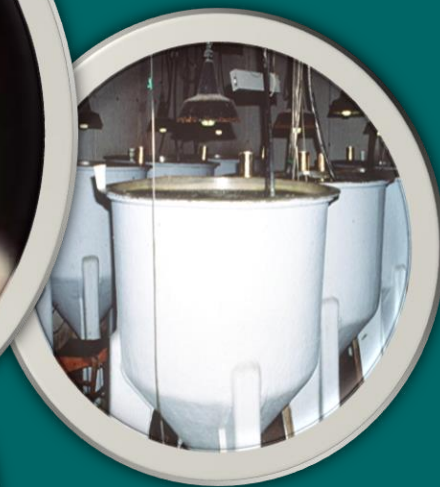


Stenly Wullur, PhD

ISBN 978-602-60359-4-3

ROTIFER DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR



LPPM UNSRAT PRESS

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS SAM RATULANGI
(LPPM UNSRAT)**

ROTIFER DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Oleh: Stenly Wullur, PhD

ISBN 978-602-60359-4-3

Desain Cover Depan: Stenly Wullur, PhD

Hak Cipta @ 2017 pada Penulis

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam, atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

Diterbitkan oleh

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT, UNIVERSITAS SAM RATULANGI
(LPPM UNSRAT).**

Redaksi:

Jl. Kampus Unsrat, Manado – Sulawesi Utara. 95115.

Untuk;

Ibu dan Alm. Ayah

Istri, Given dan Hikaru

KATA PENGANTAR

Penulisan buku ini, dengan judul *Rotifer dalam Perspektif Marikultur* merupakan bagian dari upaya mendukung pengembangan industri marikultur di tanah air. Rotifer sebagai sumber nutrisi utama pada tahap paling awal perkembangan larva berbagai jenis ikan laut yang dibudidayakan, merupakan bagian penting dan tak terpisahkan dalam rantai produksi larva ikan di berbagai fasilitas pembenihan ikan laut. Ketersediaan buku yang khusus membahas tentang rotifer untuk menjadi rujukan pelaku dan pemerhati budidaya rotifer serta mahasiswa belum banyak beredar di masyarakat. Sehingga, kehadiran buku ini dapat mengisi kelangkaan informasi tersebut.

Buku ini tidak hanya berisi informasi tentang rotifer dan manfaatnya dalam industri marikultur tetapi juga berbagai bentuk aplikasi bioteknologi terkini dalam upaya pemanfaatan organisme ini lebih luas lagi. Bagian awal buku ini didahului dengan uraian tentang status dan potensi akuakultur serta prospek dan tantangan pengembangan marikultur tanah air. Pada bagian ini pula telah diuraikan bagaimana peranan rotifer dalam menopang produksi dan

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

keberlanjutan industri marikultur. Pada bagian selanjutnya, telah diuraikan secara luas berbagai informasi dari aspek biologi reproduksi rotifer, khususnya menyangkut aspek morfologi, organ internal, reproduksi dan siklus hidup rotifer. Pada bagian ini pula telah diuraikan dalam bentuk klarifikasi atas berbagai kekeliruan taksonomi serta nomenklatur rotifer yang sering dipahami berbeda oleh peneliti maupun pelaku budidaya rotifer. Bagian akhir buku ini menguraikan secara gamblang teknik produksi masal rotifer dan perkembangannya, yang diikuti dengan penjelasan mengenai teknik diagnosa kondisi kultur pemeliharaan. Pada bagian ini pula telah diuraikan berbagai bentuk sentuhan bioteknologi yang telah diaplikasikan pada rotifer sehingga membuka peluang pemanfaatan keunikan biologi spesies ini pada bidang lain selain marikultur, diantaranya adalah potensi pemanfaatannya pada bidang farmasi, kosmetik, material maju, bioindikator lingkungan, dan lainnya. Salah satu aspek yang juga diuraikan pada bagian ini adalah aspek pemeliharaan berbasis bakteri yang baru diperkenalkan dalam industri ini. Teknik pemeliharaan rotifer berbasis bakteri merupakan hasil inovasi teknologi dari tim peneliti Universitas San Ratulangi yang telah dipatenkan untuk mendapatkan perlindungan hak atas kekayaan intelektual (HAKI)

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Penulis menaikan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas diterbitkannya buku ini serta mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penyusunan ide, penulisan hingga penerbitan buku ini. Penulis sadar bahwa buku ini masih memiliki kekurangan (ataupun kelebihan yang tak perlu) sehingga setiap koreksi dan masukan dari pembaca sekalian akan menjadi perhatian penting penulis.

Manado dan Minahasa Utara, 2017

Penulis

Stenly Wullur, PhD

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Status dan Potensi Akuakultur Indonesia	1
1.2. Prospek dan Tantangan Pengembangan Marikultur di Indonesia	8
1.3. Peranan Rotifer dalam Menopang Produksi dan Keberlanjutan Industri Marikultur	14
BAB II HISTORIKAL, TAKSONOMI DAN NOMENKLATUR ROTIFER YANG DIGUNAKAN DALAM INDUSTRI MARIKULTUR	20
2.1. Historikal Penemuan Rotifer.....	21
2.2. Taksonomi dan Nomenklatur Rotifer dalam Industri Marikultur.....	31

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

BAB III	MORFOLOGI DAN ORGAN INTERNAL ROTIFER.....	49
3.1.	Morfologi Rotifer	50
3.2.	Organ Internal Rotifer	63
BAB IV	REPRODUKSI	70
4.1.	Sistem Reproduksi	71
4.2.	Perilaku Kawin	77
BAB V	KARAKTER UNGGUL ROTIFER DAN MANFAATNYA DALAM PEMELIHARAAN LARVA IKAN LAUT	80
5.1.	Ukuran Tubuh	82
5.2.	Pergerakan	87
5.3.	Kandungan Nutrisi	90
5.4.	Produksi masal	72
BAB VI	PRODUKSI MASAL	95
6.1.	Teknik Produksi Masal	98
6.2.	Pemantauan Kondisi Pemeliharaan.....	104
6.3.	Stabilitas Kondisi Pemeliharaan	110
DAFTAR PUSTAKA	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Peneliti awal Rotifera; John Harris (kiri) dan Anthony van Leewenhoek (kanan). (Sumber: Walker, 2015)	21
Gambar 2-2. Publikasi mengenai <i>Animalcula</i> yang merujuk pada rotifer yang dipublikasikan oleh John Harris (Sumber: Harris, 1969)	22
Gambar 2-3. Ilustrasi <i>Animalcula</i> oleh Anthony van Leewenhoek (1702); a) Ilustrasi <i>Animalcula</i> yang merujuk pada rotifer Bdelloid, dan b) ilustrasi individu <i>Animalcula</i> yang merujuk pada rotifer (Q, R) dalam posisi menempel pada akar tumbuhan gulma air	24
Gambar 2-4. Cuplikan publikasi Hudson & Gosse (1886).....	26
Gambar 2-5. Ilustrasi bentuk tubuh rotifer <i>Brachionus plicatilis</i> yang dibuat oleh Otho Fredricus Muller, dipublikasikan pada tahun 1786	33
Gambar 2-6. Bentuk duri tajam pada bagian anterior dorsal (a) dan bentuk duri tumpul pada bagian ventral (b) rotifer <i>Brachionus plicatilis</i> sp. kompleks	34
Gambar 2-7. Bentuk duri lorika pada rotifer tipe-L (a) dan tipe S (b). Sumber (Hagiwara et al., 20017)	36

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Gambar 2-8. Bentuk morfologi rotifer tipe-L (kiri), tipe-S (tengah), dan tipe-SS (kanan) (Sumber: Hagiwara et al., 2001)	41
Gambar 2-9. Hubungan filogenetik rotifer <i>Brachionus plicatilis</i> spesies kompleks menggunakan dataset sekuens gen COI (mitochondrial sytochrome c oxidase subunit 1 yang terdokumentasi hingga Maret 2015 di situs GenBank (Sumber: Mills et al., 2015, sudah dimodifikasi).....	46
Gambar 3-1. Hasil pemindaian menggunakan mikroskop elektron, bentuk tubuh rotifer <i>Brachionus plicatilis</i> spesies kompleks dari sisi ventral (a) dan dorsal (b) (Sumber; Fonteno et al, 2007).....	50
Gambar 3-2. Hasil pemindaian mikroskop elektron, bagian korona pada rotifer yang diambil dari sisi bagian atas (A) dan bagian samping (B). Korona rotifer terdiri atas; 2 bagian korona eksternal atau cingulum (cd) dan 3 bagian korona internal yang disebut pseudotrochus (pt). Mata serebral serta antenna (a) sebagai organ sensori pada rotifer yang terletak pada bagian anterior pada sisi dorsal (Sumber : Mills, 2006)	52
Gambar 3-3. Posisi dan bentuk antena (a) pada rotifer yang terdapat berdekatan dengan mata serebral (ce) (Sumber: Mills, 2006; sudah dimodifikasi)	54
Gambar 3-4. Hasil pemindaian mikroskop elektron terhadap lapisan tebal pada bagian eksternal dan lapisan tipis pada bagian internal intugmen dari rotifer.	

