, cara penangkapan, derajat perjuangan ikan sebelum mati, kondisi fisik dan suhu penyimpanan.

Tahap *postrigor* ditandai dengan melunaknya daging. Secara organoleptik, cirinya, yaitu mata agak cekung, kornea agak keruh, insang mulai ada perubahan warna, bau amonia, tekstur agak lunak, kurang elastis bila ditekan dengan jari, otot daging mulai melemas. Proses ini diawali terjadinya proses autolisis. Proses autolisis tidak dapat dihentikan walaupun pada suhu yang rendah. Nilai pH yang semakin turun menyebabkan enzim-enzim dalam jaringan otot menjadi aktif. Katepsin, yaitu enzim proteolitik yang berfungsi menguraikan protein menjadi senyawa sederhana, merombak struktur jaringan protein otot menjadi lebih longgar sehingga rentan terhadap serangan bakteri (Supartinah, 2012).

Tahap pembusukan ikan ditandai dengan terbentuknya senyawa-senyawa basa volatil. Komponen utama *total volatile base*

(TVB) adalah amonia (NH₃), trimetil amin (TMA), dan dimetil amin (DMA). Nukleotida utama yang berperan dalam mentransfer energi, yaitu ATP, juga berperan dalam penambahan jumlah amonia pada volatil,amin setelah kematian ikan. Nukleotida ATP adalah senyawa utama pembawa energi kimia dalam sel. Kondisi anaerob setelah ikan mati akan menyebabkan ATP terurai dengan melepaskan energi (Yunizal dan Wibowo 1998). Proses penguraian ATP oleh enzim dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses degradasi ATP oleh enzim (Gill 2000)

Keterangan: 1) ATPase; 2) Myokinase; 3) AMP deaminase; 4) Nukleotidase; 5) Nukleoside phosphorylase; 6) Inosine nucleosidase; 7,8) Xanthine oxidase

Menurut Huss (1995), enzim yang berperan dalam kemunduran mutu ikan merupakan jenis enzim proteolitik, bekerja dengan substrat protein. Enzim proteolitik mempercepat pertumbuhan bakteri pembusuk pada ikan dengan mendegradasikan protein pada jaringan tubuh ikan menjadi lebih sederhana dan menjadi sumber nutrisi bagi bakteri pembusuk. Enzim proteolitik yang menyebabkan kemunduran mutu pada tubuh ikan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 6. Jenis Enzim Autolisis Pada Ikan

Enzim	Subsrat	Perubahan yang terjadi	pencegahan
Enzim glikolitik	Glikogen ATP	Produksi asam laktat dan penurunan pH daging, <i>gaping</i>	Penyimpanan suhu dingin
Katepsin	ADP AMP IMP	Kehilangan rasa kesegaran, hipoksantin	Penyimpanan suhu dingin
Karboksipeptidase	Protein, peptide	Autolisis jaringan pencernaan (<i>belly bursting</i>)	Penyimpanan suhu beku

Kalpain	Protein myofibril	Pelunakan daging	Penghilangan kalsium
Kolagenase	Jaringan ikat	Pelunakan jaringan, <i>Gaping</i>	Penyimpanan suhu dingin
TMAO dimetilase	TMAO	Formaldehida	Penyimpanan suhu beku

Sumber: (Huss, 1995)

Kontaminasi mikroba diantaranya bakteri dapat mempercepat mutu ikan mengalami penurunan atau pembusukan. Bakteri menyerang tubuh ikan mulai dari insang atau luka yang ada pada kulit, kemudian menuju jaringan daging pada permukaan kulit. Selanjutnya masuk ke jaringan tubuh ikan bagian dalam. Jenis bakteri yang mengkontaminasi ikan diantaranya, yaitu bakteri Gram positif dan atau Gram negatif contoh bakteri *Yersinia sp.* yang mengkontaminasi ikan mas pada bagian insang, permukaan kulit/lendir dan isi perut berturut-turut $1,3 \times 10^4$ TVC/g, $1,6 \times 3 \times 10^4$ TVC/g dan $1,8 \times 3 \times 10^4$ TVC/g (Dali, 2013b). Serangan bakteri menyebabkan ikan mengalami berbagai perubahan, yaitu lendir menjadi lebih pekat, bergetah, amis, mata terbenam dan pudar sinarnya, serta insang berubah warna dengan susunan tidak teratur dan bau menusuk.

Bagian IV

ROTIFER *Brachionus rotundiformis*

A. Peranan Rotifer *Brachionus rotundiformis*

Rotifer untuk dapat tumbuh membutuhkan makanan, seperti *Tetraselmis chuii*, *Isochrysis galbana*, *Nanochloropsis oculata*, *Chaetoceros*, *Chlorella* sp. (Sutomo dkk. 2007). Rotifer memiliki perkembangan sebagai penghasil senyawa bioaktif dan saat ini pemanfaatannya sebagai pakan yang baik bagi larva fauna laut. Ukurannya yang relatif kecil (100-300 μm), dianggap sebagai biokapsul yang cocok bagi larva kebanyakan fauna laut karena menjadi pentrasfer nutrisi dari lingkungan hidup ke larva tanpa efek polutan (Rumengan, 1997).

Kelebihan rotifer diantaranya memiliki gerakan yang sangat lambat sehingga mudah ditangkap oleh larva ikan, mudah dicerna oleh larva ikan dan mudah dikultur massal. Selain itu, pertumbuhan dan perkembangannya sangat cepat dilihat dari siklus hidupnya dan tidak menghasilkan racun atau zat lain yang dapat membahayakan kehidupan larva serta memiliki nilai gizi yang paling baik untuk pertumbuhan larva (Redjeki, 1999).

B. Klasifikasi Rotifer *Brachionus rotundiformis*

Rotifer diklasifikasikan sebagai berikut (Nogrady *et al*, 1993) :

Kingdom : Animalia

Filum : Rotifera

Kelas : Monogononta

Ordo : Ploima

Famili : Brachionidae

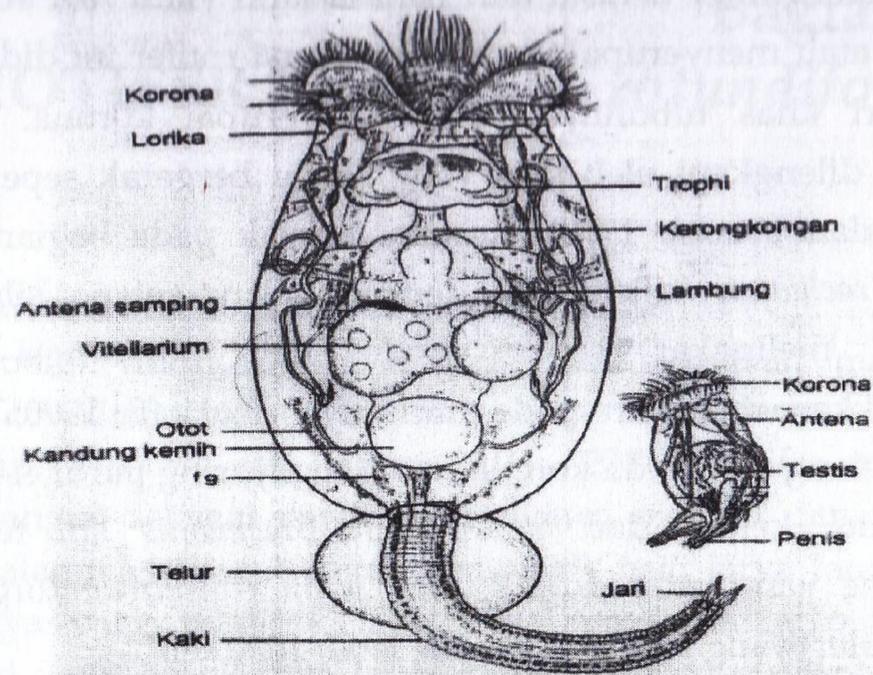
Genus : *Brachionus*

Spesies : *Brachionus rotundiformis*

Kata rotifer berasal dari bahasa latin yaitu *rota* atau roda dan *fera* atau menyerupai. Pemberian nama rotifer ini didasarkan pada ciri khas tubuhnya yang menyerupai korona. Korona tersebut dilengkapi oleh silia yang selalu bergerak seperti roda (Brusca dan Brusca, 1990). Korona terletak pada bagian depan tubuh *Brachionus*, dilengkapi dengan gelang-gelang silia yang nampak melingkar seperti roda yang berfungsi untuk memasukkan makanan pada mulutnya (Kozloff, 1990; Droste, 1997). Gelang silia pada korona dapat menyaring partikel-partikel kecil yang keluar dari kolom air. *Brachionus* sp. termasuk organisme yang mikroskopik, *filter feeding metazoan* (organisme multiseluler) yang tersusun kurang lebih 1000 sel.

C. Morfologi

Bentuk tubuh rotifer bilateral dan tidak bersegmen. Tubuhnya terdiri dari tiga bagian yaitu bagian kepala, badan dan kaki atau ekor. Pada bagian kepala terdapat enam duri. Bagian kaki atau ekor berakhir dengan belahan yang disebut jari. Tubuh rotifer dilapisi dengan kutikula yang disebut lorika (Barnes, 1987). Morfologi rotifer terdiri dari dua tipe, yaitu L (large) dengan ukuran panjang lorika 230-320 μm dan S (small) dengan ukuran panjang lorika 140-220 μm . Bentuk lorika tipe L lebih besar dan berbentuk agak lonjong dengan duri yang ramping dan tajam, sedangkan tipe S bentuk lorikanya lebih kecil dan agak bulat dengan duri anterior yang agak runcing (Rumengan, 1990). Kedua rotifer ini ditetapkan sebagai spesies yang berbeda karena berbeda secara genetik. Rotifer tipe L digolongkan pada *Brachionus plicatilis* dan rotifer tipe S diberi nama *B. rotundiformis* (Hagiwara dkk, 1995). Dua tipe rotifer yakni tipe S dan SS (*super small*) digunakan dalam pengembangan *hatchery* (Sim *et al.*, 2005).



Gambar 5. Anatomi dan Morfologi Rotifer
(Wallace dan Snell 1991 dalam Covich dan Throp, 1991)

D. Habitat

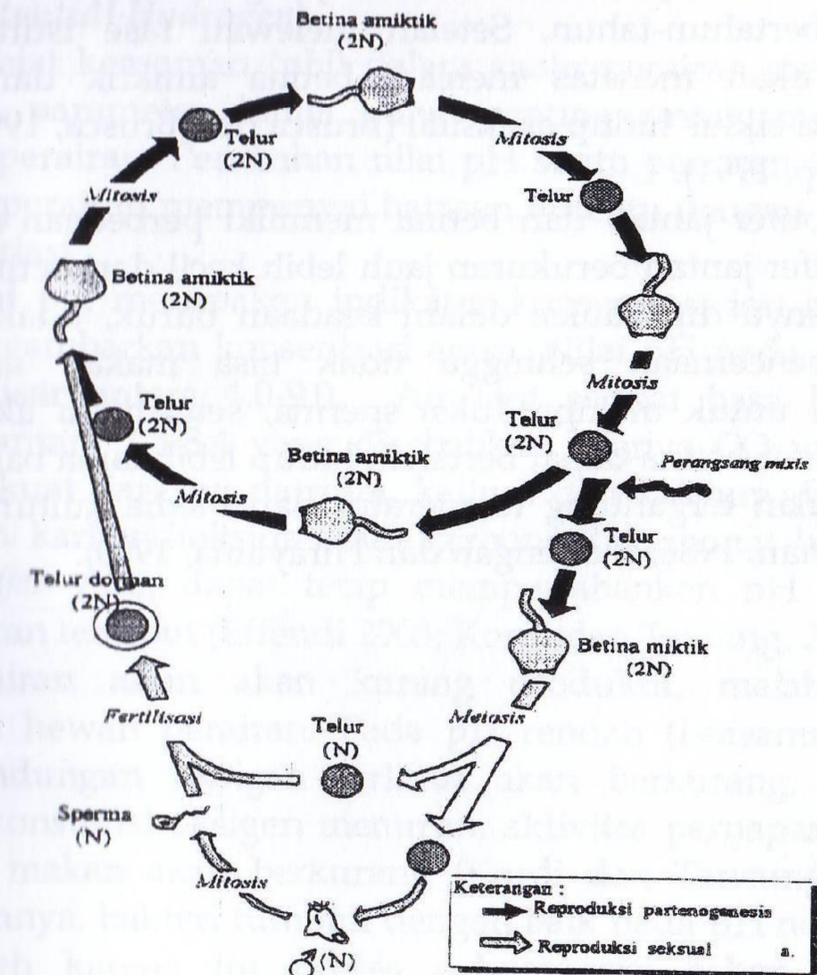
Rotifer ditemukan melimpah di perairan yang kaya akan nanoplankton dan detritus. Pertumbuhannya dipengaruhi kondisi lingkungan sekitarnya, yaitu salinitas dan suhu. Salinitas yang sesuai dengan kehidupan rotifer adalah 10-35‰ (Nogrady *et al*, 1993).

Rotifer dapat bertahan hidup pada suhu yang tinggi dan rendah. Pada suhu yang tinggi pertumbuhan rotifer sangat cepat tetapi cepat mati sedangkan pada suhu rendah pertumbuhannya lambat dan daya tahan hidupnya cukup lama (Rumengan, 1990).

E. Reproduksi

Rotifer memiliki keunikan yaitu menyangkut kemampuan bereproduksi secara partenogenesis atau peristiwa reproduksi individu betina yang menghasilkan telur tanpa kawin (Barnes, 1987). Pada pola reproduksi partenogenesis atau aseksual rotifer akan menghasilkan telur diploid (2N) yang kemudian akan menetas menjadi betina lagi melalui pembelahan mitosis. Individu betina tipe ini disebut amiktik. Telur amiktik berbentuk oval dan berwarna abu-abu. Telur-telur amiktik akan menetas menjadi betina amiktik kembali dan menghasilkan telur amiktik. Pola reproduksi ini berlangsung tanpa adanya jantan dan berlanjut

terus hingga pada saat kondisi lingkungan berubah (ekstrim), betina diinduksi untuk mengalami meiosis dan menghasilkan telur haploid atau pola reproduksi berubah menjadi seksual (Brusca dan Brusca, 1990). Pola reproduksi rotifer ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pola Reproduksi Rotifer (Modifikasi dari Birky, 1964)

Reproduksi secara seksual pada rotifer terjadi pada saat kondisi lingkungan yang memungkinkan. Ini ditandai dengan peristiwa dormansi yang merupakan adaptasi rotifer terhadap lingkungan yang buruk seperti kualitas makanan menurun, suhu dan salinitas meningkat. Kondisi ekstrim tersebut menyebabkan betina amiktik menghasilkan telur yang menetas menjadi betina miktik. Hasil fertilisasi ini akan menghasilkan telur dorman (*resting egg*) yang diploid namun jika tidak dibuahi akan menetas menjadi jantan haploid (Brusca dan Brusca, 1990). Peningkatan reproduksi betina miktik dan pembentukan telur dorman dipengaruhi karena adanya suhu dan salinitas yang ekstrim serta kandungan amonia bebas (Snell dan Boyer, 1988).

Telur dorman berukuran lebih besar dari telur amiktik, mempunyai rongga pada sisi telur, berbentuk oval, berwarna coklat atau oranye, tahan terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan karena memiliki dinding telur yang tebal. Telur ini berada pada fase istirahat yang cukup panjang bahkan sampai bertahun-tahun. Setelah melewati fase istirahat telur dorman akan menetas menjadi betina amiktik dan kembali memasuki siklus hidup aseksual (Brusca dan Brusca, 1990; Covich dan Throp, 1991).