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

	Tanda panah menunjukkan posisi pori pada intugmen (Sumber : Yu & Cui, 1997).....	55
Gambar 3-5.	Hasil pemindaian mikroskop elektron, bagian internal tubuh rotifer sepanjang anterior hingga posterior (Sumber; Kleinow & Wratil, 1995).....	56
Gambar 3.6.	SEM dari sisi ventral rotifer <i>B. plicatilis</i> spesies kompleks. Kaki (f) yang memiliki 2 buah jari (t) terletak pada ujung posterior (Sumber: Mills, 2006 telah dimodifikasi)	57
Gambar 3-7.	Bentuk lorika rotifer <i>Brachionus plicatilis</i> spesies kompleks; tipe-L ((a) sisi dorsal dan (b) sisi ventral), tipe-S / tipe-SM ((c) sisi dorsal dan (d) sisi ventral) dan tipe-SS ((e) sisi dorsal dan (f) sisi ventral) (Sumber: Ciros-Perez et al., 2001)	59
Gambar 3-8.	Hasil Scanning Elektron Microscope (SEM) bentuk duri lorika rotifer tipe-L (A,B), tipe-S / SM (C,D) dan tipe SS (E,F) (Sumber, Ciros-Perez et al., 2001; sudah dimodifikasi).....	62
Gambar 3-9.	Fotomikrograf pergerakan silia pada bagian korona yang menyebabkan putaran arus disekitar korona, yang memungkinkan rotifer untuk mendapatkan makanan (Sumber: Mills, 2006).....	64
Gambar 3-10.	Hasil pemindaian mikroskop elektron, bentuk trophi rotifer dari sisi ventral (a) dan dorsal (b) (Sumber : Fontaneto et al., 2007; sudah dimodifikasi).	66

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- Gambar 3-11. Penelusuran proses perpindahan partikel makanan pada organ-organ pencernaan rotifer. Partikel makanan yang telah melalui proses pengunyahan dan masuk ke pada bagian perut (A), bagian usus (B) dan (C), hingga proses ekskresi makanan pada bagian anus (Sumber: Lindemann & Kleinow, 2000; sudah dimodifikasi)..... 67
- Gambar 4.1 Ilustrasi bentuk dan ukuran tubuh rotifer jantan dan betina (A) dan organ reproduksinya (B)..... 73
- Gambar 4.2. Siklus reproduksi rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks yang terdiri dari reproduksi aseksual (amiktik) parthenogenesis dan reproduksi seksual (miktik). Abbrv; dp=diapause, f=fertilisasi, -f=tidak fertilisasi, hs=hatching stimulus, ms=mixis stimulus, mi=meiosis, ms=mixis stimulus, mt-mitosis (Wallace, et al., 2006) 75
- Gambar 4-3. Perilaku kawin rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks. Tanda panah menunjukkan arah pergerakan renang....79
- Gambar 5-1. Bentuk morfotipe rotifer *Brachionus plicatilis* spesies kompleks yang dikenal dalam industri budidaya sebagai rotifer tipe-L, tipe-S (tipe-SM) dan tipe-SS (Sumber Mills, 2006) 84
- Gambar 5.2. Hasil rekaman video proses pemangsaan larva pada tahap paling awal mencari makan secara exogeneous (Beck and Turingan, 2007)..... 88
- Gambar 6-1. Ilustrasi produksi masal rotifer menggunakan teknik batch culture. Inokulasi rotifer dilakukan pada kepadatan 500 ind./mL dan dipanen pada saat

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

kepadatan rotifer mencapai 2000 ind./mL.
(www.aquaculture.asia/files/online_2/LF-7-Rotifer-culture-systems.ppt) 98

Gambar 6-2. Ilustrasi produksi masal rotifer menggunakan teknik semicontinuous culture. Inokulasi rotifer dilakukan pada kepadatan 2000 ind./mL dan pemanenan dilakukan secara periodik dengan mempertahankan kondisi kepadatan rotifer dan volume awal pemeliharaan
(www.aquaculture.asia/files/online_2/LF-7-Rotifer-culture-systems.ppt) 100

Gambar 6-3. Ilustrasi produksi masal rotifer menggunakan teknik continuous culture. Inokulasi rotifer dilakukan pada kepadatan 2000 ind./mL dan pemanenan dilakukan secara periodik dengan mempertahankan kondisi kepadatan rotifer dan volume awal pemeliharaan dalam bentuk sirkulasi tertutup. Kuantitas media pemeliharaan yang dipanen secara otomatis diresirkulasikan kembali ke dalam sistem setelah melalui proses penanganan kualitas media pemeliharaan
(www.aquaculture.asia/files/online_2/LF-7-Rotifer-culture-systems.ppt) 103

DAFTAR TABEL

Tabel 1-1.	Produksi sektor perikanan tangkap dan budidaya tahun 2007-2011 dan rata-rata pertumbuhan setahun (Rimmer et al., 2013)	6
Tabel 2-2.	Beberapa hasil penelitian yang membuktikan perbedaan karakter biologi reproduksi kedua jenis rotifer tipe-L dan tipe-S (Segers, 1995)	38
Tabel 5-1.	Ukuran bukaan mulut larva berbagai jenis ikan (Shirota, 1970)	83

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Status dan Potensi Akuakultur Indonesia

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki sekitar 17.508 pulau, dengan panjang garis pantai mencapai 81.000 km. Wilayah ini memiliki potensi luasan area yang dapat digunakan untuk menunjang industri akuakultur sebesar 26.606.000 ha (FAO-UN, 2017). Dari total pulau yang ada, baru sekitar 13.466 pulau diantaranya yang telah diberi nama dan baru 6.000 pulau yang telah didiami penduduk. Letak Indonesia sangat strategis dalam pengembangan potensi kelautan yang mana diapit oleh Samudra Hindia dan Samudra pasifik.

Sejarah panjang perkembangan akuakultur di Indonesia telah dimulai semenjak tahun 1400an. Menurut Hishamunda et al. (2009) dan Rimmer et al. (2013), masyarakat di pulau Jawa di masa itu, diduga sudah mulai mengembangkan teknik akuakultur yang ditandai dengan adanya aturan-aturan hukuman terhadap pencurian ikan dari tambak-tambak pemeliharaan ikan. Lebih jauh lagi, Rimmer et al. (2013) menguraikan bahwa pada jaman Majapahit, daerah Madura atau Jawa Timur merupakan daerah

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

pertama yang menerapkan teknik budidaya perairan payau yang kemudian menyebar ke negara-negara tetangga seperti Philipina, Malaysia, Thailand, Taiwan dan Cina bagian selatan.

Industri akuakultur Indonesia terus berkembang, dimana luasan lahan pengembangan akuakultur tumbuh dari 0.3 juta hektar (1961-1965) menjadi 0.7 miliar hektar tahun 2001-2005 (Rimmer et al., 2013). Menurut data (FAO-UN, 2017) total produksi akuakultur Indonesia meningkat sekitar 8.5% pertahun dari sekitar 882.989 ton pada tahun 1999 menjadi 1,2 juta ton pada tahun 2003 dan meningkat pada angka 2,3 juta ton pada tahun 2010. Menurut data Sidatik (Sistem Informasi Diseminasi Data dan Statistik Kelautan dan Perikanan) Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), total produksi akuakultur Indonesia pada tahun 2012 adalah sekitar 9,6 juta ton dan meningkat tajam menjadi 16.6 juta ton pada tahun 2016. Pada periode tahun 2012-2016, transaksi ekspor dari sektor ini berada pada nilai US\$ 3,8 – 4,6 milyar. Serapan tenaga kerja pada bidang ini mencapai 2.142.000 orang pada tahun 2000 dan meningkat menjadi

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

3.343.000.000 orang pada tahun 2011. Menurut laporan hasil analisis peluang bisnis Indonesia (SPIRE Research Consulting, 2014), kontribusi sektor ini terhadap *Gross Domestic Product* (GDP) Indonesia mencapai 15% dan cenderung meningkat dari tahun-ke tahun. Potensi akuakultur Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 15 milyar ton ikan pertahun dan dipercaya dapat menjadi tumpuan dunia dalam memenuhi kebutuhan populasi manusia yang akan melonjak menjadi 10 milyar orang pada pertengahan abad ini. Sejauh ini, dari potensi luas wilayah akuakultur Indonesia yang mencapai 15.59 juta hektar, baru sekitar 325 ribu hektar atau sekitar 2.69% yang dapat dikelola dengan capaian volume produksi budidaya laut hingga akhir 2016 mencapai 11.7 juta ton.