Rotifer jantan dan betina memiliki perbedaan menyolok, yaitu rotifer jantan berukuran jauh lebih kecil dari betina. Rotifer jantan hanya diproduksi dalam keadaan buruk, tidak memiliki sistem pencernaan sehingga tidak bisa makan dan hanya berfungsi untuk memproduksi sperma, setelah itu akan segera mati. Rotifer betina dapat bertahan hidup lebih lama bahkan lebih dari sebulan tergantung temperatur dan media kulturnya (Snell dan Garman, 1986; Rumengan dan Hirayama, 1990).

Bagian V KUALITAS AIR

A. pH (*Potential Hydrogen*)

Derajat keasaman (pH) dalam suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang penting untuk memantau kestabilan perairan. Perubahan nilai pH suatu perairan terhadap organisme perairan mempunyai batasan tertentu dengan nilai pH yang bervariasi.

Nilai pH merupakan indikator konsentrasi ion hidrogen yang menggambarkan konsentrasi asam. Nilai pH pada perairan alami berkisar antara 4,0-9,0. Air laut sedikit basa biasanya bervariasi antara 7,5-8,4 yang disebabkan adanya CO₂ dan sifat basa yang kuat dari ion natrium, kalium dan kalsium dalam air laut. Sistem karbondioksida-asam karbonat-bikarbonat berfungsi sebagai *buffer* yang dapat tetap mempertahankan pH air laut dalam kisaran tersebut (Effendi 2003; Kordi dan Tanjung, 2007).

Perairan asam akan kurang produktif, malah dapat membunuh hewan perairan. Pada pH rendah (keasaman yang tinggi) kandungan oksigen terlarut akan berkurang, sebagai akibatnya konsumsi oksigen menurun, aktivitas pernapasan naik dan selera makan akan berkurang (Kordi dan Tancung, 2007). Pada umumnya, bakteri tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis. Oleh karena itu proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat pada kondisi pH netral dan alkalis (Effendi, 2003).

B. Amonia (NH₃)

Dalam air amonia terdapat dalam dua bentuk, yaitu NH₄⁺ atau biasa disebut Ionized Ammonia (IA) yang kurang beracun dan NH₃ atau Unionized Ammonia (UIA) yang beracun. Makin tinggi pH air, daya racun amonia semakin meningkat, sebab sebagian besar berada dalam bentuk NH₃. Secara biologis, di alam sebenarnya dapat terjadi perombakan amonia menjadi nitrat (NO₃), suatu bentuk yang tidak berbahaya, dalam proses nitrifikasi dengan bantuan bakteri nitrifikasi, terutama *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Selain memerlukan bakteri tersebut, dalam proses perombakannya diperlukan jumlah oksigen yang cukup di dalam air. Berikut proses nitrifikasi :

Telur dorman berukuran lebih besar dari telur amiktik, mempunyai rongga pada sisi telur, berbentuk oval, berwarna coklat atau oranye, tahan terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan karena memiliki dinding telur yang tebal. Telur ini berada pada fase istirahat yang cukup panjang bahkan sampai bertahun-tahun. Setelah melewati fase istirahat telur dorman akan menetas menjadi betina amiktik dan kembali memasuki siklus hidup aseksual (Brusca dan Brusca, 1990; Covich dan Throp, 1991).

Rotifer jantan dan betina memiliki perbedaan menyolok, yaitu rotifer jantan berukuran jauh lebih kecil dari betina. Rotifer jantan hanya diproduksi dalam keadaan buruk, tidak memiliki sistem pencernaan sehingga tidak bisa makan dan hanya berfungsi untuk memproduksi sperma, setelah itu akan segera mati. Rotifer betina dapat bertahan hidup lebih lama bahkan lebih dari sebulan tergantung temperatur dan media kulturnya (Snell dan Garman, 1986; Rumengan dan Hirayama, 1990).

Bagian V KUALITAS AIR

A. pH (*Potential Hydrogen*)

Derajat keasaman (pH) dalam suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang penting untuk memantau kestabilan perairan. Perubahan nilai pH suatu perairan terhadap organisme perairan mempunyai batasan tertentu dengan nilai pH yang bervariasi.

Nilai pH merupakan indikator konsentrasi ion hidrogen yang menggambarkan konsentrasi asam. Nilai pH pada perairan alami berkisar antara 4,0-9,0. Air laut sedikit basa biasanya bervariasi antara 7,5-8,4 yang disebabkan adanya CO₂ dan sifat basa yang kuat dari ion natrium, kalium dan kalsium dalam air laut. Sistem karbondioksida-asam karbonat-bikarbonat berfungsi sebagai *buffer* yang dapat tetap mempertahankan pH air laut dalam kisaran tersebut (Effendi 2003; Kordi dan Tanjung, 2007).

Perairan asam akan kurang produktif, malah dapat membunuh hewan perairan. Pada pH rendah (keasaman yang tinggi) kandungan oksigen terlarut akan berkurang, sebagai akibatnya konsumsi oksigen menurun, aktivitas pernapasan naik dan selera makan akan berkurang (Kordi dan Tancung, 2007). Pada umumnya, bakteri tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis. Oleh karena itu proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat pada kondisi pH netral dan alkalis (Effendi, 2003).

B. Amonia (NH₃)

Dalam air amonia terdapat dalam dua bentuk, yaitu NH₄⁺ atau biasa disebut Ionized Ammonia (IA) yang kurang beracun dan NH₃ atau Unionized Ammonia (UIA) yang beracun. Makin tinggi pH air, daya racun amonia semakin meningkat, sebab sebagian besar berada dalam bentuk NH₃. Secara biologis, di alam sebenarnya dapat terjadi perombakan amonia menjadi nitrat (NO₃), suatu bentuk yang tidak berbahaya, dalam proses nitrifikasi dengan bantuan bakteri nitrifikasi, terutama *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Selain memerlukan bakteri tersebut, dalam proses perombakannya diperlukan jumlah oksigen yang cukup di dalam air. Berikut proses nitrifikasi :

$29\text{NH}_4+37\text{O}_2+5\text{CO}_2$ Nitrosomonas $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}+28\text{NO}_2+57\text{H}+26\text{H}_2\text{O}$

$96\text{NO}_2+43\text{O}_2+5\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}$ Nitrobacter $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}+\text{H}^++96\text{NO}_3$

Kedua bakteri nitrifikasi tersebut tersebut memerlukan banyak oksigen 80% saturasi (jenuh) untuk proses yang normal. Amonia dalam air karena hasil kegiatan jasad renik di dalam pembusukan bahan organik yang kaya nitrogen (protein) (Kordi dan Tancung, 2007). Sumber amonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) oleh mikroba. Ditambahkan tinja dari biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak mengeluarkan amonia.

Toksisitas amonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, suhu. Jika kadar amonia bebas lebih dari 0,02 mg/l, maka perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan (Effendi, 2003).

C. Nitrit (NO_2)

Di perairan alami, nitrit biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan antara amonia dan nitrat (nitrifikasi), dan antara nitrat dan gas nitrogen (denitrifikasi). Denitrifikasi berlangsung pada kondisi anaerob.

Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik yang memiliki kadar oksigen terlarut sangat rendah. Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Perairan alami mengandung nitrit sekitar 0,001 mg/l. Kadar nitrit yang lebih dari 0,05 mg/l dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif (Moore, 1991 dalam Effendi, 2003). Bagi manusia nitrit bersifat lebih toksik daripada nitrat. Konsumsi nitrit yang berlebihan dapat mengakibatkan terganggunya proses pengikatan oksigen oleh hemoglobin darah, selanjutnya membentuk met-hemoglobin yang tidak mampu mengikat oksigen. Ditambahkan bahwa nitrit (NO_2) juga beracun terhadap ikan dan udang karena

mengoksidasi Fe^{2+} di dalam hemoglobin. Akumulasi nitrit di dalam perairan terjadi sebagai akibat tidak seimbangnya antara kecepatan perubahan dari nitrit menjadi nitrat dan dari amonia menjadi nitrit (Kordi dan Tancung, 2007).

D. Nitrat (NO_3)

Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi amonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Kedua jenis bakteri tersebut merupakan bakteri kemotrofik, yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi. Nitrat yang merupakan sumber nitrogen bagi tumbuhan selanjutnya dikonversi menjadi protein. Kadar nitrat di perairan yang tidak tercemar biasanya lebih tinggi daripada kadar amonium. Kadar nitrat-nitrogen pada perairan alami hampir tidak pernah lebih dari 0,1 mg/l. Nitrat tidak bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Konsumsi air yang mengandung nitrat yang tinggi akan menurunkan kapasitas darah untuk mengikat oksigen (Effendi, 2003).

E. Oksigen (O_2) Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen berperan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi yang dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrisi dan gas. Oksigen juga sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pernapasan. Organisme tertentu, seperti mikroorganisme, sangat berperan dalam menguraikan senyawa kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun.

Kekurangan oksigen dalam air dapat mengganggu kehidupan biota air, termasuk kecepatan pertumbuhannya.

Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk pernapasan biota air tergantung ukuran, suhu dan tingkat aktivitasnya (Kordi dan Tancung, 2007). Jumlah oksigen yang diperlukan bakteri dalam penguraian bahan organik di dalam lumpur tergantung dari konsentrasi dan banyaknya bahan organik yang terdapat pada dasar tambak (perairan). Suhu dan salinitas sangat berpengaruh terhadap kadar atau tinggi rendahnya kelarutan oksigen. Semakin tinggi salinitas maka semakin rendah kelarutan oksigen dalam air.

Menurut Huet (1970) dalam Salmin (2005), bahwa kadar oksigen dalam air laut akan bertambah dengan semakin rendahnya suhu dan berkurang dengan semakin tingginya salinitas. Kandungan oksigen terlarut tidak boleh kurang dari 1,7 ppm selama waktu 8 jam dengan sedikitnya pada tingkat kejenuhan sebesar 70%. KLH menetapkan bahwa kandungan oksigen terlarut adalah 5 ppm untuk kepentingan wisata bahari dan biota laut (Anonymous, 2004).

Konsentrasi oksigen terlarut berubah-ubah dalam siklus harian. Pada waktu fajar konsentrasi oksigen terlarut rendah dan semakin tinggi pada siang hari yang disebabkan oleh fotosintesis, sampai mencapai titik maksimal lewat tengah hari. Pada malam hari saat tidak terjadi fotosintesis, pernapasan organisme di dalam perairan memerlukan oksigen sehingga menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut (Kordi dan Tancung, 2007).

F. Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan (Boyd, 1988). Salinitas menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbon mengalami oksidasi, semua bromida dan iodida digantikan oleh klorida, dan semua bahan organik total telah dioksidasi. Salinitas perairan merupakan salah satu parameter ekologi yang penting mempengaruhi kehidupan organisme laut. Beveridge (1987), menyatakan bahwa salinitas berhubungan dengan hal kontrol dari tekanan osmotik yang dapat berpengaruh terhadap keseimbangan tubuh dari biotik akuatik, yaitu semakin tinggi kadar garam semakin besar pula tekanan osmotiknya.

G. Suhu Air

Suhu air dipengaruhi oleh musim, ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu

berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan.

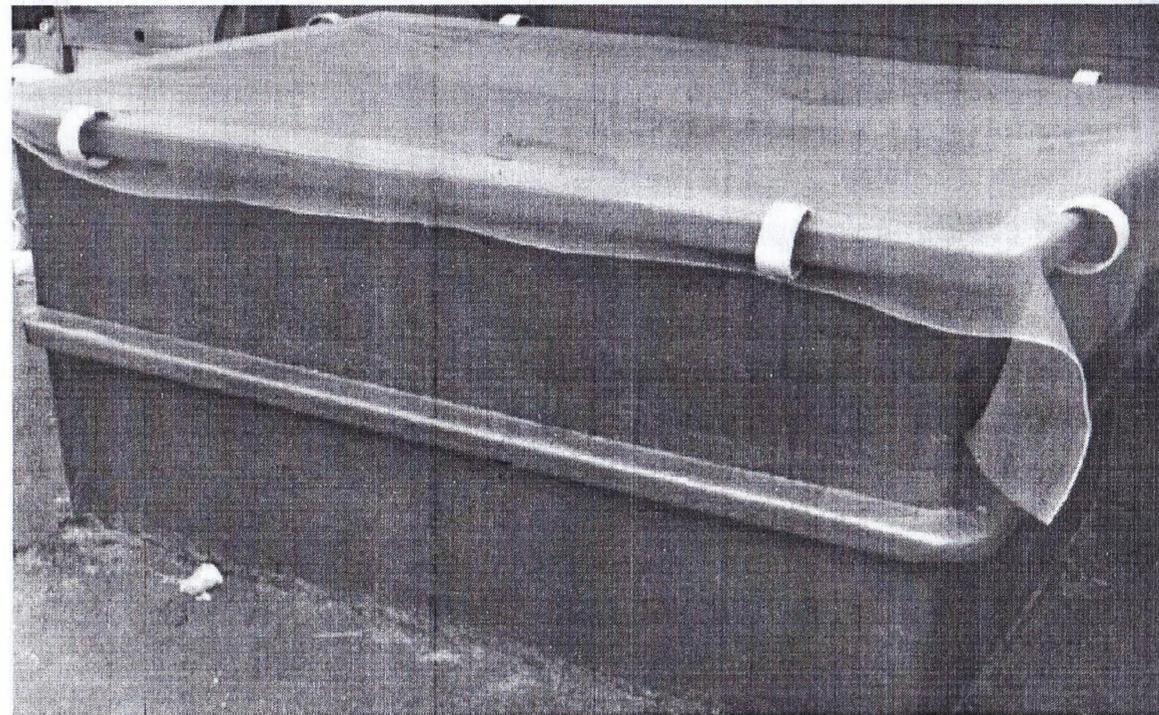
Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi serta menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air misalnya oksigen. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air, dan selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen. Peningkatan suhu perairan sebesar 10°C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2-3 kali lipat. Namun, peningkatan suhu ini disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut sehingga keberadaan oksigen seringkali tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen bagi organisme akuatik untuk melakukan proses metabolisme dan respirasi. Peningkatan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba (Effendi, 2003; Kordi, 2008). Kordi dan Tancung (2007), menyatakan bahwa suhu berbanding terbalik dengan konsentrasi jenuh oksigen terlarut, tetapi berbanding lurus dengan laju konsumsi oksigen biota air dan laju reaksi kimia dalam air.

Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20-30°C, sedangkan kisaran suhu optimal bagi kehidupan ikan di perairan tropis adalah antara 28-32°C. Perubahan suhu air yang drastis dapat mematikan biota air karena terjadi perubahan daya angkut darah (Kordi dan Tancung, 2007).

Bagian VI ANALISIS DAN APLIKASI

A. Peralatan dan Bahan

Alat-alat yang digunakan, yaitu wadah berupa bak untuk tempat kultur rotifer yang berukuran panjang 125 cm, lebar 81 cm dan tinggi 75 cm. Selain itu, peralatan lain meliputi botol sampel, *coolbox*, DO meter, pH meter, salinometer, termometer, timbangan analitik, *hotplate* dan *stirrer*, spatula, gelas ukur, Erlenmeyer, *volume pipettors*, pipet ukur, pipet tetes, bunsen, jarum Ose, cawan petri, tabung *Hach*, *Durham*, *autoclave*, *laminary air flow*, inkubator, oven, mikroskop, panci, kompor dan pompa air.