Saat ini industri akuakultur dan perikanan tangkap merupakan sektor penting yang berkontribusi terhadap perekonomian nasional Indonesia, dimana sektor ini menjadi penyangga utama keamanan pangan nasional, menjadi penggerak ekonomi di kawasan pesisir bahkan menjadi sumber devisa negara melalui

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

eksport. Semenjak tahun 2007 sampai 2011, produksi perikanan tangkap rata-rata hanya tumbuh sebesar 2% setiap tahun, sedangkan dalam periode yang sama, produksi sektor akuakultur tumbuh sebesar 30% pertahun. Di sisi yang sama, potensi lestari perikanan tangkap Indonesia berada pada angka 6.5 juta ton pertahun sedangkan produksi perikanan nasional sudah berada pada kisaran 5 – 5.4 juta ton setiap tahun (Tabel 1-1). Sehingga timbul anggapan bahwa sumber daya perikanan tangkap Indonesia telah berada pada posisi ”*almost fully exploited*” sehingga ekspansi produk perikanan dari sektor akuakultur menjadi salah satu target pengembangan utama pemerintahan Indonesia melalui Kementerian Kelautan dan Perikanan.

Pada tahun 2009, pemerintah Indonesia mencanangkan visi menjadi negara produser terbesar produk akuakultur dunia yang akan dicapai pada tahun 2015. Tetapi, hingga tahun 2016 rata-rata produksi sektor akuakultur baru dapat dicapai pada angka 16.6 juta ton dan target menjadi produser terbesar dunia belum tercapai dimana Indonesia masih pada urutan ke 2 produser

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

sektor perikanan budidaya setelah Cina yang telah mencapai produksi sekitar 58,7 juta ton pada tahun 2014.

Tabel 1-1. Produksi sektor perikanan tangkap dan budidaya tahun 2007-2011 dan rata-rata pertumbuhan pertahun (Rimmer et al., 2013)

Produksi (Ton)	2007	2008	2009	2010	2011	Pertumbuhan (%)
Perikanan tangkap	5.044.737	5.003.115	5.107.971	5.384.418	5.409.100	2
Akuakultur		3.885.200	4.708.565	6.277.924	6.976.750	30
r	3.193.56	9.051.528	9.816.536	11.662.341	12.385.850	13
Kombinasi	5					
	8.238.30					
	2					

Meskipun target yang ditetapkan pada era tersebut terlalu optimis, namun perkembangan produksi dari sektor akuakultur meningkat sangat drastis dan masih tetap dalam posisi “*on the track*” mengejar Cina. Laporan hasil analisis produksi perikanan Indonesia dari WorldFish (Phillips et al., 2015) memprediksi bahwa sektor akuakultur akan mengganti sektor perikanan tangkap sebagai sektor utama produksi perikanan di Indonesia

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

mulai tahun 2030. Dimana produksi akuakultur ini diprediksi dapat menjadi sumber utama produksi perikanan berkelanjutan, berperan penting dalam sistem penyediaan ikan konsumsi nasional, regional maupun internasional, menciptakan lapangan kerja dan akan berperan penting dalam menjaga ketersediaan ikan pada masyarakat kurang mampu. Lebih jauh lagi, sektor akuakultur diyakini pula dapat menjadi sektor tumpuan dalam menghadapi permasalahan nasional khususnya dalam hal disparitas pembangunan dan kesenjangan sosial yang tinggi antara penduduk perkotaan dengan mereka yang hidup di daerah terpencil.

1.2. Prospek dan Tantangan Pengembangan Marikultur di Indonesia

Marikultur merupakan bagian kegiatan akuakultur yang khusus pada kegiatan budidaya jenis-jenis organisme laut. Dengan kondisi luasan wilayah laut Indonesia sebesar 5.8 juta km² (75% dari total luas wilayah), maka marikultur dapat menjadi sektor utama penggerak ekonomi kelautan Indonesia. Kondisi alam laut Indonesia yang memiliki luas laut dangkal sekitar 24 juta hektar dapat dikembangkan menjadi wilayah yang cocok untuk kegiatan marikultur, yang mana wilayah ini berpotensi menghasilkan produk lestari sekitar 60 juta ton per tahun dengan nilai ekonomi langsung (*on-farm*) sekitar US\$ 120 milyar per tahun. Potensi ini akan jauh lebih besar lagi jika dihitung dengan potensi *offshore mariculture*. Indonesia saat ini, baru memanfaatkan sekitar 350.000 hektar atau 1.5% wilayah laut untuk kegiatan marikultur dengan produksi sekitar 9.4 juta ton (16% dari total produksi), sehingga masih terbuka peluang yang sangat besar dalam pengembangan usaha marikultur di Indonesia.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Adapun jenis-jenis biota laut yang selama ini dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia dikelompokkan dalam 5 jenis biota, yaitu; Ikan, Moluska (kekerangan), krustacea (Udang), alga (rumput laut) dan invertebrate lainnya. Khusus untuk kegiatan marikultur kelompok ikan, beberapa jenis ikan yang sejauh ini telah dapat dibudidayakan dan menjadi unggulan produksi perikanan marikultur Indonesia, seperti; berbagai jenis ikan kerapu, kakap putih, kakap merah, bandeng, beronang, bawal bintang, cobia dan tuna.

Selama ini, pasokan benih dalam menopang proses produksi berbagai jenis ikan tersebut adalah berasal dari balai-balai pembenihan nasional, daerah maupun swasta yang tersebar diberbagai propinsi di Indonesia. Beberapa Unit Pelaksana Teknis (UPT) yang dikelola Kementerian Kelautan dan Perikanan sebagai motor penggerak utama pembenihan ikan-ikan air payau dan laut, diantaranya adalah;

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

1. Balai Besar Riset Budidaya Laut dan Penyuluhan Perikanan, Gondol-Bali.
2. Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau, Jepara
3. Balai Besar Perikanan Budidaya Laut, Lampung
4. Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau, Situbondo
5. Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau, Takalar
6. Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau, Ujung Batee
7. Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Batam
8. Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lombok
9. Balai Besar Perikanan Budidaya Laut, Ambon

Unit-unit pelaksana teknis tersebut diatas dikelola langsung Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) dan bersama-sama dengan berbagai fasilitas pembenihan daerah serta swasta yang ada di tanah air menjadi ujung tombak pemerintah dalam memproduksi benih ikan untuk mencapai target Indonesia menjadi negara produser perikanan terbesar dunia.

Menurut data laporan kinerja (Dirjen Perikanan Budidaya KKP, 2014) capaian produksi benih perikanan laut masih jauh dari

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

target yang ditetapkan pemerintah, seperti halnya target produksi benih ikan kerapu yang di patok pada angka 50.000 ekor, realisasi produksinya masih pada kisaran 34.425 ekor atau masih sekitar 69% dari target produksi. Begitu pula halnya dengan produksi benih ikan kakap yang ditargetkan sebesar 21.000 ekor, masih terealisasi sekitar 12.037 ekor atau sekitar 57% dari target produksi. Harus diakui bahwa realisasi capaian produksi benih tersebut diatas telah melalui upaya kerja yang maksimal dari berbagai elemen yang terkait langsung maupun tidak langsung dalam upaya mencapai target yang telah ditetapkan.

Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan serta peningkatan kualitas hidup di berbagai negara, maka kesadaran untuk mendapatkan asupan nutrisi dari sumber perikanan laut terus meningkat dari tahun ke tahun. Di sisi yang berbeda, efisiensi biaya pakan untuk produksi perikanan marikultur berada pada kisaran perbandingan enam kali lebih rendah dibandingkan dengan biaya pakan dalam sistem produksi daging sapi. Hal-hal tersebut diatas diyakini menjadi faktor pemicu lajunya

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

pertumbuhan usaha sektor marikultur dalam dua dekade terakhir ini.