Gambar 7. Bak Sampel Rotifer

Bahan-bahan yang digunakan antara lain 0,2 kg ikan mentah (segar) berupa ikan *deho* (*Auxis thazard*) yang diperoleh dari pasar lokal, kemudian dibungkus dengan karung untuk dimasukkan ke dalam bak berisi air laut. Tujuannya untuk membuat medium tumbuh rotifer menggunakan hasil pembusukan ikan atau hasil-hasil penguraian oleh bakteri yang terjadi pada proses pembusukan tersebut. Selain itu, bahan lain yang digunakan yaitu *Media Nutrient Agar* (NA), *Nutrient Broth*

(NB), aquades, minyak imersi, larutan kristal violet, alkohol 70%, larutan safranin, larutan lugol, larutan H_2O_2 , kaldu karbohidrat (glukosa, fruktosa, laktosa dan sukrosa), *Motility Test Medium*, *Simmon Citrate Agar*, Reagen MR-VP, Reagen Tetramethyl-p-fenilenediamine dihydrochloride dan Reagen Kovac's.

B. Pengamatan Kepadatan Populasi Rotifer

Pengamatan kepadatan populasi rotifer yang dilakukan di lokasi pengambilan sampel diawali dengan persiapan bak kultur dan air laut. Bak yang digunakan untuk kultur massal rotifer diisi dengan air laut setinggi 67 cm. Air laut tersebut diambil dari perairan pantai teluk Poigar (± 200 meter dari lokasi pengambilan sampel) dengan menggunakan pompa air. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel air laut untuk analisis TPC dan kualitas air. Kemudian bak tersebut diisi ikan mentah sebagai media sumber pakan rotifer dan benih inokulan rotifer. Ikan mentah (ikan deho) yang digunakan sebanyak 0,2 kg yang diperoleh dari pasar lokal. Rotifer yang diinokulasi sebanyak 282.000 individu berasal dari kolam pekarangan yang berada di wilayah pesisir Poigar Minahasa Selatan. Rotifer yang diambil dari kolam pekarangan tersebut berasal dari perairan bekas tambak di Poigar Bolaang Mongondow. Medium kultur rotifer ini tidak diberi pakan mikroalga dan tidak diaerasi. Setelah itu mulai dilakukan pengamatan kepadatan populasi rotifer dengan mengambil sampel rotifer setiap 6 jam di lapisan permukaan (0-10 cm). Pengamatan dilakukan di bawah mikroskop (Nikon pembesaran 10x).

C. Pengambilan Sampel Bakteri

Tahapan pengambilan sampel bakteri yang dilakukan pada medium kultur massal rotifer yaitu pada saat kondisi awal atau air laut setelah diisi ke dalam bak (sampel A), kondisi awal kepadatan rotifer di permukaan bak medium (sampel B), pada kondisi awal kepadatan rotifer di dasar bak medium (sampel C), pada kondisi akhir kepadatan rotifer di permukaan bak medium (sampel D) dan kondisi akhir kepadatan rotifer di dasar bak medium (sampel E). Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan botol sampel yang telah disterilkan. Agar suhu air sampel tetap terkontrol pada saat dibawa ke laboratorium, botol sampel tersebut dimasukkan ke dalam *cool box*.

D. Pengujian Kualitas Air

Pengambilan sampel kualitas air dilakukan dengan botol sampel 600 ml yang telah disterilkan. Waktu pengambilan dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel bakteri. Botol yang telah berisi air hasil pengambilan dimasukkan ke dalam *cool box* untuk menjaga agar suhunya tetap terkontrol kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis (analisis kualitas air berupa amonia, nitrit dan nitrat dilakukan di *Water Laboratory Nusantara*).

- a. **pH.** Pengukuran pH dilakukan setiap 6 jam dan juga pada saat pengambilan sampel bakteri. Penentuan pH dengan menggunakan pH meter merek Lutron tipe pH-201 dilakukan dengan cara : pH meter dikalibrasi terlebih dahulu kemudian elektroda dicelupkan ke dalam sampel air lalu setelah beberapa saat (dalam kondisi stabil) hasil yang tertera dimonitor dicatat dengan kisaran dari 0 sampai 14.
- b. **Amonia.** Pengambilan sampel kualitas air untuk mengukur kadar amonia dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel bakteri. Penentuan amonia dalam air dilakukan dengan metode elektroda *Ammonia-Selective*. Umumnya sebelum dianalisis dengan metode tersebut, contoh air diatur dulu pH-nya sampai 9,5. Pengaturan pH ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan terhidrolisisnya senyawa organik yang mengandung N dan senyawa sianat (Kordi dan Tancung, 2007).
Metode elektroda selektif amonia dapat dilakukan sebagai berikut : Disiapkan larutan amonium klorida untuk dijadikan satu seri larutan standar. Elektrometer dikalibrasi lalu dimasukkan setiap larutan standar. Elektroda dicelupkan dalam standar konsentrasi terendah yang sementara dihomogenkan dengan magnetik stirer (dipertahankan pada suhu 25°C dan pH > 11). Prosedur diulangi dengan standar yang tepat yang dimulai dengan konsentrasi terendah sampai tertinggi. Selanjutnya persiapan kurva standar dengan menggunakan kertas grafik semilogaritmik, konsentrasi amonia diplot dalam mg NH₃-N per Liter. Kemudian meter ion spesifik dikalibrasi (seperti prosedur sebelumnya).

- e. **Nitrit.** Pengambilan sampel untuk uji kadar nitrit dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel bakteri. Penentuan nitrit dilakukan dengan metode spektrofotometer. Sampel yang akan diuji terlebih dahulu diukur pHnya lalu ditambahkan reagen warna kemudian dicampur hingga homogen. Antara 10 menit sampai 2 jam setelah penambahan reagen warna, sampel dan standar diukur penguapannya pada 543 nm.
- d. **Nitrat.** Pengambilan sampel air rotifer untuk uji kadar nitrat dilakukan juga pada saat pengambilan sampel bakteri. Pengujian secara spektrofotometer dilakukan sebagai berikut: larutan standar dikalibrasi dengan kepekatan 1, 2, 3, 4 dan 5 NO₃-N/l dengan cara dipipet 5, 10, 15, 20 dan 25 ml larutan standar nitrat ke dalam labu ukur. Sampel dipipet dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 1 ml HCl 1N ke dalam sampel dan larutan standar. Sampel dan larutan standar diamati dengan panjang gelombang 220 nm dan 275 nm.
- e. **DO.** Oksigen terlarut diukur dengan menggunakan DO meter merek Hach tipe HQ-40D. Terlebih dahulu alatnya dikalibrasi karena sangat menentukan akurasi hasil penentuan. Penggunaan DO meter dilakukan dengan menekan *power on* lalu ditunggu beberapa saat sampai angka dimonitor sudah stabil. Kemudian elektroda dicelupkan ke dalam sampel air. Jika setelah beberapa menit angka yang ditunjukkan lewat monitor sudah stabil maka dilanjutkan dengan pencatatan hasil pengukuran.
- f. **Salinitas.** Pengukuran salinitas dilakukan setiap 6 jam dan sewaktu pengambilan sampel bakteri. Penentuan salinitas dilakukan secara in situ dengan menggunakan salinometer merek lutron tipe YK-31SA. Skala yang ditunjukkan pada monitor merupakan nilai salinitas.
- g. **Suhu air.** Pengukuran terhadap suhu air dilakukan setiap 6 jam dan pada saat pengambilan sampel bakteri. Suhu air diukur dengan menggunakan termometer air raksa, yang dimasukkan ke dalam badan air ±3 menit kemudian dibaca skala yang tertera pada termometer.

E. Pengujian Bakteri

Metode TPC (*Total Plate Count*), yaitu suatu jenis uji secara bakteriologis yang dipergunakan sebagai indikator keberadaan mikroba pada suatu media. Perhitungan TPC bertujuan untuk mengetahui kepadatan bakteri dengan cara menghitung koloni bakteri yang tumbuh pada media NA.

Selanjutnya dilakukan isolasi dan identifikasi, yaitu koloni yang tumbuh secara bebas pada media NA dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang berisi media NA miring dengan menggunakan jarum Ose, kemudian diinkubasi pada suhu 25-37°C selama 24-48 jam. Biakan bakteri tersebut disimpan pada suhu dingin (5°C) sebagai kultur sediaan untuk digunakan pada uji selanjutnya. Bakteri yang telah diisolasi kemudian diidentifikasi dengan berpedoman pada buku *Bergey's of the Determinative Bacteriologi* (Holt *et al.*, 1994) dengan melakukan serangkaian pengujian, yakni pewarnaan Gram, motiliti, fermentasi karbohidrat, katalase, indol, *methyl red*, *Voges Proskauer*, sitrat, oksidase dan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri.

Bagian VII KONDISI LINGKUNGAN KULTUR ROTIFER

A. pH (*Potential Hydrogen*)

Hasil pengukuran nilai pH pada medium kultur massal rotifer selama penelitian berlangsung berada pada kisaran 7,07-8,07, seperti ditunjukkan pada Tabel 7. Nilai pH tersebut hampir sama seperti yang dilaporkan oleh Sumiarsa *dkk.*, (1996) bahwa nilai pH pada medium rotifer (*B. rotundiformis*) cenderung menurun mengalami penurunan dari 9,4 menjadi 7,5. Sementara kondisi pH di atas 7,0 ditemukan untuk medium rotifer (*Brachionus plicatilis*) seperti yang dilaporkan oleh Suantika *et al.*, (2001). Bervariasi nilai pH dalam media kultur rotifer dapat disebabkan oleh akumulasi sisa-sisa senyawa metabolit yang dihasilkan baik oleh rotifer maupun oleh bakteri yang ada dalam medium tersebut. Penurunan pH air (asam) seiring dengan penurunan DO, sedangkan tingginya pH dan suhu air sebanding dengan tingginya kadar NH₃ (Kordi, 2009). Pada proses perubahan senyawa amonia menjadi senyawa nitrat membutuhkan banyak oksigen, proses ini menjadi salah satu sumber menurunkan derajat keasaman karena melepaskan ion hidrogen.

Kualitas air laut bagi kehidupan biota perairan dengan kisaran pH 6,5-8,5 (Anonimous, 2004). Bakteri umumnya tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis. Oleh karena itu proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat pada kondisi pH netral dan alkalis (Effendi, 2003). *Halococcus* sp. pada penelitian Goh *et al.* (2006) dapat tumbuh dilingkungan pH 4,0-9,0, dan tumbuh optimal pada pH 6,0 (Wang *et al.*, 2007).

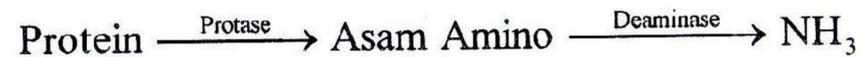
Tabel 7. Hasil pengukuran pH pada medium kultur massal rotifer

Sampel	pH
A	8,07
B	7,07
C	7,2
D	7,41
E	7,4

Keterangan : A= Sampel air laut; B dan C= Siklus awal kepadatan rotifer; D dan E= Siklus akhir kepadatan rotifer

B. Amonia (NH₃)

Hasil pengukuran kadar amonia pada medium kultur massal rotifer dapat dilihat pada Tabel 8. Kondisi awal (sampel air laut) menunjukkan kadar amonia sebesar 0.02 mg/l, tetapi setelah ditambahkan ikan mentah ke dalam bak kultur maka kadarnya meningkat menjadi 0.72 mg/l. Peningkatan ini terjadi akibat pembusukan ikan mentah. Protein pada ikan tersebut mengalami penguraian menjadi asam-asam amino dan selanjutnya menjadi amonia. Berikut reaksi umum penguraian protein oleh bakteri :



Amonia merupakan hasil proses metabolisme atau hasil dekomposisi protein maupun sisa pakan atau plankton yang mati. Amonia meningkat sebanding dengan peningkatan suhu dan pH. Jika kadar amonia bebas lebih dari 0.02 mg/l, maka perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan (Effendi, 2003). Pada medium kultur rotifer terjadi peningkatan kadar amonia karena disebabkan oleh penguraian bakteri terhadap protein pada daging ikan mentah. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 9, bahwa nilai TPC pada pengambilan sampel C mencapai 7.5×10^2 CFU/ml dan nilai TPC untuk pengambilan sampel E dapat mencapai 2.7×10^4 CFU/ml. Kadar amonia terus meningkat seiring dengan peningkatan mikroba pengurai. Bila kadar amonia di luar batas toleransi rotifer atau terjadi kondisi ekstrim di dalam medium kultur rotifer maka kepadatan rotifer mengalami penurunan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5, bahwa pada jam ke-60 kepadatannya menurun, sama halnya pada jam ke-144 setelah pengambilan sampel E. Namun kadar amonia tersebut terjadi perombakan menjadi nitrit kemudian nitritnya cepat dirubah oleh bakteri menjadi nitrat yang tidak bersifat toksik. Total NH₃ pada medium rotifer (*B. rotundiformis*) pada penelitian Sumiarsa dkk. (1996) berkisar 0.031-0.345 mg/l, sedangkan pada penelitian Fulks dan Main (1991) untuk *B. plicatilis* sebesar 1 mg/l.

Tabel 8. Hasil pengukuran kadar amonia pada medium kultur massal rotifer

Sampel	NH ₃ (mg/l)
A	0.02
B	0.72
C	0.58
D	2
E	2

Keterangan : A= Sampel air laut; B dan C= Siklus awal kepadatan rotifer; D dan E= Siklus akhir kepadatan rotifer

C. Nitrit (NO₂)

Hasil yang diperoleh terhadap pengukuran kadar nitrit pada medium kultur massal rotifer sangat berfluktuatif (Tabel 9). Kadar nitrit pada sampel air laut (A) sebesar 0.002 mg/l lalu terjadi peningkatan pada sampel B sebesar 0.004 mg/l. Kadar nitrit terus meningkat mencapai 0.01 mg/l pada pengambilan sampel E. Namun kadar tersebut belum bersifat toksik. Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis perombakan bahan organik. Proses perombakan amonia menjadi nitrit dan kemudian nitritnya dirubah cepat menjadi nitrat yang dilakukan oleh bakteri aerob. Peairan alami mengandung nitrit sekitar 0.001 mg/l. Kadar nitrit yang lebih dari 0.05 mg/l dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif (Moore, 1991 dalam Effendi, 2003).

Tabel 9. Hasil pengukuran kadar nitrit dalam medium kultur massal rotifer

Sampel	NO ₂ (mg/l)
A	0.002
B	0.004
C	0.002
D	0.02
E	0.01

Keterangan : A= Sampel air laut; B dan C= Siklus awal kepadatan rotifer; D dan E= Siklus akhir kepadatan rotifer

D. Nitrat (NO₃)

Hasil pengukuran kadar nitrat pada medium kultur massal rotifer pada air laut sebesar 0.023 mg/l kemudian kadarnya meningkat pada pengambilan sampel B (0.059) dan C (0.04). Pada pengambilan sampel D dan E kadar nitrat makin meningkat sebesar 1.8 mg/l dan 1.7 mg/l (Tabel 10). Peningkatan ini terjadi

seiring dengan peningkatan kadar amonia. Kadar nitrat-nitrogen pada perairan alami hampir tidak pernah lebih dari 0,1 mg/l. Nitrat tidak bersifat toksik terhadap organisme akuatik (Effendi, 2003). Potensial racun dari senyawa amonia khususnya yang tidak terionisasi menjadi nitrat (yang tidak toksik) dirubah oleh bakteri aerob.