Salah satu mata rantai penting yang berkontribusi signifikan terhadap produksi benih ikan laut adalah ketersediaan pakan alami sebagai sumber nutrisi satu-satunya bagi larva ikan pada tahap paling awal pertumbuhan dan perkembangan tubuh. Larva yang baru menetas memiliki sedikit cadangan makanan (*yolk sac*) yang tersisa, sehingga dalam waktu yang relatif cepat larva harus mendapatkan asupan makanan dari luar tubuhnya. Di alam, larva mendapatkan asupan nutrisi dari berbagai jenis zooplankton yang ada dalam lingkungan hidupnya, seperti kopepoda, daphnia, rotifer, dll. Berbeda halnya dengan larva ikan budidaya, yang mana ketersediaan pakan zooplankton sebagai sumber makanannya perlu diproduksi sesuai kebutuhan larva. Pada tahap tersebut, larva ikan belum dapat mengkonsumsi pakan buatan seperti pellet melainkan hanya dapat mengkonsumsi pakan alami berupa; rotifer, kopepoda, daphnia, artemia, dan lainnya yang diproduksi masal sesuai kebutuhan larva ikan. Diantara berbagai

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

jenis pakan alami yang ada dalam industri pembenihan ikan laut dewasa ini, jenis pakan alami dari golongan rotifer merupakan jenis pakan alami yang paling banyak digunakan sebagai pakan alami eksklusif bagi larva ikan. Rotifer bahkan dikatakan sebagai faktor kunci keberhasilan produksi perikanan budidaya di berbagai fasilitas pembenihan ikan laut.

1.3. Peranan Rotifer dalam Menopang Produksi dan Keberlanjutan Industri Marikultur

Rotifer merupakan jenis zooplankton yang paling umum digunakan sebagai pakan alami bagi larva ikan laut pada tahap paling awal pertumbuhan dan perkembangannya. Organisme pakan alami ini merupakan mata rantai penting dalam keberhasilan usaha pembenihan berbagai jenis ikan laut, sehingga rotifer sering dipelihara dalam bentuk kultur masal di berbagai fasilitas pembenihan ikan laut untuk diberikan sebagai pakan pada larva ikan yang dipelihara.

Di alam, larva berbagai jenis ikan laut dilaporkan memangsa berbagai jenis zooplankton (Hunter 1981) sebagai sumber nutrisi pada tahap paling awal dimana larva mulai mencari makan secara exogenous. Kondisi berbeda dialami larva yang dipelihara secara intensif di balai-balai pembenihan ikan, dimana sumber nutrisi utama larva berasal dari pakan alami yang umumnya adalah rotifer. Alasan penggunaan rotifer diantaranya, adalah; pertumbuhan populasi yang cepat, dapat dikultur dengan

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

kepadatan tinggi, dan kandungan nutrisinya dapat dimanipulasi sehingga cocok dengan kebutuhan nutrisi larva (Bengtson 2003; Wikfors 2004). Karakter-karakter tersebut diatas sulit didapatkan pada jenis zooplankton lainnya seperti kopepoda, daphnia dan lainnya, sehingga rotifer menjadi pilihan ideal sebagai pakan alami bagi larva ikan yang dipelihara di berbagai fasilitas pembenihan ikan laut.

Jepang merupakan negara yang paling awal menggunakan rotifer sebagai pakan awal dalam pemeliharaan larva ikan laut. Awalnya, rotifer dikenal sebagai hama penyebab “Mizukawari” (Mizu adalah air, Kawari adalah perubahan). Fenomena *Mizukawari* ini dikenal sebagai suatu peristiwa perubahan drastis warna air kolam pemeliharaan ikan, dari warna hijau yang disebabkan oleh pertumbuhan phytoplankton menjadi warna coklat mewakili warna rotifer yang tumbuh cepat dan mengkonsumsi phytoplankton dalam air seiring pertumbuhannya. Melalui penelitiannya, Ito (1963) berhasil memelihara larva ikan ayu, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel, dengan

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

menggunakan rotifer air tawar penyebab mizukawari, yaitu *Brachionus calyciflorus* Pallas sebagai pakan larva ikan ayu. Akan tetapi, jenis rotifer ini tidak dapat beradaptasi pada perairan payau atau perairan laut, sehingga tidak efektif digunakan sebagai pakan awal bagi larva dari berbagai jenis ikan air payau dan laut. Penelitian lain yang dilakukan Ito (1960) terhadap toleransi salinitas dari rotifer *Brachionus plicatilis* sp. complex, menemukan bahwa jenis rotifer ini mampu hidup pada kisaran salinitas air payau hingga laut. Sehingga hal ini mendorong pelaku budidaya untuk memelihara rotifer *B. plicatilis* sp. complex dan menggunakannya sebagai pakan larva ikan air payau dan laut. Pada tahun 1964 hingga 1966, dilaporkan terdapat sekitar 50.000 ekor benih ikan buntal (tiger puffer atau *Takifugu rubripes* Temminck et Schlegel) dan 10.000 ekor benih ikan kakap merah (red seabream atau *Pagrus major* Temminck et Schlegel) berhasil diproduksi di berbagai balai pembenihan yang ada di Jepang (Hagiwara et al., 2007).

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Semenjak keberhasilan Ito (1960) memelihara rotifer dan menggunakannya sebagai pakan larva ikan laut (Ito, 1963). Berbagai bentuk teknologi telah diaplikasikan dalam upaya pemanfaatan jenis rotifer ini dalam berbagai bidang, khususnya budidaya larva ikan. Melalui berbagai teknologi rekayasa lingkungan, Hirata (1964) berhasil mendomestikasikan rotifer dalam lingkungan pemeliharaan terkontrol menggunakan hasil pengembangan teknologi pemeliharaan masal mikroalga *Nannochloropsis oculata* sebagai sumber nutrisi bagi rotifer. Kepadatan populasi rotifer yang berhasil dicapai pada tahap ini adalah 10-15 ind/mL, namun tiga tahun kemudian, Hirata and Mori (1967) melaporkan suatu teknik pemeliharaan rotifer dengan menggunakan ragi, yang mencapai kepadatan 150 ind/mL (bahkan pada kondisi spesifik dapat mencapai hingga 1500-2000 ind./mL). Akan tetapi, teknik pemeliharaan ini kurang stabil dan sering terjadi *crash* atau kegagalan pemeliharaan bahkan dilaporkan kurang memberikan dampak yang baik terhadap kandungan gizi rotifer. Rendahnya kandungan gizi rotifer dapat menjadi sumber rendahnya asupan gizi yang diperoleh larva,

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

sehingga berdampak pada rendahnya pertumbuhan dan perkembangan larva. Penggunaan ragi dalam pemeliharaan rotifer dewasa ini mulai ditinggalkan dan pelaku budidaya rotifer lebih memilih menggunakan teknik pemeliharaan rotifer berbasis mikroalga.

Di Jepang, sentuhan teknologi dalam pemeliharaan mikroalga telah memungkinkan negara ini memproduksi mikroalga kepadatan tinggi dalam bentuk pasta, yang dinamakan Super Chlorella V-12®. Produk ini menjadi solusi dalam pemeliharaan rotifer, yang mana pelaku budidaya rotifer di negara ini tidak lagi memelihara mikroalga tetapi dapat langsung menggunakan produk mikroalga pasta tersebut sebagai produk siap pakai. Dengan menggunakan produk ini, Yoshimura et al., (1996; 1997) berhasil memproduksi masal rotifer dengan kepadatan mencapai 5000 hingga 8000 ind./mL. Produk ini sudah dikomersilkan sehingga operator kultur rotifer di balai pembenihan ikan serta peneliti rotifer dapat dengan mudah mengakses produk ini. Hagiwara et al. (2001), melaporkan bahwa harga produk

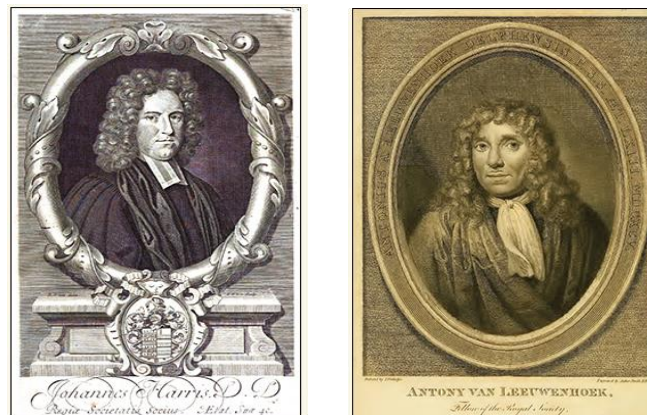
ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Chlorella pasta sekitar US\$ 140-150/18-L, yang berisi mikroalga Super *Chlorella* V-12 dengan kepadatan sekitar 20 miliar sel/mL. Belum lama ini, tim peneliti mikroalga di negara ini telah berhasil melakukan pengkayaan nilai gizi produk Chlorella pasta dengan *n*-3 HUFA sebagai asam lemak essential bagi larva ikan. Dengan menggunakan produk ini, rotifer dapat diberikan langsung pada larva tanpa harus melalui lagi proses pengkayaan nutrisi.