Tabel 10. Hasil Pengukuran kadar nitrat pada medium kultur massal rotifer

Sampel	NO ₃
A	0.023
B	0.059
C	0.04
D	1.8
E	1.7

Keterangan : A= Sampel air laut; B dan C= Siklus awal kepadatan rotifer; D dan E= Siklus akhir kepadatan rotifer

E. Oksigen (O₂) Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Hasil pengukuran kadar DO pada medium kultur massal rotifer (Tabel 11) menunjukkan hasil yang bervariasi karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Kadar DO sampel air laut (A) sebesar 4.88 mg/l, setelah ditambahkan ikan mentah kadar DO sebesar 3.105 mg/l pada sampel B dan 0.47 mg/l pada sampel C. Hal ini diduga dipengaruhi oleh aktivitas biologi yang mulai terjadi di dalam medium kultur. Kadar oksigen terlarut pada sampel D dan E sebesar 0.6 mg/l dan 0.83 mg/l.

Rendahnya kadar DO disebabkan karena tidak adanya aerasi yang dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam media. Meningkatnya populasi organisme dalam hal ini bakteri dan rotifer yang membutuhkan oksigen berpengaruh pula terhadap rendahnya kadar DO pada media kultur. Hal ini dapat dilihat pada pada Tabel 9, bahwa kepadatan mikroba terus meningkat pada pengambilan sampel B sebesar 2.5×10^2 CFU/ml dan pengambilan sampel D sebesar 5.2×10^3 CFU/ml, sedangkan pada Gambar 5 terlihat bahwa kepadatan rotifer juga meningkat, pada pengambilan sampel B sebesar 472 ind/ml dengan kadar DO 3.105 mg/l dan pengambilan sampel D sebesar 1383 ind/ml dengan kadar DO sebesar 0.6 mg/l. Rotifer merupakan hewan yang tahan terhadap kekurangan oksigen. Menurut Sumiarsa dkk., (1996), bahwa oksigen terlarut pada kualitas air rotifer (*B. rotundiformis*) menurun dari 6.8 mg/l-3.7 mg/l. Rotifer (*B.*

plicatilis) hidup pada kadar DO yang optimum 2-7 mg/l (Fulks dan Main, 1991).

Pada proses oksidasi amonia menjadi nitrat dibutuhkan banyak oksigen, sedangkan reduksi nitrat menjadi nitrit biasanya berjalan optimal pada kondisi tidak ada oksigen. Ketersediaan oksigen menentukan aktivitas maupun laju pertumbuhan biota air. Boyd (1982), menyatakan bahwa konsumsi oksigen oleh organisme perairan bervariasi pada setiap spesies, ukuran, suhu, aktivitas, tingkat makanan. Konsentrasi oksigen terlarut berubah-ubah dalam siklus harian berkaitan dengan aktivitas fotosintesis dan respirasi. Pada waktu fajar konsentrasi oksigen terlarut rendah dan semakin tinggi pada siang hari disebabkan oleh fotosintesis (Kordi dan Tancung, 2007).

Tabel 11. Hasil pengukuran kadar DO pada medium kultur massal rotifer

Sampel	DO (mg/l)
A	4.88
B	3.105
C	0.47
D	0.6
E	0.83

Keterangan : A= Sampel air laut; B dan C= Siklus awal kepadatan rotifer; D dan E= Siklus akhir kepadatan rotifer

F. Salinitas

Hasil pengukuran salinitas ditunjukkan pada Tabel 12. Sebaran salinitas pada tiap pengambilan sampel diperoleh nilai yang hampir sama yaitu dari 20-30‰. Kondisi ini berpengaruh positif terhadap kepadatan populasi rotifer, bahwa untuk masing-masing pengambilan sampel rotifer pada jam ke-36 sebesar 472 ind/ml dan pada jam ke-138 mencapai 1383 ind/ml. *B. rotundiformis* dapat mentolerir salinitas pada kisaran 28-31‰ (Sumiarsa dkk., 1996), sedangkan *B. plicatilis* dapat mentolerir salinitas pada kisaran 10-60‰ (Fulks dan Main, 1991). Kualitas air laut dalam baku mutu bagi kehidupan biota perairan untuk salinitas adalah 35‰ (Anonymous, 2004).

Sebagian bakteri dapat menyesuaikan diri terhadap kadar garam tinggi atau halofilik (Suriawiria, 2008). Penyesuaian dilihat pada hasil TPC untuk total koloni mikroba yang ada pada medium kultur massal rotifer. Peningkatan jumlah mikroba terus meningkat dengan sebaran salinitas 20-30‰.

Tabel 12. Hasil pengukuran salinitas pada medium kultur massal rotifer

Sampel	Salinitas (‰)
A	30
B	20.1
C	20
D	20.5
E	20.3

Keterangan : A= Sampel air laut; B dan C= Siklus awal kepadatan rotifer; D dan E= Siklus akhir kepadatan rotifer

G. Suhu Air

Hasil pengukuran terhadap suhu air medium kultur massal rotifer dapat dilihat pada Tabel 13. Suhu air pada bak medium menunjukkan hasil bervariasi, pada pengambilan sampel A yang dilakukan pagi hari suhu airnya sebesar 32°C. Kondisi suhu air pada pengambilan sampel B sebesar 30°C dan sampel C sebesar 29°C. Waktu pengambilan sampel B dan C dilakukan bersamaan pada sore hari, tetapi suhu airnya berbeda. Hal ini disebabkan oleh lapisan (kedalaman) air yang berbeda. Bakteri yang hidup baik pada suhu optimum antara 25°C sampai 37°C merupakan bakteri mesofil (Suriawiria, 2008). Kondisi medium kultur rotifer dengan suhu tersebut sangat cocok bagi kehidupan bakteri atau mikroba, sehingga kepadatan mikroba terus meningkat mencapai 2.7×10^4 CFU/ml. *Halococcus* sp. dapat tumbuh pada suhu 37°C (Goh *et al.*, 2006), sedangkan rotifer juga terus mengalami peningkatan kepadatan, meskipun pada kondisi tertentu mengalami penurunan populasi kepadatan. Suhu yang baik untuk kultur rotifer adalah 26-29°C (Sumiarsa *dkk.*, 1996).

Tabel 13. Hasil pengukuran suhu air pada medium kultur massal rotifer

Sampel	Suhu (°C)
A	32.1
B	30
C	29
D	29
E	29

Keterangan : A= Sampel air laut; B dan C= Siklus awal kepadatan rotifer; D dan E= Siklus akhir kepadatan rotifer

Bagian VIII KEPADATAN POPULASI ROTIFER PADA MEDIUM KULTUR

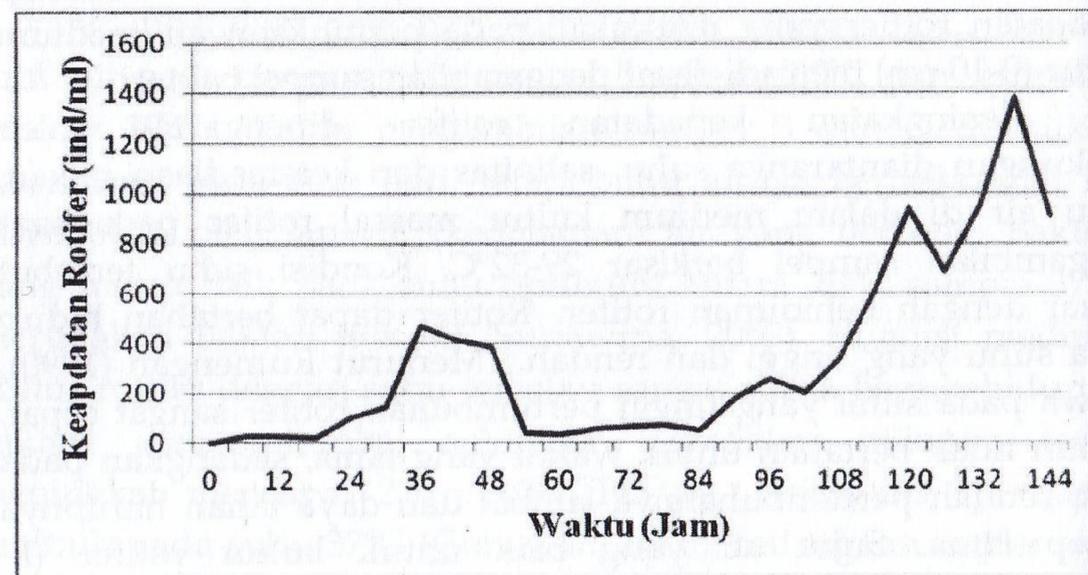
Hasil pemantauan kepadatan rotifer yang dilakukan setiap 6 jam. Pengamatan terhadap kepadatan populasi rotifer pada hari pertama terjadi kenaikan mencapai 400-an individu dan pada hari kelima (jam 12 malam) kepadatannya naik hingga mencapai 1300-an individu. Kepadatan rotifer naik mencapai 472 ind/ml pada jam ke-36 dan kepadatan maksimumnya mencapai 1383 ind/ml pada jam ke-138. Berdasarkan hasil pemantauan terhadap kepadatan rotifer yang dilakukan pada permukaan air medium kultur (0-10 cm) menjadi dasar pengambilan sampel bakteri.

Peningkatan kepadatan rotifer dipengaruhi oleh lingkungan diantaranya suhu, salinitas dan ketersediaan pakan. Suhu air di dalam medium kultur massal rotifer pada saat pengambilan sampel berkisar 29-32°C. Kondisi suhu tersebut sesuai dengan kehidupan rotifer. Rotifer dapat bertahan hidup pada suhu yang tinggi dan rendah. Menurut Rumengan (1990), bahwa pada suhu yang tinggi pertumbuhan rotifer sangat cepat, namun tidak bertahan untuk waktu yang lama, sedangkan pada suhu rendah pertumbuhannya lambat dan daya tahan hidupnya cukup lama. Suhu air yang baik untuk kultur rotifer (*B. rotundiformis*) berkisar 26-39°C (Sumiarsa *dkk.*, 1996).

Kisaran pengukuran salinitas pada medium kultur massal rotifer pada penelitian ini sebesar 20-30‰. Kondisi salinitas tersebut sesuai dengan kehidupan rotifer. Sumiarsa *dkk.* (1996), menyatakan bahwa *B. rotundiformis* dapat mentolerir salinitas 28-31‰, sedangkan *B. plicatilis* dapat mentolerir salinitas pada kisaran 10-60‰ (Fulks dan Main, 1991). Ketersediaan pakan yang cukup juga mempengaruhi kehidupan rotifer. Saat sebelum ikan mentah dimasukkan, nilai kepadatan populasi rotifer belum meningkat, namun setelah berselang 24 jam mulai terlihat kenaikan kepadatan rotifer. Kondisi medium setelah ikan mentah dimasukkan terjadi perubahan disebabkan terurainya bahan-bahan organik pada daging ikan yang dilakukan oleh bakteri. Rumengan *dkk.* (2007), menyatakan bahwa rotifer ditemukan pada

kondisi lingkungan yang berubah-ubah atau kondisi yang tidak stabil termasuk pada lingkungan dengan kandungan bahan organik yang tinggi.

Kurva kepadatan rotifer menunjukkan pada jam ke-48 kepadatannya mulai menurun, ini disebabkan karena terjadi perubahan kondisi lingkungan yang merubah sistem reproduksi rotifer. Kandungan amonia bebas serta adanya suhu dan salinitas yang ekstrim sangat berpengaruh terhadap reproduksi rotifer (Snell dan Boyer, 1988). Penurunan kepadatan rotifer selain disebabkan oleh sistem reproduksi rotifer karena pengaruh kondisi lingkungan, juga kemungkinan adanya kontaminan mikroorganisme lain seperti siliata yang walaupun hanya dalam jumlah kecil dapat menurunkan populasi rotifer yang masih mulai berkembang.



Gambar 8. Kepadatan rotifer pada lapisan permukaan (0-10 cm) di bak kultur

Bagian IX TOTAL KOLONI BAKTERI PADA MEDIUM KULTUR MASSAL ROTIFER

Hasil yang diperoleh dari total koloni bakteri sampel air laut (A) yang diambil dari bak kultur massal rotifer menunjukkan nilai 3.5×10^3 CFU/ml; sedangkan nilai total koloni bakteri pada sampel siklus awal kepadatan rotifer di permukaan bak medium kultur (B) yaitu 2.5×10^2 CFU/ml dan di dasar bak medium kultur massal rotifer (C) yakni 7.5×10^2 CFU/ml. Nilai TPC pada sampel siklus akhir kepadatan rotifer di permukaan bak medium kultur (D) yaitu 5.2×10^3 CFU/ml dan di dasar (E) yaitu 2.7×10^4 CFU/ml.

Hasil pengambilan sampel B dan C yang dilakukan pada saat populasi rotifer naik mencapai 472 ind/ml menunjukkan perbedaan nilai TPC yaitu sampel C lebih tinggi dibandingkan sampel B. Hal ini diduga dipengaruhi oleh adanya sumber substrat bakteri yang terdapat di dasar bak medium. Perbedaan nilai TPC terlihat juga pada sampel D dan E yang pengambilan sampelnya dilakukan pada saat kepadatan rotifer mencapai 1383 ind/ml. Angka TPC tertinggi pada sampel E berkaitan langsung dengan kegiatan bakteri dalam menguraikan bahan organik dalam suatu medium (dasar bak medium). Tersedianya substrat (ikan mentah) yang terkumpul di dasar bak memicu peningkatan jumlah bakteri. Bakteri menggunakan hasil penguraian daging ikan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya sehingga populasinya makin bertambah. Menurut Leksono dan Amin (2001), bahwa jumlah bakteri pada ikan semakin meningkat seiring dengan waktu, dikarenakan lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan bakteri yang menyebabkan bakteri tersebut dapat tumbuh secara maksimal. Kondisi medium berdasarkan hasil pengukuran kadar amonia yang semakin meningkat memperkuat adanya penguraian oleh bakteri. Amonia bersifat toksik bagi beberapa biota air,

namun kadar amonia pada penelitian ini masih baik bagi kehidupan rotifer. Rotifer dapat berkembang biak dengan baik pada kadar amonia dengan kisaran sebesar 0.031-0.345 mg/l (Sumiarsa *dkk.*, 1996).