BAB 2
HISTORIKAL, TAKSONOMI DAN
NOMENKLATUR ROTIFER YANG
DIGUNAKAN DALAM INDUSTRI
MARIKULTUR

2.1. Historikal Penemuan Rotifer

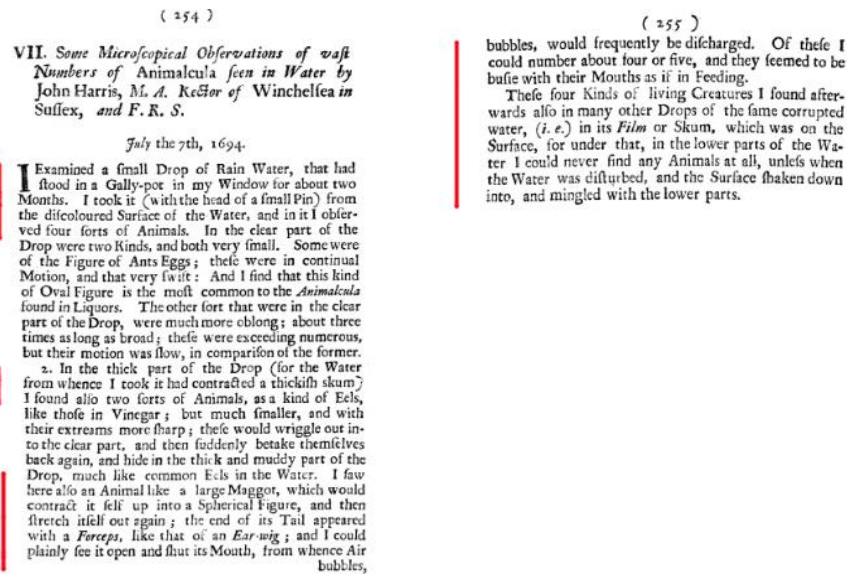
Penemuan mikroskop oleh Zacharias Jansen pada tahun 1590, merupakan titik awal dimulainya pengamatan terhadap berbagai jenis organisme berukuran tubuh kecil, termasuk rotifer.



Gambar 2-1. Peneliti awal Rotifera; John Harris (kiri) dan Anthony van Leewenhoek (kanan). (Sumber: Walker, 2015)

Dengan bantuan mikroskop sederhana, Anthony van Leewenhoek (1674 dan 1702) yang adalah seorang pengembang mikroskop dan John Harris (1696) yang adalah seorang rektor di Winchelsea, Sussex (Gambar 2-1), merupakan peneliti yang pertama kali melaporkan keberadaan organisme berukuran tubuh

kecil merujuk pada jenis rotifer yang mereka sebut waktu itu sebagai *Animalcula* (Ford, 1981; Walker, 2015).



Gambar 2-2. Publikasi mengenai *Animalcula* yang merujuk pada rotifer yang dipublikasikan oleh John Harris (Sumber: Harris, 1696).

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

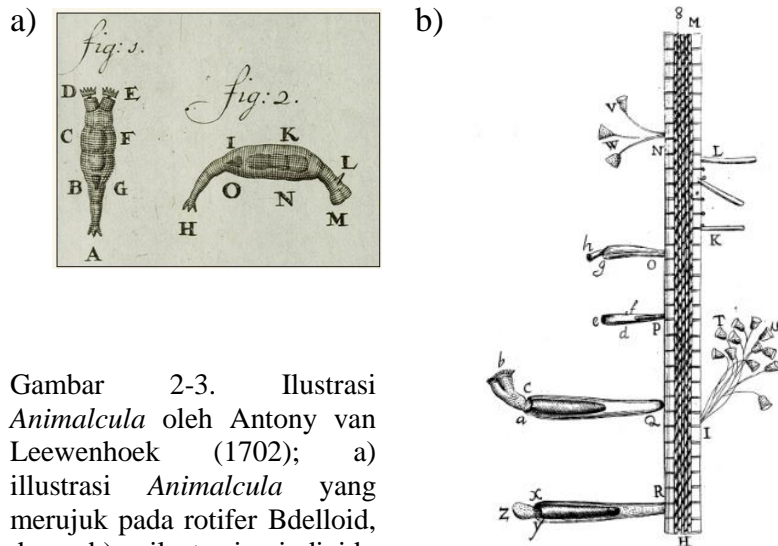
Laporan hasil pengamatan John Harris dapat ditemukan dalam sebuah jurnal ilmiah; *The philosophical transactions of the royal society*, yang dipublikasikan pada tanggal 7 Juli 1694 dengan judul *Some microscopical observation of vast numbers of animacula seen in water* (Dumont & Green, 1979) (Gambar 2-2).

Dalam laporan tersebut, Harris (1696) menyebutkan adanya organisme yang tubuhnya mirip belatung (*maggot*); dapat berkontraksi dari bentuk bulat dan kembali memanjang; bagian ujung ekornya seperti capit serangga (dermaptera); bagian mulutnya dapat membuka / menutup secara teratur dan pada bagian ini teramati adanya aktivitas makan. Organisme ini ditemukan pada media air yang terdapat dalam sebuah pot Gally (pot dari tanah yang digunakan peneliti pada zaman itu sebagai tempat obat) yang berisi tetesan air hujan yang telah tertampung dalam pot selama 2 bulan (Harris, 1696).

Sebelum John Harris mempublikasikan hasil pengamatannya di tahun 1696, beberapa literature menyebutkan bahwa *Animalcula* yang merujuk pada rotifer jenis Bdelloida, telah pula dilaporkan

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

sebelumnya oleh Anthony van Leewenhoek pada tahun 1674-1687 (Leeuwenhoek, 1674; Ford, 1981; Walker, 2015). Akan tetapi, laporan-laporan tersebut kurang menjadi rujukan ilmuan waktu itu karena ditulis dalam bentuk surat pada rekan ataupun dipublikasikan dalam versi bahasa Latin (Walker, 2015).



Gambar 2-3. Ilustrasi *Animalcula* oleh Antony van Leewenhoek (1702); a) ilustrasi *Animalcula* yang merujuk pada rotifer Bdelloid, dan b) ilustrasi individu *Animalcula* yang merujuk pada rotifer (Q, R) dalam posisi menempel pada akar tumbuhan gulma air

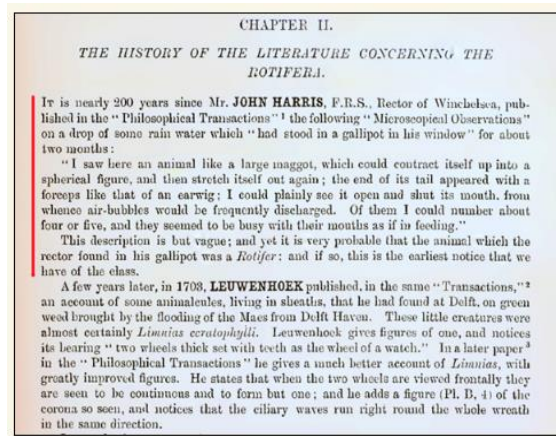
ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Pada tanggal 9 Februari 1702, melalui suratnya kepada Hendrik van Bleyswijk, Antonie van Loewenhoek berhasil untuk pertama kalinya membuat sebuah ilustrasi *Animalcula* yang merujuk pada rotifer jenis Bdelloid (Gambar 2-3a) yang disusul dengan publikasi tanggal 25 Desember 1702 di *The philosophical transactions of the royal society* dengan judul *Greenweeds growing in water and some animalcula found about them.*

Saville kent melalui publikasinya tahun 1880-1881 berjudul *A manual of infusoria Vol.1*, mengklarifikasi jenis *Animalculata* dalam laporan Harris (1696) sebagai deskripsi karakter organisme yang merujuk pada rotifer, dan klarifikasi ini diperkuat lagi oleh Hudson & Gosse (1886) dalam salah satu bagian tulisannya yang berjudul *The history of the literature concerning the rotifera* (Gambar 2-4). Lebih jauh Hudson & Gosse (1886) menyebutkan bahwa *Animalculata* yang menempel pada akar gulma air sebagaimana diilustrasikan dalam laporan dari Leewenhoek (Gambar 2-3b) merujuk pada rotifer jenis *Limnius*. Cuplikan uraian penjelasan dalam Hudson & Gosse

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

(1886) yang merujuk *Animalculata* dalam laporan Harris (1696) sebagai rotifer serta laporan Leewenhoek (1702-1703) yang merujuk pada rotifer dari jenis *Limnius* ditampilkan pada Gambar 2-4.



Gambar 2-4. Cuplikan publikasi Hudson & Gosse (1886)

Penggunaan nama rotifer, yang kemudian menjadi sebuah film, berawal dari deskripsi yang dilakukan oleh Baker tahun 1764 yang menyebut organisme ini sebagai "whell-animal" atau hewan pembawa roda. Dalam Bahasa Latin, roda adalah *rota* sedangkan pembawa adalah *ferre* atau *fero* (Ricci, 1983; Wallace et al,

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

2006). Penggunaan nama tersebut merujuk pada adanya silia yang bergerak seperti roda pada bagian kepala rotifer yang dapat dengan mudah teramati secara visual melalui mikroskop. Selanjutnya Thomas Brightwell (1848) melalui penelitiannya di sebuah danau dekat Norwich, berhasil mengungkap untuk pertama kalinya keberadaan individu jantan dalam populasi rotifer yang teridentifikasi kemudian sebagai rotifer dari jenis *Asplanchna brightwelli* Gosse (Dumont and Green, 1980).

Publikasi lebih mendetail dalam bentuk buku mengenai rotifer, pertama kali ditulis oleh Sir John Hill (1752) dan Henry Baker (1753). Selanjutnya, Ehrenberg (1838) dan Pitchard (1842) menulis buku yang berisi hampir semua jenis rotifer yang berhasil teridentifikasi pada masa itu, sebelum tergantikan oleh buku monograph yang ditulis oleh Hudson & Gosse (1886) yang masih digunakan hingga saat ini. Menurut Dumont & Green (1979), hingga tahun 1886 terdapat lebih dari 230 spesies rotifer berhasil dideskripsikan oleh beberapa ilmuwan waktu itu, diantaranya melalui publikasi oleh Gosse (1851) yang

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

mendeskripsikan sekitar 108 spesies rotifer. Saat ini, berdasarkan data dari situs Rotifer World Catalog (RTC) (<http://rotifera.hausdernatur.at/>) terdapat sekitar 3900 spesies rotifer yang telah teridentifikasi (Jersabek & Leitner, 2013). Mills, (2017) melaporkan bahwa filum Rotifera merupakan bagian dari kingdom Animalia pada subkingdom Eumetazoa. Menurut Segers (2011), filum Rotifera terbagi atas 2 klas, yaitu klas Pararotaria dan klas Eurotatoria, dengan uraian taksonominya sebagai berikut;

Filum **Rotifera** Cuvier, 1817 (2 klas)

Klas **Pararotatoria** Sudzuki, 1964 (1 ordo)

Ordo **Seisonacea** Wesenberg-Lund, 1899 (1 famili)

Famili **Seisonidae** Wesenberg-Lund, 1899 (2 genus, 3 sp)

Klas **Eurotatoria** De Ridder, 1957 (2 sub klas)

Subklas **Bdelloidea** Hudson, 1884 (4 famili)

Famili (**Adinetidae** Hudson and Gosse, 1889 (2 genus, 20 sp)

Famili **Habrotrochidae** Bryce, 1910 (3 genus, 152 sp)

Famili **Philodinavidae** Haring, 1913 (3 genus, 6 sp)

Famili **Philodinidae** Ehrenberg, 1838 (12 genus, 283 sp)

Subklas **Monogononta** Plate, 1889 (2 superordo)

Superordo **Pseudotracha** Kutikova, 1970 (1 ordo)

Ordo **Ploima** Hudson and Gosse, 1886 (23 famili)

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- Family **Asciaporrectidae** De Smet, 2006 (1 gen, 3 sp)
Family **Asplanchnidae** Eckstein, 1883 (3 gen, 15 sp)
Family **Birgeidae** Haring and Myers, 1924 (1 gen, 1 sp)
Family **Brachionidae** Ehrenberg, 1838 (7 gen, 170 sp)
Family **Clariidae** Kutikova et al, 1990 (1 gen, 1 sp)
Family **Cotylegaleatidae** De Smet, 2007 (1 gen, 1 sp)
Family **Dicranophoridae** Haring, 1913 (19 gen, 233 sp)
Family **Epiphanidae** Haring, 1913 (5 gen, 17 sp)
Family **Euchlanidae** Ehrenberg, 1838 (5 gen, 27 sp)
Family **Gastropodidae** Haring, 1913 (2 gen, 12 sp)
Family **Ituridae** Sudzuki, 1964 (1 gen, 6 sp)
Family **Lecanidae** Remane, 1933 (1 gen, 201 sp)
Family **Lepadellidae** Haring, 1913 (5 gen, 163 sp) \
Family **Lindiidae** Haring and Myers, 1924 (1 gen, 16 sp)
Family **Microcodidae** Hudson and Gosse, 1886 (1 gen, 1 sp)
Family **Mytilinidae** Haring, 1913 (2 gen, 29 sp)
Family **Notommatidae** Hudson & Gosse, 1886 (19 gen, 280 sp)
Family **Proalidae** Haring and Myers, 1924 (4 gen, 55 sp)
Family **Scaridiidae** Manfredi, 1927 (1 gen, 7 sp)
Family **Synchaetidae** Hudson and Gosse, 1886 (3 gen, 56 sp)
Family **Tetrastrophonidae** Haring & Myers, 1924 (1 gen, 1 sp)
Family **Trichocercidae** Haring, 1913 (3 gen, 72 sp)
Family **Trichotriidae** Haring, 1913 (3 gen, 23 sp)
Superordo **Gnesiotrocha** Kutikova, 1970 (2 ordo)

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Ordo **Flosculariacea** Haring, 1913 (5 famili)

Family **Conochilidae** Haring, 1913 (2 gen, 7 sp)

Family **Flosculariidae** Ehrenberg, 1838 (8 gen, 54 sp)

Family **Hexarthridae** Bartos, 1959 (1 gen, 18 sp)

Family **Testudinellidae** Haring, 1913 (3 gen, 45 sp)

Family **Trochosphaeridae** Haring, 1913 (3 gen, 19 sp)

Ordo **Collothecaceae** Haring, 1913 (2 famili)

Family **Atrochidae** Haring, 1913 (3 gen, 4 sp)

Family **Collothecidae** Haring, 1913 (2 gen, 47 sp)

2.2. Taksonomi dan Nomenklatur Rotifer dalam Industri Marikultur

Rotifera merupakan salah satu filum dalam kingdom animalia yang terdiri atas sekitar 1900 spesies (Sørensen & Giribet, 2006). Filum rotifer ini terdiri dari kelompok organisme invertebrata akuatik berukuran tubuh mikroskopik, yang dapat dikenali melalui adanya benang-benang ciliata pada bagian koronanya yang kelihatan berputar seperti roda. Semenjak dideskripsikan pertama kali oleh John Haris (1696) dan Antony van Leeuwenhoek (1703) rotifer dikelompokkan sebagai protozoa. Kemudian, Linnaeus (1758) mengelompokkan rotifer sebagai bagian dari Zoophyta, dan Cuvier (1798) menempatkan rotifer kedalam kingdom Zoophyta dalam kelas Infusoria. Pada masa ini, rotifer yang dikelompokkan sebagai infusoria masih terbatas pada jenis rotifer Bdelloida sedangkan rotifer dari jenis Monogononta masih disebut sebagai *Brachionus*. Pada tahun 1812, Du Trochel mulai mengelompokkan jenis Monogononta dan Bdelioda dalam suatu kelompok besar yang dinamakan

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Rotifera. Satu abad kemudian, Remane & Meyers (1933) mengelompokkan rotifer sebagai suatu kelompok organisme dalam filum terpisah dan mandiri yaitu dalam filum Rotifera. Penggunaan nama Rotifera dimulai semenjak tahun 1764 oleh Baker, yang merupakan peneliti pertama yang mendeskripsikan rotifer sebagai organisme pembawa roda atau *wheel bearers animal* atau *rota* (*wheel* / roda) dan *fero* (*bearers* / membawa) dalam bahasa latin (Ricci, 1983; Wallace et al, 2006).