Tabel 14. Hasil Total koloni bakteri (TPC)

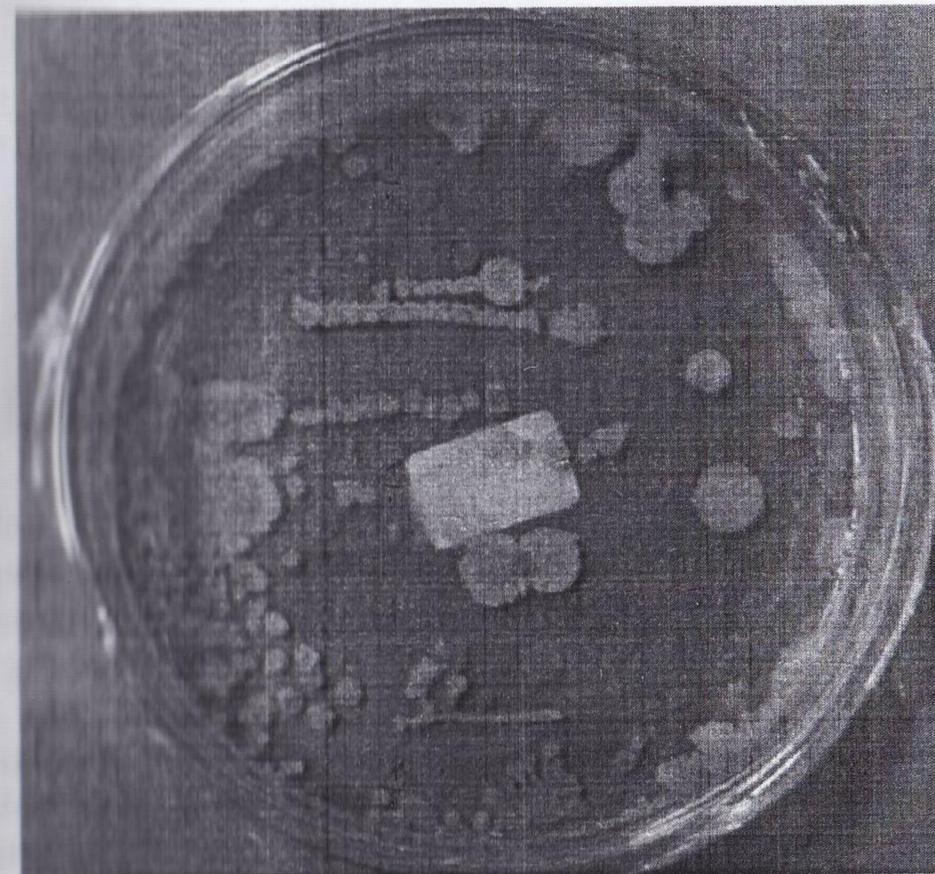
Sampel	Kepadatan rotifer (ind/ml)	Nilai TPC (CFU/ml)
A	0	3.5×10^2
B	472	2.5×10^2
C		7.5×10^2
D	1383	5.2×10^3
E		2.7×10^4

Sumber : Dali (2013a)

Keterangan : A= Sampel air laut; B dan C= Siklus awal kepadatan rotifer; D dan E= Siklus akhir kepadatan rotifer; CFU= Colony Forming Unit

Bagian X KARAKTERISTIK BAKTERI HASIL IDENTIFIKASI PADA MEDIUM KULTUR MASSAL ROTIFER

Karakteristik koloni bakteri yang tumbuh secara bebas pada media NA seperti ditunjukkan pada Gambar 9 dengan bentuk atau warnanya berbeda dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang berisi media NA miring.

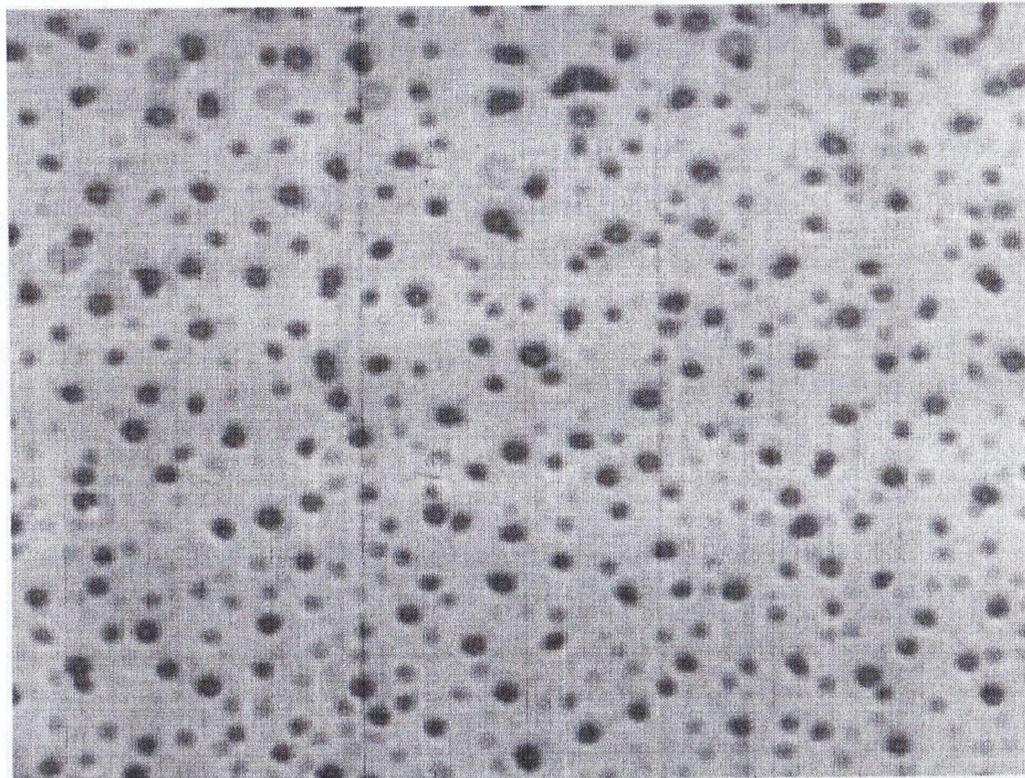


Gambar 9. Penampakan koloni bakteri pada media NA

Berdasarkan hasil pengamatan morfologi koloni pada media NA ada yang besar dan kecil, bentuk permukaannya rata dan melengkung, bentuk tepiannya ada yang bulat utuh dan bergerigi serta umumnya berwarna putih kekuningan (krem). Bakteri yang telah diinokulasi ke NA miring dijadikan sebagai stok untuk kemudian dilakukan serangkaian uji fisiologis dan biokimia, yaitu :

Pewarnaan Gram

Hasil pewarnaan Gram yang dilakukan terhadap 97 isolat menunjukkan 87 isolat Gram-negatif dan sisanya bersifat Gram-positif dengan bentuk hampir semuanya kokus. Visualisasi dari pewarnaan Gram dapat dilihat pada Gambar 10.



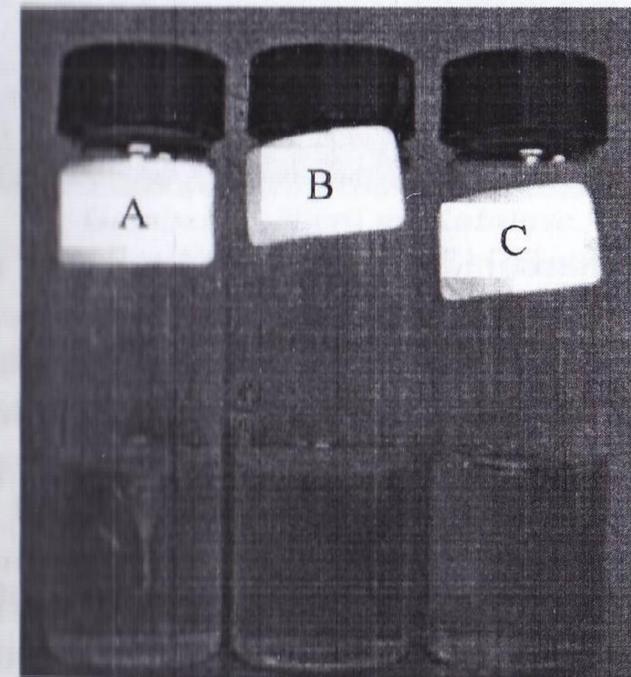
Gambar 10. Hasil pewarnaan Gram (Gram negatif kokus)

Pengelompokan bakteri dapat dilakukan dengan melihat perbedaan dalam struktur dinding selnya. Bakteri Gram-negatif tidak dapat mempertahankan zat warna kristal ungu pada uji pewarnaan Gram. Bakteri Gram-positif memiliki dinding sel terluar yang terdiri dari lapisan peptidoglikan tebal, jika saat diberikan larutan kristal ungu kemudian diberi larutan lugol maka akan terbentuk kompleks kristal ungu dan yodium yang melekat kuat pada dinding selnya. Persenyawaan kompleks ini tidak terbentuk pada bakteri Gram-negatif yang diduga disebabkan adanya perbedaan kandungan asam teikoat antara bakteri Gram-positif dan Gram-negatif (Lay, 1994). Struktur dinding sel golongan arkaebakteria tidak memiliki peptidoglikan sesungguhnya seperti pada kelompok bakteri eubakteri (Ijong, 2009). Kandungan yang terdapat pada dinding selnya berupa heteropolisakarida yang berikatan dengan sulfat dan *N-acetylated* gula atau asam amino.

Halococcus morrhuae memiliki dinding sel yang mengandung glukosa, mannososa, galaktosa, asam glukoronik, asam galakturonik, glukosamin, asam gulosaminuronik, asam aminouronik (Sterber dan Schleifer, 1975; Fendrihan *et al.*, 2006; Eicher *et al.*, 2010). Hasil uji pewarnaan Gram umumnya ditemukan Gram negatif berbentuk kokus. Holt *et al.*, (1994), menyatakan bahwa kelompok *Halococcus* bersifat Gram negatif atau Gram-variatif dengan bentuk yang berubah-ubah (tunggal atau berpasangan). Hasil penelitian ini didukung oleh Goh *et al.* (2006), bahwa selnya berbentuk kokus tunggal atau berpasangan dan bersifat Gram negatif.

Motiliti

Hasil uji motiliti terhadap 97 isolat menunjukkan 61 isolat positif dan 36 isolat negatif. Hasil uji motiliti nampak pada Gambar 11.

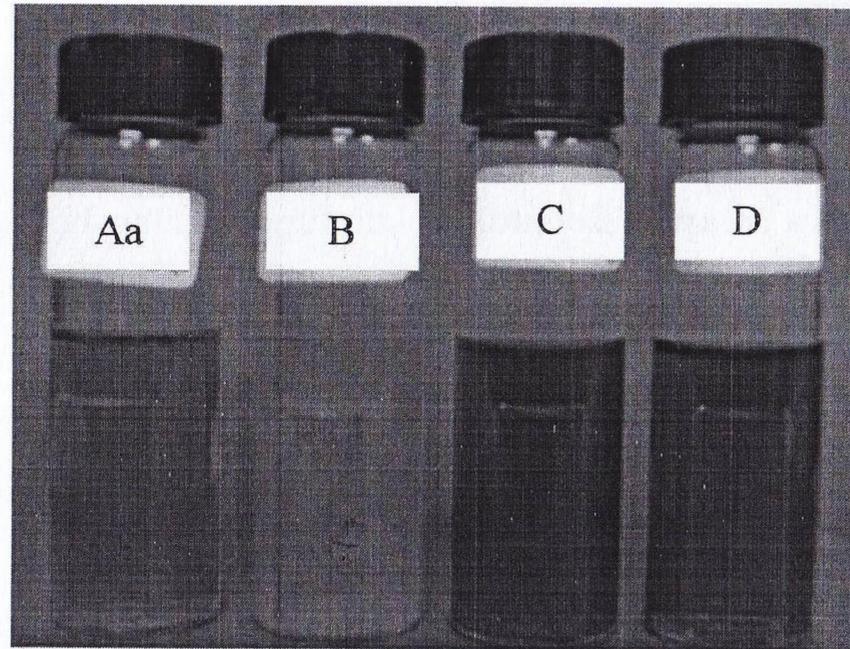


Gambar 11. Hasil uji Motiliti. A = Positif; B = Negatif; C = Kontrol

Hasil positif ditandai dengan pertumbuhan melebar pada bagian tengah akibat tusukan jarum pada media. Bakteri yang dapat melakukan pergerakan (motil) mengindikasikan bahwa bakteri tersebut memiliki flagela. Flagela terletak pada ujung atau permukaan selnya. Holt *et al.* (1994), menyatakan bahwa secara motilitas umumnya *Halococcus* sp. bersifat non motil. Golongan arkae ini bila bersifat motil dengan menggunakan flagela polar.

Fermentasi Karbohidrat

Hasil uji fermentasi karbohidrat terhadap 97 isolat memberikan respon yang bervariasi, umumnya dapat memfermentasi karbohidrat. Hasil ujinya ditunjukkan pada Gambar 12.



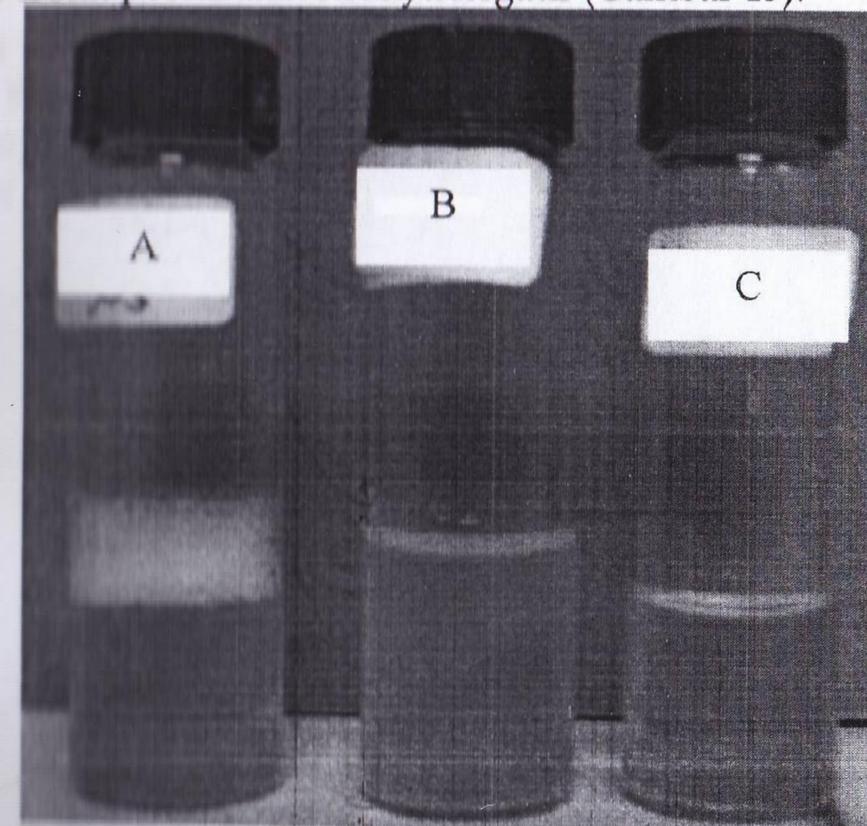
Gambar 12. Hasil uji Fermentasi Karbohidrat.
A = Asam; B = Asam dan Gas; C = Negatif; D = Kontrol

Fermentasi karbohidrat bila hasilnya negatif menunjukkan bahwa bakteri tersebut menggunakan nutrisi lain sebagai sumber energi antara lain adalah pepton. Terbentuknya asam atau asam dan gas sebagai indikator bahwa bakteri yang ditemukan pada penelitian ini merupakan jenis bakteri yang bersifat homofermentatif dan heterofermentatif. Menurut Frazier dan Westhoff (1988), bahwa bila bakteri mampu memfermentasi karbohidrat dapat menghasilkan asam termasuk tipe homofermentatif dan bila diikuti dengan pembentukan gas CO_2 termasuk bakteri tipe heterofermentatif.

Uji fermentasi karbohidrat bisa digunakan untuk membedakan *Halococcus* sp. Holt *et al.* (1994), menyatakan bahwa *H. morrhuae* bersifat negatif pada fermentasi glukosa dan laktosa, sedangkan *H. saccharolyticus* memberikan hasil yang positif. Hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Nada *et al.* (2011), bahwa diantara jenis *Halococcus* sp. yang bersifat negatif terhadap fermentasi karbohidrat (glukosa atau dan laktosa) yaitu *H. morrhuae*.

Katalase

Uji katalase yang dilakukan terhadap 97 isolat diperoleh hasil 85 isolat positif dan sisanya negatif (Gambar 13).