Khusus untuk rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks yang banyak digunakan dalam industri marikultur, jenis rotifer ini dikelompokkan dalam sistem klasifikasi organisme ke dalam;

Filum **Rotifera** Cuvier, 1817 (2 klas)

Klas **Pararotatoria** Sudzuki, 1964 (1 ordo)

Ordo **Seisonacea** Wesenberg-Lund, 1899 (1 famili)

Famili **Seisonidae** Wesenberg-Lund, 1899 (2 genus, 3 sp)

Klas **Eurotatoria** De Ridder, 1957 (2 sub klas)

Subklas **Monogononta** Plate, 1889 (2 superordo)

Superordo **Pseudotracha** Kutikova, 1970 (1 ordo)

Ordo **Ploima** Hudson and Gosse, 1886 (23 famili)

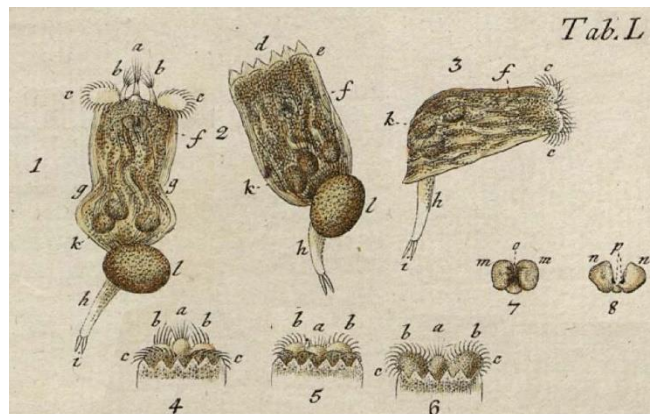
Family **Brachionidae** Ehrenberg, 1838 (7 gen, 170 sp)

Genus **Brachionus** Pallas, 1766 (86 sp)

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

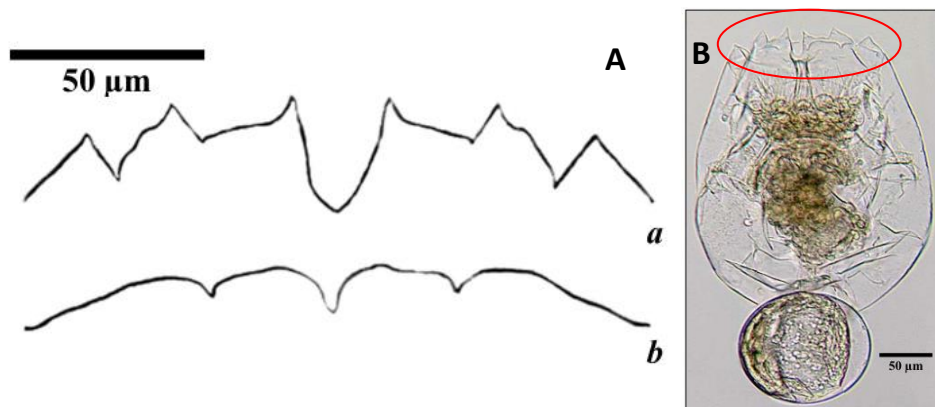
Spesies *Brachionus plicatilis* Muller, 1786
(merupakan kelompok spesies kriptik)

Rotifer *B. plicatilis* pertama kali dideskripsikan oleh Otto Friderich Muller (1730-1784) dalam bukunya yang diterbitkan tahun 1786 berjudul “*Animalcula infusoria fluviatilia et marina, quae detexit, systimatice descripsit et ad vivum delineari curavit*”. Ilustrasi bentuk morfologi rotifer *B. plicatilis* yang dibuat pertama kali oleh O.F Muler (1786) ditampilkan pada Gambar 2-5.



Gambar 2-5. Ilustrasi bentuk tubuh rotifer *Brachionus plicatilis* yang dibuat oleh Otho Fredricus Muller, dipublikasikan pada tahun 1786.

Ilustrasi yang digambarkan Muller (1786) jelas menunjukkan bahwa spesies *B. plicatilis* yang dideskripsikan tersebut memiliki kaki dengan 2 buah jari serta lorika yang memiliki 6 buah duri pada bagian anterior dorsal (dan 4 buah duri tumpul pada bagian anterior ventral). Karakter morfologi lorika tersebut selanjutnya menjadi salah satu karakter yang banyak digunakan saat ini sebagai kunci pembeda antara rotifer *B. plicatilis* dengan spesies rotifer lain.



Gambar 2-6. Bentuk duri tajam pada bagian anterior dorsal (a) dan bentuk duri tumpul pada bagian ventral (b) rotifer *Brachionus plicatilis* sp. kompleks.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

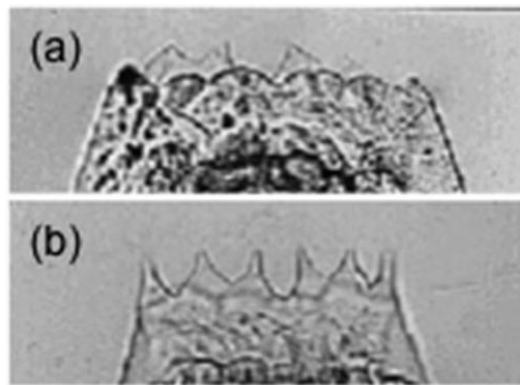
Ilustrasi karakter morfologi lorika rotifer *B. plicatilis* yang kemudian menjadi rujukan peneliti dalam membedakan kelompok spesies ini ditampilkan pada Gambar 2-6.

Awal penggunaan rotifer dalam industri marikultur khususnya sebagai sumber nutrisi bagi larva ikan laut yang dibudidaya, dimulai di Jepang pada sekitar tahun 1960an (Ito 1960). Hagiwara et al., (2007) menjelaskan bahwa penggunaan rotifer sebagai pakan larva ikan pada masa itu menjadi awal kesuksesan negara ini untuk memproduksi sekitar 50.000 ekor benih ikan buntal (tiger puffer) dan 10.000 ekor benih ikan kakap merah.

Pada sekitar tahun 1970an, Oogami (1976) melaporkan bahwa dalam pemeliharaan larva ikan laut di tambak, sering ditemukan adanya 2 jenis rotifer yang teramati memiliki ukuran tubuh berbeda. Keberadaan 2 jenis rotifer dengan ukuran tubuh berbeda dalam tambak pemeliharaan larva ikan laut, dilaporkan pula dalam Hino & Hirano (1976) dan Okauchi and Fukusho (1984). Oogami (1976) selanjutnya membagi kedua jenis rotifer ini kedalam 2 tipe rotifer berbeda, yaitu; tipe-L (*large*) yang

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

memiliki ukuran lorika lebih besar serta memiliki duri pada bagian anterior yang lebih tumpul, dan tipe-S (*small*) yang memiliki ukuran lorika lebih kecil serta memiliki duri pada bagian anterior yang lebih tajam (Gambar 2-7).