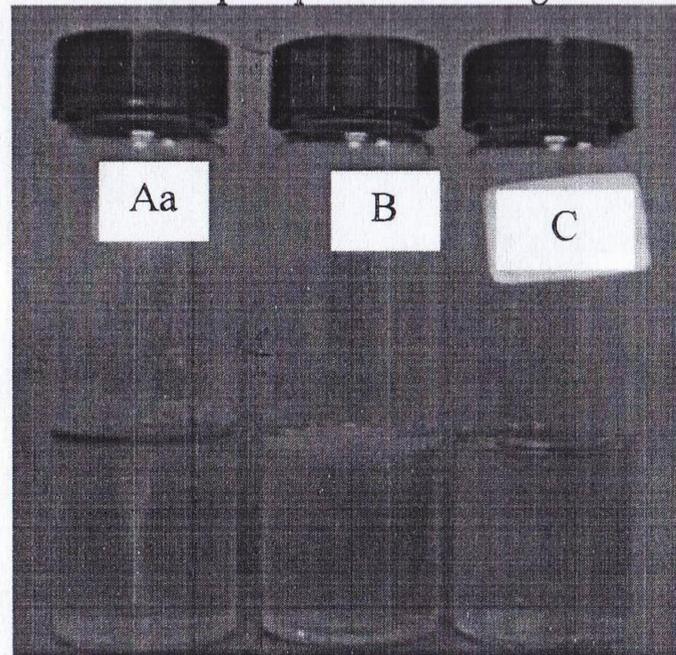


Gambar 13. Hasil uji Katalase.
A = Positif; B = Negatif; C = Kontrol

Umumnya bakteri yang dihasilkan bersifat katalase positif. *Halococcus* sp. bersifat aerobik (Holt *et al.*, 1994). Pada kondisi aerobik, terbentuknya H_2O_2 tidak memberikan dampak negatif bagi pertumbuhan bakteri aerob dan anaerobik fakultatif. Cappuccino dan Sherman (1992), menyatakan bahwa bakteri yang tidak menghasilkan katalase menggambarkan bakteri yang hanya dapat hidup pada kondisi anaerobik. *H. saccharolyticus* sebanyak 73 isolat positif dan 4 isolat negatif ; *H. morrhuae* sebanyak 7 isolat positif dan 3 isolat negatif. Penelitian yang dilakukan menghasilkan katalase dari kedua spesies tersebut bersifat positif. Pada penelitian yang dilakukan Goh *et al.* (2006), bahwa semua strain hasil uji katalasenya positif.

Indol

Hasil uji indol pada Gambar 14 menunjukkan stok bakteri ada yang memberikan respon positif dan negatif.



Gambar 14. Hasil uji Indol.
A = Positif; B = Negatif; C = Kontrol

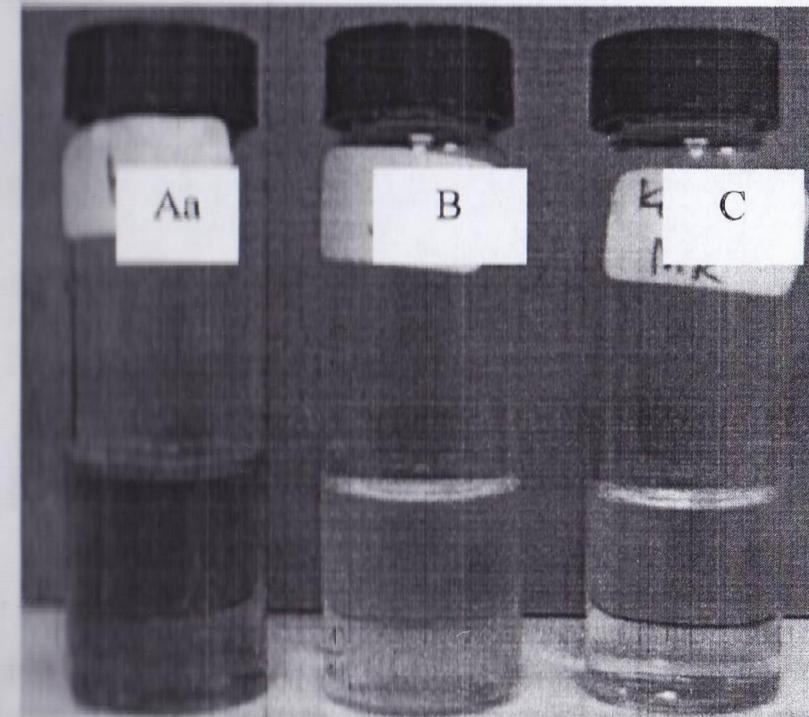
Hasil positif menunjukkan bahwa ada bakteri yang dapat menghasilkan enzim triptofanase sebagai katalis pengurai triptofan menjadi gugus indol. Asam amino triptofan merupakan komponen asam amino yang lazim terdapat pada protein, sehingga asam amino ini dengan mudah dapat digunakan oleh mikroorganisme sebagai akibat penguraian protein. Mikroorganisme dalam hal ini bakteri tergolong bakteri pembusuk karena memecah komponen protein. Lay (1994), menyatakan bahwa jika hasil positif, reagen yang diberikan dalam media biakan bakteri akan bereaksi dengan indol dan menghasilkan senyawa yang tidak larut dalam air dan berwarna merah pada permukaan medium.

Ijong (2003b), mengatakan pula bahwa komposisi reagens Kovac's yang terdiri dari *p*-dimetilamino-bensaldehida, butanol dan HCl akan bereaksi membantu menarik indol yang dihasilkan pada bagian permukaan media, kemudian indol akan membentuk kompleks dengan *p*-dimetilamino-bensaldehida sehingga terbentuklah warna merah cerah. Uji indol hasilnya bervariasi, artinya bakteri ini ada yang mampu dan ada juga yang tidak mampu mendegradasi triptofan menjadi indol setelah

penambahan reagen Kovacs. *Halococcus* sp. bersifat indol positif (Oren, 2006), namun sebagian isolat responnya negatif (Goh *et al.*, 2006).

Methyl Red

Berdasarkan uji methyl red diperoleh respon yang umumnya bersifat positif. Hasil uji methyl red nampak pada Gambar 15.

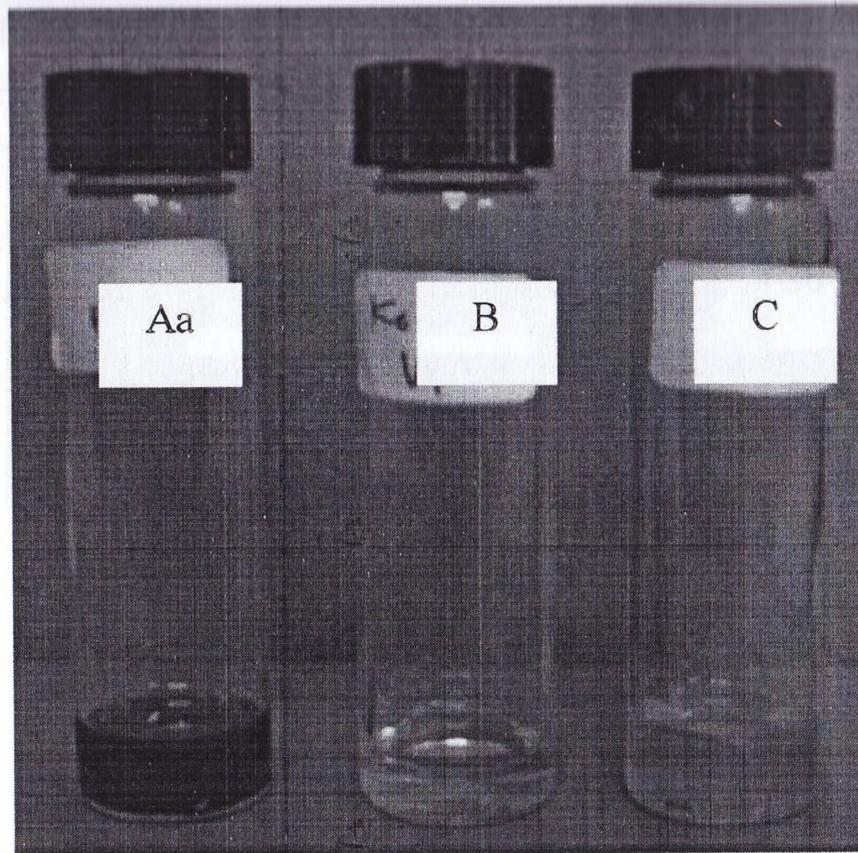


Gambar 15. Hasil uji Methyl Red.
A = Positif; B = Negatif; C = Kontrol

Isolat yang menunjukkan respon positif berarti mampu mengoksidasi glukosa dengan produksi asam sebagai produk akhir, sedangkan untuk uji yang bersifat negatif disebabkan karena asam yang terbentuk dipecah lagi menjadi produk yang lain yaitu etanol atau asetilmetilkarbinol dengan pH akhir media mendekati basa. Pengujian methyl red yang dihasilkan umumnya positif, artinya bakteri ini menggunakan glukosa sebagai substrat utama untuk produksi energi.

Voges Proskauer

Hasil uji Voges Proskauer terhadap isolat memberikan reaksi yang positif (61 isolat) dan negatif (36 isolat). Hasil uji dapat dilihat pada Gambar 16.

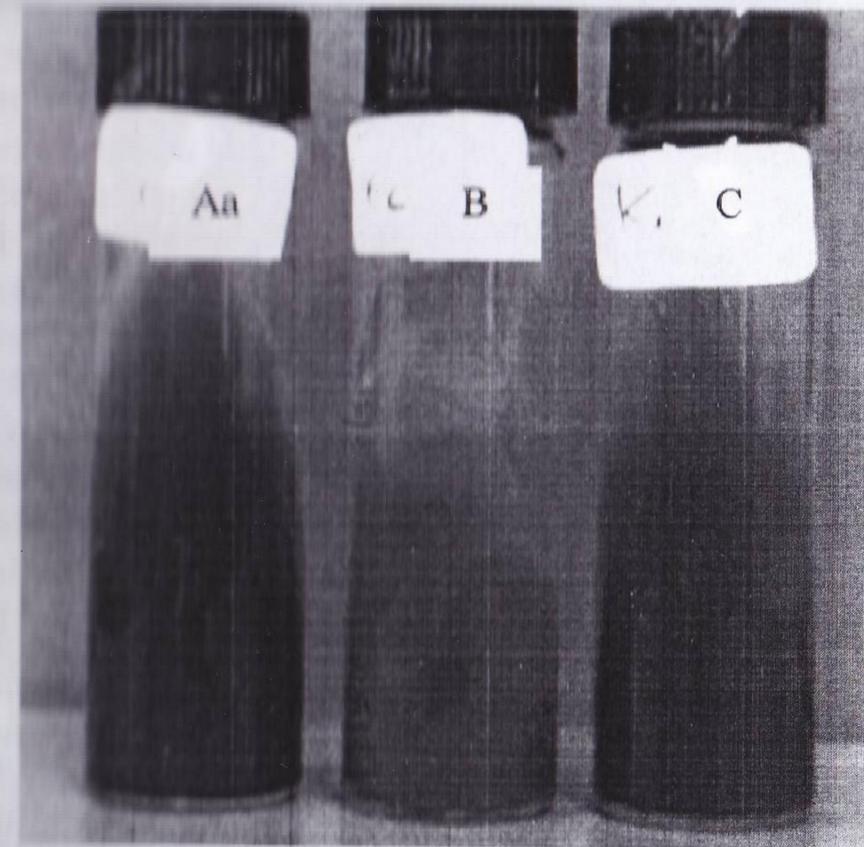


Gambar 16. Hasil uji Voges Proskauer.
A = Positif; B = Negatif; C = Kontrol

Hasil positif pada uji ini menunjukkan bahwa bakteri mampu memfermentasi karbohidrat dan menghasilkan *Acetylmethylcarbonil*. Adanya penambahan reagen Barrit A akan menghasilkan *asetoin* sehingga media biakan bakteri akan berwarna merah muda, selanjutnya penambahan reagen Barrit B akan menghasilkan *diacetyl* dan akan memperjelas warna menjadi merah jika bereaksi dengan udara (Loboffe dan Pierce, 1996). Hasil yang diperoleh kebanyakan bersifat positif mengindikasikan bahwa bakteri ini memiliki kemampuan mengkatalisa asam-asam organik yang dihasilkan dari fermentasi karbohidrat menghasilkan *Acetylmethylcarbonil* dan etanol.

Sitrat

Hasil uji sitrat pada Gambar 17 menunjukkan reaksi positif dan negatif, tetapi umumnya bersifat negatif.

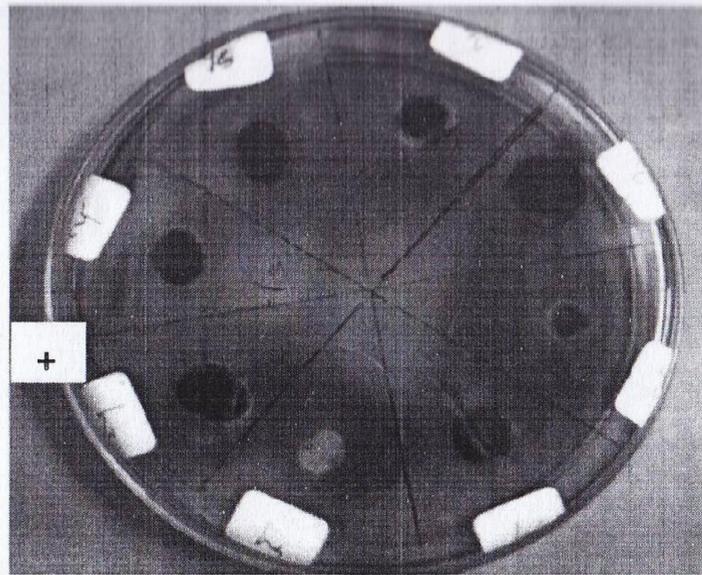


Gambar 17. Hasil uji Sitrat.
A = Positif; B = Negatif; C = Kontrol

Hasil uji sitrat diperoleh hampir semuanya negatif, artinya bakteri tidak menggunakan sitrat sebagai sumber karbon tetapi cenderung menggunakan karbohidrat seperti glukosa, sukrosa, laktosa, maltosa, manitol dan selulosa (Lay, 1994). Bila organisme menggunakan sitrat sebagai sumber karbon, maka asam akan dihilangkan dari medium, sehingga menyebabkan peningkatan pH dan mengubah warna medium. Ijong (2003b), menjelaskan pula bahwa sitrat dipecah menjadi komponen asam sederhana berupa oksalasetat, selanjutnya dirombak menjadi asam asetat, asam piruvat dan CO₂. Selama reaksi ini berlangsung media menjadi alkalin, karena CO₂ bereaksi dengan Na dan air yang terbandung pada media membentuk sodiumkarbonat yang bersifat basa. Keberadaan sodium karbonat ini yang menyebabkan terjadinya perubahan pH medium menjadi basa sehingga terlihat pada perubahan warna media dari hijau menjadi biru.

Oksidase

Hasil uji oksidase menunjukkan 88 isolat reaksinya positif dan sisanya negatif. Hasil uji oksidase nampak pada Gambar 18.



Gambar 18. Hasil uji Oksidase

Isolat uji yang memberikan reaksi positif ditandai dengan perubahan warna koloni bakteri menjadi hitam setelah ditetesi 2-3 tetramethyl-p-phenylenediamine dihydrochloride. Isolat tersebut memiliki enzim sitokrom oksidase yang berperan dalam respirasi aerobik, sedangkan untuk respon yang negatif menunjukkan bahwa bakteri tidak menggunakan enzim sitokrom oksidase. Oren (2006), menyatakan bahwa *Halococcus* sp. bersifat positif. Pengujian oksidase yang dihasilkan umumnya positif : *H. saccharolyticus* (70 isolat positif dan 6 isolat negatif) dan *H. morrhuae* (10 isolat positif dan 1 isolat negatif). Goh *et al.* (2006), menyatakan bahwa beberapa spesies golongan *Halococcus* oksidasenya bersifat negatif.

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan terhadap masing-masing isolat bakteri yang diisolasi dari medium kultur massal rotifer, kemudian dibandingkan dengan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Holt *et al.*, 1994), maka dari 97 isolat teridentifikasi umumnya merupakan bakteri *Halococcus* sp. (Dali 2013a).

Halococcus terdiri dari 6 spesies yaitu *H. morrhuae*, *H. saccharolyticus*, *H. hamelinensis*, *H. qingdaonensis*, *H. salifodine* dan *H. dombrowskii* (Legat *et al.*, 2010). Keenam spesies tersebut memproduksi polihidroksialkanot yang dihasilkan pada beberapa sel prokariotik. *Halococcus* sp. merupakan bakteri Gram negatif kokus yang bersifat halofilik ekstrim dapat diisolasi dari sampel air laut yang diberi garam mencapai 20% (Wang *et al.*, 2007). Menurut Valera *et al.* (1979), bahwa bakteri *Halococcus* merupakan halofilik ekstrim, sedangkan menurut Holt *et al.* (1994), bahwa

Halococcus sp. bersifat halofilik dan dapat diisolasi dari air laut. Belum ada kasus ditemukan patogen terhadap organisme lain atau bersifat non patogen. Semua arkaebakteri halofilik, tidak membentuk spora, bereproduksi melalui pembelahan biner.

Secara umum bakteri memiliki peran penting ada yang sifatnya menguntungkan dan ada pula yang merugikan. *Halococcus* sp. memiliki peran sebagai organisme pengurai dan tidak merugikan terhadap organisme lain dalam hal ini terhadap rotifer. *Halococcus* sp. yang teridentifikasi pada medium kultur massal rotifer merupakan kelompok bakteri yang menggunakan bahan-bahan organik sebagai energi. Terjadinya hal ini mengindikasikan bahwa sangat kecil kemungkinan bagi mikroba ini untuk melakukan proses metabolisme secara autotrof.

Holt *et al.* (1994), menyatakan bahwa *Halococcus* sp. bersifat kemoheterotrof (karbohidrat, alkohol, asam karboksilat, asam amino) sebagai sumber energi. Bakteri yang ditemukan ini tidak dapat mensintesis makanannya sendiri, namun diperoleh dengan cara mengambil makanan yang sudah jadi dalam bentuk senyawa organik ataupun sisa organisme yang sudah mati.

Halococcus sp. berperan penting dalam penguraian bahan-bahan organik pada substrat daging ikan mentah yang dimasukkan ke dalam medium kultur. Tingginya kandungan protein atau asam-asam amino, karbohidrat dan asam lemak pada daging ikan merupakan bahan yang baik bagi kebutuhan hidup bakteri. Bakteri yang memanfaatkan senyawa organik dapat bersifat aerob maupun anaerob (aerob fakultatif). Kondisi medium dengan kandungan bahan organik yang tinggi juga merupakan lingkungan hidup bagi rotifer. Menurut Rumengan *dkk.* (2007), bahwa rotifer ditemukan pula pada lingkungan yang banyak mengandung bahan organik.

Produksi rotifer secara kuantitas dan kualitasnya dipengaruhi oleh lingkungan diantaranya medium yang cocok bagi kehidupan rotifer dan bebas dari organisme predator atau dari kontaminasi bakteri yang merugikan bagi rotifer. Larva ikan ataupun udang merupakan organisme yang rentan hidupnya, sehingga rotifer yang diberikan sebagai pakan harus bebas dari bakteri yang merugikan kehidupannya. Selain bebas dari bakteri kontaminan, kualitas rotifer juga dipengaruhi oleh medium kulturnya atau ketersediaan nutrisi yang penting di dalam medium kultur berupa adanya protein, karbohidrat, asam amino

dan asam lemak terutama EPA (*Eicosapentaenoic Acid*), DHA (*Docosahexaenoic Acid*), HUFA (*Highly Unsaturated Acid*).

Hasil penelitian Suwiry (2002), menunjukkan bahwa kandungan EPA rotifer (*B. plicatilis*) yang dikultur dengan *Nannochloropsis* jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang dikultur pada *Chlorella*. Keberhasilan produksi rotifer merupakan salah satu persyaratan yang penting dalam pembenihan ikan ataupun udang. Tingginya tingkat kematian larva ikan yang banyak ditemukan, kemungkinan kasus yang terjadi disebabkan karena rendahnya kualitas rotifer yang dihasilkan selama kultur. Secara umum larva ikan-ikan laut berukuran sangat kecil dengan ukuran mulut yang kecil pula, sehingga pakan berukuran kecil seperti rotifer (*B. rotundiformis*) tipe SS sangat diperlukan untuk stadia awal larva ikan.

Bakteri yang dominan dapat dipersentasikan berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan pada media kultur massal rotifer, yaitu Gram-negatif motil sebesar 54,6%, Gram-negatif non motil sebesar 35,1%, Gram-positif motil sebesar 8,2% dan Gram-positif non motil sebesar 2,1%. Isolat yang teridentifikasi didominasi oleh bakteri *H. saccharolyticus* yang sifatnya Gram-negatif motil (54,6%) dan diikuti Gram-negatif non motil (35,1%). Dari beberapa isolat selain *H. saccharolyticus*, teridentifikasi *H. morrhuae*, *Halobacterium saccharovororum* dan *Pleisiomonas*. Adanya bakteri yang dominan mengindikasikan bahwa bakteri itu mampu bertahan hidup selama siklus kepadatan pada media kultur massal rotifer. Pada saat pengambilan sampel, golongan bakteri Gram negatif motil berbentuk tunggal atau berpasangan yang ada dalam medium kultur rotifer ikut terbawa bersama massa air, sehingga dominan diantara bakteri yang lain.

Tabel 15. Persentase bakteri yang diidentifikasi dari media kultur rotifer berdasarkan sifat Gram dan motilitas

Sifat	Bentuk	Isolat	Persentase (%)
Gram-positif motil	Kokus	8	8,2
Gram-positif non motil	Kokus dan Streptokoki	2	2,1
Gram-negatif motil	Kokus dan Diplokoki	53	54,6
Gram-negatif non motil	Kokus dan Streptokoki	34	35,1

Sumber: Dali (2013a)

Bagian XI KEMAMPUAN BAKTERI *Halococcus* sp. HIDUP PADA NaCl

Pertumbuhan dan kehidupan dari mikroorganisme, selain dipengaruhi oleh faktor dari dalam tubuh mikroorganisme tersebut, juga dipengaruhi oleh faktor luar atau lingkungannya. Kemampuan bakteri untuk tetap bertahan hidup pada konsentrasi NaCl yang berbeda dilakukan pada konsentrasi 0%, 1%, 3%, 5%, 7%, 9%, 11% dan 15%.

Depuluh isolat diuji mewakili 97 isolat yang dengan kode isolat A₁, A₂, A₃, A₄, A₅, A₇, B₄, C₂, C₆, D₂, masing-masing merupakan bakteri *Halococcus saccharolyticus* (A₂, A₃, A₄, A₅, A₇, B₄, C₂), *Halococcus morrhuae* (C₆). Pengujian ini dilakukan karena berkaitan dengan sifat *Halococcus* sp. yang bersifat halofilik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *H. morrhuae* pada konsentrasi 7% tidak tumbuh, sedangkan *H. saccharolyticus* (isolat A₇ dan C₂) mentolerir NaCl pada kisaran konsentrasi 0%-9%, dan pada konsentrasi NaCl 3-5% dapat memberikan pertumbuhan yang terbaik. Pada penelitian Fukushima *et al.* (2007) diperoleh 5 strain *Halococcus* (*H. morrhuae*, *H. saccharolyticus*, *H. qingdaonensis*, *H. salinarum* dan *H. dombrowskii*) yang dapat hidup pada lingkungan salinitas 0,5%. Kebanyakan bakteri yang termasuk Genus *Halococcus* hidup pada NaCl 8,8% (Holt *et al.*, 1994).

Halococcus sp. mampu bertahan terhadap kadar garam yang tinggi disebabkan oleh komposisi dinding selnya yang terdiri atas glukosa, mannososa, galaktosa, glukuronik, asam galakturonik, glukosamin, galaktosamin, asam gulosaminuronik, asetat, glisin dan sulfat. Ditemukan pada dinding sel *H. morrhuae* mengandung asam amino glisin (Steber dan Schleifer, 1979). Kandisi medium kultur massal rotifer yang dihasilkan berdasarkan pengukuran salinitas berkisar 20-30‰. Penelitian Sumiarsa *dkk.* (1996), bahwa *B. rotundiformis* dapat mentolerir salinitas 28-31‰. Berbeda dengan Fulks dan Main (1991), menyatakan bahwa *B. plicatilis* dapat mentolerir salinitas pada kisaran 10-60‰. Menurut Nogrady *et al.* (1993), bahwa salinitas yang sesuai dengan kehidupan rotifera adalah 10-35‰.

Kondisi medium kultur yang dihasilkan berpengaruh terhadap kepadatan populasi rotifer yang dikultur, sama halnya dengan kandungan asam amino berupa glisin yang terkandung pada dinding sel *Halococcus* sp. Tingginya asam amino (berupa glisin) pada medium kultur merupakan sumber nutrisi yang dibutuhkan oleh rotifer untuk kelangsungan hidupnya. Tabel berikut ini mengenai kemampuan hidup bakteri pada konsentrasi NaCl yang berbeda.

Tabel 16. Kemampuan hidup bakteri pada konsentrasi NaCl yang berbeda

Galur	NaCl (%)									
	0	1	3	5	7	9	11	13	15	
A1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
A3	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
A4	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
A5	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
A7	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
B4	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
C2	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
C6	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
D2	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-

DAFTAR PUSTAKA

- Agnew, W. dan A.C. Barnes. 2007. *Streptococcus iniae*: An Aquatic Pathogen of Global Veterinary Significance dan a Challenging Candidate for Reliable Vaccination. *J. Veterinary Microbiology* 122: 1-15.
- Andresen, L.Y. 2004. Isolasi dan Uji Biokimia Bakteri yang Koeksis dengan Rotifer (*Brachionus rotundiformis*). Skripsi. FPIK UNSRAT. Manado
- Anonymous. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. No. 51 Tahun 2004. Tentang Baku Mutu Air Laut. 11 hal.
- Anonymous. 2013. Morphology of *Vibrio* sp. http://images.com/26/8497598/slides/slide_97.jpg.
- Atlas, R.M. 1984. *Microbiology : Fundamentals and Applications*. Macmillan Publisher Company. New York.
- Austin, B. 1988. *Marine Microbiology*. Cambridge University Press. Cambridge, England. 222p.
- Austin, B dan D.A. Austin. 1993. *Bacterial Fish Patogens: Disease in Farmed dan Wild Fish*. Second Edition. Ellis Horword limited, Chichester, England. 383p.
- Banwart, G. J. 1989. *Basic Food Microbiology*. The Ohio state university. Chapman dan hall. New York.
- Barnes, B. 1987. *Invertebrate Zoology*. Saunders Co. Publishing. Philadelphia.
- Beveridge, M.C.M. 1987. *Cage Aquaculture*. Fishing New Books, ltd. Farmher, Surrey, England.
- Birby, C.W. 1964. Studies on the Physiology and Genetics of the Rotifer *Asplanchna*. The Genic Basic of the a Case of Male Sterility. *J. Exp. H. Zool.* 155: 273-292.
- Boyd, C.E. 1982. *Water Quality Management for Pond Fih Culture Development in Aquaculture and fisheries Science*. Volume 9. Elsevier Science Publ. Comp., Netherland. 318p.

- _____. 1988. *Water Quality in Warmwater Fish Pond*. Fourth Printing. Auburn University Agricultural Experiment Station, Alabama. USA.
- Brooks, G.F., J.S. Butel, and S.A. Morse. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran*. Edisi Pertama. Penerjemah Mudihardi dkk. Salemba Medika. Jakarta.
- Brusca, R.C. dan G.J. Brusca. 1990. *Invertebrates*. Sinayer Associates, Inc. Publisher Sundeldan, Massachusset.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2006. SNI 1-2729.1-2006. Ikan Segar. BSN. Jakarta.
- Buckle, K.A., Edwards, R.A., Flet, G.H., and Wooton, M. 1987. *Ilmu Pangan*. Penerjemah Hari Punomo dan Adiono. UI-Press. Jakarta.
- Cappucino, J.G., dan N. Sherman., 1992. *Microbiology, A Laboratory Manual*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. New York. 462p
- Covich dan Throp. 1991. *Ecology dan Classification of North American Fresh Water Invertebrates*. Academic Press. Inc San Diego. California.
- Dali, F.A. 2006. Keberadaan *Yersinia* sp. Pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*, L). [Skripsi] Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Dali, F.A. 2013a. Isolation and Identification of Bacteria in the Rotifer Mass Culture Medium. *Journal of Natural Sciences Research* 3 (5) : 123-127.
- Dali, F.A. 2013b. Kepadatan *Yersinia* sp. Yang Diisolasi Dari Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*, L). *Jurnal Entropi* VIII (1) : 593-597.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia (DepKes RI). 1991. *Pedoman Analisis Zat Gizi*. DepKes RI. Jakarta.
- Djarajah, A.B.1995. *Pakan Ikan Alami*. Cetakan I. Kanisius. Yogyakarta.
- Droste, R.L. 1997. *Theory dan Practice of Water dan Waste Water Treatment*. John Wiley dan Sons, Inc. New York.
- Dumrongphol, Y., T. Hirato, H. Kondo, T. Aoki, and I. Hirono. 2009. Identification of Novel Genes in Japanese Flounder (*Paralichthys olivaceus*) Head Kidney up-Regulated after Vaccination with *Streptococcus iniae* Formalin-Killed Cells. *J. Fish and Shellfish Immunology* 26: 197-200
- Dwidjoseputro, D. 2010. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Jakarta. 206 hal
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Eichler, J. M. Abu-Qarn, Z. Konrad, H. Magidovich, N. Plavner and S. Yurist-Doutsch. 2010. The Cell Envelopes of Haloarchae: Staying in Shape in a World of Salt. Prokaryotic Cell Wall Compounds. Ben Gurion University. Israel.
- Eskin N.A.M. 1990. *Biochemistry of Foods*. Second edition. Academic Press. San Diego.
- Fardiaz, B. 1983. *Keamanan Pangan*. Jilid I. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- _____. 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Feliatra. 1999. Identifikasi Bakteri Patogen (*Vibrio* sp.) di Perairan Nongsa Batam Provinsi Riau. *J. Natur Indonesia* II(1):28-33
- Fendrihan, S., A.Legat, M.Pfaffenhuemer, C.Gruber, G.Weidler, F.Gerbl, and H.Stan-Lotter. 2006. Extremely Halophilic Archae and the Issue of Long-term Microbial Survival. *Rev Environ Sci Biotechnol* 5: 203-218
- Fukushima, T., R.Usami dan M.Kamekura. 2007. A Traditional Japanese-style Salt Field is a Niche for Haloarchaeal Strain that can Survive in 0.5% Salt Solution. *BioMed Central* doi: 10.1186/1746-1448-3-2
- Fulka, W. dan K.L. Main. 1991. Rotifer and Mikroalgae Culture System. *Proceeding of USA - Asia Workshop. The Oseanic Institute, Hawai*. 37p.