Gambar 2-7. Bentuk duri lorika pada rotifer tipe-L (a) dan tipe-S (b). sumber (Hagiwara et al., 2017)

Kedua tipe rotifer ini selain memiliki ukuran lorika dan bentuk duri yang bervariasi, ternyata pula memiliki kemampuan adaptasi terhadap lingkungan pemeliharaan yang berbeda sehingga sering menjadi kendala bagi para pelaku budidaya terutama dalam hal penentuan kondisi pemeliharaan yang ideal untuk masing-masing

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

tipe rotifer tersebut. Rotifer tipe-L lebih adaptif pada suhu sub tropis sedangkan rotifer tipe-S lebih adaptif pada suhu tropis. Bahkan, Hagiwara & Hirayama (1993) melaporkan bahwa kedua tipe rotifer ini memiliki perbedaan fekunditas, reproduksi dan produksi telur dorman ketika dipelihara pada suhu yang sama. Perbedaan antara kedua tipe rotifer ini semakin diperkuat dengan hasil penelitian dari Fu et al., (1993) yang melaporkan adanya isolasi reproduksi antara kedua tipe rotifer tersebut. Rotifer tipe-L tidak dapat melakukan aktifitas reproduksi dengan rotifer tipe-S dan sebaliknya. Melalui analisa variasi genetik dan morfometri yang dilakukan terhadap 67 strain rotifer dari berbagai penjuru dunia, Fu et al., (1991a,b) menemukan bahwa perbedaan ukuran lorika dan duri bagian anterior antara tipe-L dan tipe-S ternyata konsisten dengan hasil analisa genetik menggunakan isozyme. Perbedaan antara kedua tipe rotifer ini pula diperkuat dengan data analisa kariotipe yang dilaporkan oleh Hirayama & Rumengan (1993) yang menemukan bahwa jumlah kromosom pada rotifer tipe-L sebanyak 22 kromosom sedangkan pada tipe-S sebanyak 25 kromosom. Berdasarkan atas temuan tersebut diatas serta

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

temuan-temuan lainnya terhadap kedua tipe rotifer tersebut (Tabel 2-1), Segers (1995) kemudian melakukan tinjauan ulang dalam bentuk klarifikasi dimana, rotifer tipe-L adalah rotifer yang sama dengan rotifer *B. plicatilis* O.F. Muller, (1786) dan rotifer tipe-S adalah rotifer yang sama dengan rotifer *Brachionus rotundiformis* Tschgunoff, (1921).

Tabel 2-2. Beberapa hasil penelitian yang membuktikan perbedaan karakter biologi reproduksi kedua jenis rotifer tipe-L dan tipe-S (Segers, 1995)

Karakter	Perbedaan
• Morfologi (Fu et al., 1991a)	Adanya perbedaan ukuran dan bentuk duri pada bagian dorsal anterior antara tipe L dan S
• Pola izosyme (Fu et al., 1991b)	Adanya perbedaan jumlah isozyme (tipe L=37 dan tipe S =30)
• Reproduksi (Hirayama & Rumengan, 1993)	Reproduksi seksual dan aseksual kedua tipe rotifer berbeda
• Jumlah kromosom (Rumengan et al., 1991)	Rotifer tipe L memiliki karyiotipe $2n=25$ sedangkan tipe S memiliki $2n=22$

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

<ul style="list-style-type: none">• Uji coba kawin silang;<ul style="list-style-type: none">• Fu et al, 1993• Rico-Martinez & Snell, 1995; Gomez & Serra, 1995• Rico-Martinez & Snell, 1995	<p>Tidak terbentuknya telur resting antara rotifer tipe L dan tipe S</p> <p>Terjadi diskriminasi jantan antara rotifer tipe L dan tipe S</p> <p>Adanya perbedaan binding hormon MRP (mate recognition pheromone)</p>
---	--

Lebih jauh Segers (1995) menjelaskan bahwa *B. plicatilis* O.F. Muller, (1786) merupakan spesies yang sama dengan spesies rotifer yang dideskripsikan oleh beberapa peneliti setelah Muller (1786), seperti; *Brachionus muelleri* Ehrenberg, (1834); *Brachionus hepatotopus* Gosse, (1851); *Brachionus plicatilis aspanchnoides* Charin, (1947); dan *Brachionus plicatilis longicornis* Fadeev, (1925). Sedangkan, rotifer *B. rotundiformis* Tschgunoff, (1921) merupakan spesies yang sama dengan deskripsi spesies rotifer oleh beberapa peneliti setelah Tschgunoff (1921), seperti; *Brachionus baylyi* Sudzuki & Timms, (1977); *Brachionus spatious* Rousselet, (1912);

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

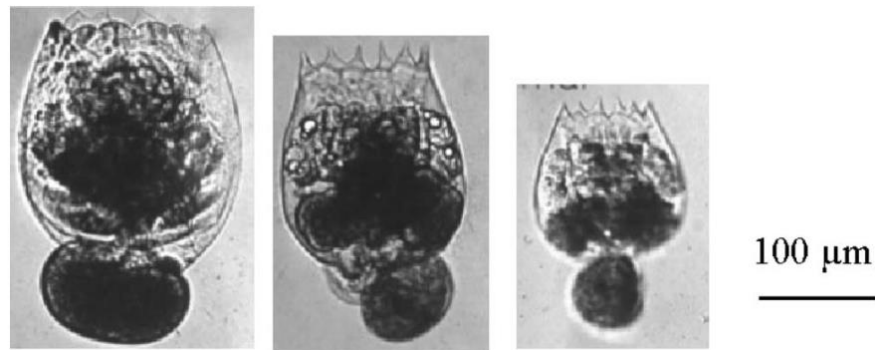
Brachionus decemcornis Fadeev, (1925); *Brachionus plicatilis ecornis* Fadeev, (1925); *Brachionus plicatilis murrayi* Fadeev, (1925); *Brachionus orientalis* Rodewald, (1937); *Brachionus plicatilis colongulaciens* Koste & Shield, (1980); dan *Brachionus plicatilis estoniana* Sudzuki, (1987).

Selanjutnya pada sekitar tahun 1980an, beberapa peneliti rotifer kemudian melaporkan adanya strain rotifer yang memiliki bentuk yang sama dengan kedua tipe rotifer tersebut diatas namun memiliki ukuran lorika lebih kecil serta lebih adaptif pada suhu lebih tinggi (Hagiwara et al., 1995). Berdasarkan ukurannya yang jauh lebih kecil dari kedua tipe rotifer sebelumnya, maka Hagiwara et al, (1995) menyebut tipe rotifer ini sebagai rotifer tipe-SS (*super small*).

Meskipun rotifer tipe-SS ini memiliki ukuran tubuh dan adaptasi lingkungan yang berbeda dengan kedua tipe rotifer sebelumnya, namun melalui analisis mate recognition pheromen (MRP) binding dan anti-MRP binding, Hagiwara et al., (1995) dan Kotani et al., (1997) menemukan bahwa rotifer tipe-SS dapat

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

dikategorikan sebagai spesies yang berbeda dengan rotifer tipe-L namun belum dapat dikategorikan sebagai spesies yang berbeda dengan tipe-S.



Gambar 2-8. Bentuk morfologi rotifer tipe-L (kiri), tipe-S (tengah), dan tipe-SS (kanan) (Sumber: Hagiwara et al., 2001).

Terinspirasi dari fenomena keunikan tipe-tipe rotifer tersebut diatas, tim peneliti dari Spanyol melakukan suatu kajian terhadap komunitas rotifer yang ada di pesisir pantai berawa di wilayah Torreblanca, Castelin, Spanyol. Berdasarkan bukti ilmiah yang mereka peroleh dari aspek perbedaan penanda genetik, toleransi ekologi, respons reproduksi mixis dan tingkah-laku kawin serta

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

perbedaan aliran genetik, mereka kemudian menyebut jenis rotifer *Brachionus* ini sebagai spesies kriptik atau spesies yang sulit dibedakan karena memiliki kesamaan morfologi tetapi diantara spesies tersebut tidak dapat lagi bereproduksi. Kelompok peneliti ini selanjutnya membagi jenis rotifer yang mereka dapatkan dari perairan pantai berawa ini ke dalam 3 tipe rotifer, yaitu tipe-L, tipe-S dan tipe SM (“Small Medium”, berukuran tubuh sedang) (Gómez and Serra, 1995; Gomez and Serra, 1996; Ciros-Perez et al., 2001). Mereka menyebut rotifer tipe-L sebagai spesies *Brachionus plicatilis sensu strictu* (biotipenya; *Brachionus* sp. Nevada, *Brachionus* sp. Austria, *Brachionus* sp. Manjavacas), tipe-S dan tipe-SS sebagai *B. rotundiformis* dan tipe-SM sebagai spesies rotifer baru yaitu *Brachionus ibericus* (biotipenya; *Brachionus* sp. Cayman, *Brachionus* sp. Tiscar, Almenara) (Ciros-Perez et al, 2001). Meskipun demikian, Kotani et al (1997) menemukan bahwa *B. plicatilis sensu strictu* memiliki batas antar spesies yang kuat dengan spesies rotifer lainnya, namun lemah antara *B. ibericus* dan *B. rotundiformis* berdasarkan pada aktivitas kawin dari

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

kedua spesies tersebut. Adapun penggolongan rotifer tipe-S dan tipe-SS ke dalam spesies *B. rotundiformis* cocok dengan dengan hasil kajian molekuler yang dilakukan beberapa tahun kemudian oleh Gomez et al., (2002) dan