- Frazier, W.C., dan Westhoff. 1988. *Food Microbiology*. McGraw-Hill Book Company. New York. USA.
- Gill T. 2000. *Nucleotide-degrading enzymes*. Di dalam: Haard NF, Simpson BK, editor. *Seafood Enzymes*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Goh, F., S.Leuko, M.A.Allen, J.P.Bowman, M.Kamekura, B.A.Neilan, and B.P.Burns. 2006. *Halococcus hamelensis* sp. nov., a Novel Halophilic Archaeon Isolated from Stromatolites in Shark Bay, Australia. *Int J Syst Environ Microbiol* 56 (6): 1323-1329.
- Grisez, L., R.Ceusters dan F.Ollevier. 1991. The Use of API 20E For The Identification of *Vibrio anguillarum* dan *V. ordellii*. *Journal of Fish Diseases*.14. 359-365.
- Hadiwiyoto, S. 1993. *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan*. Jilid 1. Fakultas Teknologi Pertanian. UGM. Liberty. Yogyakarta.
- Hagiwara A.T., T.W. Kotani, M. Snell, A. Aree dan K. Hirayama. 1995. Morphology, Reproduction dan Genetics of The Tropical Marine Rotifer *Brachionus plicatilis* Strain. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 192:25-37.
- Herndanez, E., J. Figueroa dan C. Iregui. 2009. Streptococcosis on Red Tilapia, *Oreochromis* sp., Farm: a Case Study. *J. Fish Disease* 32: 247-252.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sreath, P.H.A., Staley, J.T., and William, C.T. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Ninth Edition. Williams & Wilkins. Maryldan. USA.
- Huss H.H. 1995. *Fisheries Technical Paper: Quality and quality changes in fresh fish*. FAO. Roma.
- Ijong, F.G. 2003a. *Mikrobiologi Dasar* (Bahan ajar). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNSRAT. Manado.
- _____. 2003b. *Uji IMViC (Uraian Teoritis Reaksi Biokimianya)*. Laboratorium Mikrobiologi Hasil Perikanan. Jurusan Pengolahan Hasil Perikanan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNSRAT. Manado.
- _____. 2009. *Mikrobiologi Dasar* (Bahan ajar). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNSRAT. Manado.
- Irianto HE dan Soesilo I. 2007. Dukungan Teknologi Penyediaan Produk Perikanan. Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia di Auditorium II Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor, 21 Nopember 2007.
- Jay, J.M. 1992. *Modern Food Microbiology*. Fourth Edition. Champan & Hall. London.
- Junianto. 2003. *Teknik Penanganan Ikan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Karunasagar, I. R. Pai dan G.R. Malathi. 1994. Mass Mortality of *Penaeus monodon* Larvae due to Antibiotic-resistant *Vibrio harveyi* Infection. *J. Aquaculture* 128:203-209
- Kordi, M.G.H.K., dan A.B. Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kordi, M.G.H. 2008. *Budidaya Perairan*. Buku kesatu. Citra Aditya Bakti. Bandung.
- _____. 2009. *Budidaya Perairan*. Buku kedua. Citra Aditya Bakti. Bandung.
- Kuzloff, E. 1990. *Invertebrates*. Saunders College Publishing Philadelphia, New York, Chicago, San Fransisco, Montreal, Toronto, London, Sydney, Tokyo.
- Lay, B.W. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Legat, A. C. Gruber, K. Zangger, G. Wanner, H. Stan-Lotter. 2010. Identification of Polyhydroxyalkanoates in *Halococcus* and other Haloarchaeal Spesies. *J. Appl. Microbiol Biotechnol* 87: 1119-1127.
- Lawrie RA. 1995. *Ilmu Daging*. Parakkasi A, penerjemah. Terjemahan dari: *Meat Science*. 5th Edition. UI Press. Jakarta.
- Leksana T, dan W. Amin. 2001. Analisis pertumbuhan Mikroba Ikan Jambal Siam (*Pangasius sutchi*) Asap yang Telah Diawetkan secara Ensiling. *J. Natur Indonesia* 4 (1): 1-9

- Liu, P-C., J.Y Lin, W.H Chuang dan K.K Lee. 2004. Isolation and Characterization of Pathogenic *Vibrio harveyi* (*V. carchariae*) from The Farm Marine Cobia Fish *Rachycentron canadum* L. with Gastroenteritis Syndrome. *J. Micro and Biotech* 20:495-499
- Loboffe, M.J dan B.E. Pierce. 1996. *Photografhic Atlas for the Microbiology Laboratory*. Morton Publissing Company, Colorado.
- Marlina. 2008. Identifikasi Bakteri *Vibrio parahaemolyticus* dengan Metode Biolog dan Deteksi ToxRnya secara PCR. *J. Sains dan Teknologi Farmasi* 13(1):1-7 ISSN 1410-0177.
- Middelbeek E.J, Jenkins R.O, Drijver JS-de Haas. 1992. Nutrition and Cultivation of Microorganisms. In: Cartledge TG, editor. *In Vitro Cultivation of Microorganisms*. Butterworth-Heinemann. Oxford.
- Moneysmith, M. 2003. *Basic Health publications User's Guide to Good Fats and Bad Fats*. Jack Challem. Boulevard East.
- Nada, A.M.K, M.H.Refaat, M.S.Abdel-Sabour, A.M.Hasan dan M.M.Abd EIKader. 2011. Moleculer Study on EctC Gene (Ectoine) in some Halophilic Bacterial Isolates. *Researcher* 3(2): 34-42. ISSN : 1553-98665.
- Noerdjito, D.R. 2005. Improvement of Rotifer (*Brachionus plicatilis* MUELER 1786) Static Culture Productivity by Optimization of Food Type, Food Concentration, dan Addition of Nitrifying Bacteria, Abstract.Thesis. ITB Central Library.
- Nogrady. T.R.L. Wallace dan T.W. Snell. 1993. *Guides to the Identification of the Micro Invertebrates of the Continental Waters of the World Rotifera*. Biology, Ecology dan Systematics. SPB Academic Publ. The haque the Netherland. 145p.
- Nurimala, M. Nurjanah. Rahadin, H, U. 2009. Kemunduran Mutu Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Pada Penyimpanan Suhu Chilling Dengan Perlakuan Cara Mati. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* XII (1): 1-16.
- Oren, A. 2006. The Order Halobacteriales. *J. Prokaryotes*. 3:113-164.
- Phuoc, L.H., M. Corteel, N.C. Thanh, H. Nauwynck, M. Pensaert, V.A. Sanz, W. Van den Broeck, P. Sorgeloos, and P. Bossier. 2009. Effect of Dose dan Challenge Routes of *Vibrio* spp. on co-infection with White Spot Syndrome Virus in *Penaeus vannamei*. *J. Aquaculture* 290: 61-68
- Franata, A. 2010. Laju Pertumbuhan Populasi Rotifer *Brachionus rotundiformis* Pada Media Kombinasi Kotoran Ayam, Pupuk Urea dan Pupuk TSP, Serta Penambahan Beberapa Variasi Ragi Roti. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Rudjeki, S. 1999. Budidaya Rotifer (*Brachionus plicatilis*). *Oseana* XXIV (2): 27-43.
- Raid, H.I., J.W. Treasurer, B. Adam, and T.H. Birkbeck. 2009. Analysis of Bacterial populations in the gut of Developing cod Larvae dan Identification of *Vibrio logie*, *Vibrio anguillarum* dan *Vibrio splendidus* as Pathogens of Cod Larvae. *J. Aquaculture* 288: 36-43
- Rumengan, I.F.M. 1990. *Studies of Growth Characteristic and Karyotipe of S and L Type Rotifer Brachionus plicatilis*. Dissertation. Nagasaki University. Graduate School of Marine Science dan Engineering. Japan.
- Rumengan, I.F.M., H. Kayano dan K. Hirayama. 1991. Karyotypes of S dan L type rotifers *Brachionus plicatilis* O.F Muller. *J.Exp.Mar.Biol.Ecol.* 154:171-178.
- Rumengan, I.F.M. 1997. Rotifer Laut (*Brachionus* spp.) sebagai Biokapsul bagi Larva Berbagai Jenis Fauna Laut. *Warta IPTEK*. No. 19 UNSRAT. Manado.
- Rumengan, I.F.M., M.Sulung, Z.Lantiunga dan J.Kekenusa. 2007. Morfometri Rotifer *Brachionus rotundiformis* strain SS asal tambak Minanga dan Tambak Watuliney Sulawesi Utara yang dikultur pada Salinitas yang Berbeda. *J. Riset Akuakultur* (2)2: 221-229.
- Said EG. 1987. *Bioindustri. Penerapan Teknologi Fermentasi*. PT Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.

- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *J. Oseana*. XXX (30): 21-26.
- Saman S., S. Saman, dan P. Slattery. 2010. Isolation of A Potential New Member of The Bacillus cereus Group From Snow Covered Soil. *J. Life Sciences and Medicine Research*.1-8. E-ISSN: 19487886.
- Schlegel HG, Schmidt K. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Baskoro T, penerjemah. Edisi Keenam. UGM Press. Yogyakarta.
- Sidharta, B.R. 2000. *Pengantar Mikrobiologi Kelautan*. Edisi Pertama. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Sim, S.Y., M.A.Rimmer, J.D.Toledo, K.Sugama, I.F.M, Rumengan, K.Williams dan M.J.Phillips. 2005. A Guide to Small-scale Marine Finfish Hatchery Technology. *Australian Center for International Agricultural Research* 8-9.
- Snell, T.W. dan B.L.Garman. 1986. Encounter Probabilities Between Male dan Female Rotifer. *J.Exp.Mar.Biol.Ecol*.97: 221-230.
- Snell, T.W. dan E.M. Boyer.1988. Thresfold for Mictic Female Production in the Rotifer *Brachionus plicatilis* (Muller). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*.124: 73-85.
- Srimariana, E.S. 2000. Pengaruh Faktor Fisikokimia Terhadap Pembentukan Pigmen Oleh Bakteri Laut *Mesophilobacter* Sp. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Steber, J. dan K.H.Schleifer. 1975. *Halococcus morrhuae* : a sulfated heteropolysaccharide as the Structural Component of Bacterial Cell Wall. *J. Arch Microbiol* 105 (2): 173-177.
- _____. 1979. N-Glycyl-Glucosamine: A Novel Constituent in the Cell Wall of *Halococcus morrhuae*. *J. Arch Microbiol* 123: 209-212.
- Sterritt, R.M dan J.N. Lester. 1988. *Microbiology for Environmental dan Public Health Engineers*. E&F.N Spon Ltd. 11New Fetter Lane. London.
- Suantika, G dan P. Dehrt, G. rombaut, J. Vandeberghe, T. De Wolf, and P. Borgeloos. 2001. The Use of Ozone in a High Density Recirculation System for Rotifers. *J. Aquaculture* 201: 35-49
- Sumiarsa, G.S., D.Makatutu dan I.Rusdi. 1996. Pengaruh Vitamin B₁₂ dan Pengkayaan Fitoplankton Kepadatan Tinggi Terhadap Kepadatan dan Kualitas Rotifer (*Brachionus rotundiformis*). *J. Penelitian Perikanan Indonesia* 2 (2): 30-36.
- Supartinah. 2012. Analisis Deskriptif Kemunduran Mutu Jeroan (Usus, Hati, Ginjal) Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Selama Penyimpanan Suhu Chilling Melalui Pengamatan Histologis. [Skripsi] Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suriawiria, U. 2008. *Mikrobiologi Air*. Edisi kedua. PT Alumni. Bandung.
- Sutomo, Komala R, Wahyuni ET, Panggabean MGL. 2007. Pengaruh Jenis Pakan Mikroalga yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Populasi Rotifer *Brachionus rotundiformis*. *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia* 33: 159-176.
- Suwirya, K. 2002. *Kumpulan Makalah; Seminar Pengembangan Teknologi Budidaya Kerapu*. Balai Budidaya Laut Lampung. Lampung.
- Tortora G.J, Funke B.R, Case C.L. 1989. *Microbiology: An Introduction*. The Benjamin/Cummings. California.
- Varnam, A.H dan M.G. Evans., 1991. *Foodborne Patogens*. An illustrated Text. Mosby Newbook. Inc. USA. 557 hal.
- Valera, F.R. F.Ruiz-Berraquero dan A.Ramos-Cormenzana. 1979. Isolation of Extreme Halophiles from Seawater. *J.Appl and Environ.Microbiol*. 38 (1): 164-165.
- Wang, Q., H.Yang, Y.Liu, H.Cao, M.D.Pfaffenuemer, H.S.Lotter dan G.Quo. 2007. *Halococcus qingdaonensis* sp. nov., a Halophilic Archaeon Isolated from a Crude Sea-salt Sample. *Int J Syst Evol Microbiol* DOI: 10.1099/ijs.0.64673-0.

- Widiyanti, N.L.P.M., dan N.P. Ristiati. 2004. Analisis Kualitas Bakteri Koliform pada Depo Air Minum Isi Ulang di Kota Singaraja Bali. *J. Ekologi Kesehatan* 3 (1): 64-73.
- Yanti D.I.W dan Dali F.A. 2010. Karakteristik *Bacillus* sp. yang Diisolasi dari Rajungan (*Portunus pelagicus*) Segar dan Produk Kaleng di Perusahaan X. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* XIII (2): 105-117.
- Yanti D.I.W dan Dali F.A. 2013. Karakterisasi Bakteri Asam Laktat Yang Diisolasi Selama Fermentasi Bakasang. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* XVI (2): 133-141.
- Yunizal dan Wibowo S. 1998. *Penanganan Ikan Segar*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.

BAKTERI BERASOSIASI DENGAN ROTIFER *Brachionus rotundiformis*

BAKTERI BERASOSIASI DENGAN ROTIFER *Brachionus rotundiformis*

Rotifer dapat hidup pada lingkungan dengan kandungan bahan organik yang tinggi, sehingga keterkaitan rotifer dengan bakteri yang bersifat mengurai bahan organik. Bakteri yang berperan dalam penguraian senyawa organik dapat memicu kepadatan populasi rotifer dalam medium kultur. Buku ini hadir dalam rangka memberikan pengetahuan tentang mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri yang ada di dalam media kultur rotifer dan menentukan bakteri yang dominan selama kultur rotifer, berbasis eksperimen di Laboratorium. Buku ini terdiri dari Sembilan BAB, yaitu BAB I. PENDAHULUAN, II. BAKTERI, III. GIZI DAN MUTU IKAN SEGAR, IV. ROTIFER *Brachionus rotundiformis*, V. KUALITAS AIR, VI. ANALISIS DAN APLIKASI, VII. KONDISI LINGKUNGAN KULTUR ROTIFER, VIII. KEPADATAN POPULASI ROTIFER PADA MEDIUM KULTUR, IX. TOTAL KOLONI BAKTERI PADA MEDIUM KULTUR, MASSAL ROTIFER, X. KARAKTERISTIK BAKTERI HASIL IDENTIFKASI PADA MEDIUM KULTUR MASSAL ROTIFER, BAB IX. KEMAMPUAN BAKTERI *Halococcus sp.* HIDUP PADA *NaCl*.



Faiza A. Dali, S.Pi., M.Si. Adalah Staf Pengajar Jurusan Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Negeri Gorontalo (UNG). Lahir di Gorontalo, 14 Mei 1984. Kelompok Bidang Keahlian Mikrobiologi Hasil Perikanan. Selain bidang Mikrobiologi Hasil Perikanan, minat keilmuan lain yang digeluti adalah Bioteknologi Hasil Perikanan, Pengembangan Produk Perikanan, Pengendalian Mutu Hasil Perikanan. Menyelesaikan pendidikan S1 dalam bidang Teknologi Hasil Perikanan di Fakultas Perikanan Universitas Sam Ratulangi Manado (2006), S2 dalam bidang Ilmu Perairan Universitas Sam Ratulangi Manado (2011).



UNG Press - Gorontalo
Anggota IKAPI
Jl. Jend. Sudirman No. 6 Telp. (0435) 821125
Fax. (0435) 821752 Kota Gorontalo
Website: www.ung.ac.id

ISBN 978-602-6204-07-3

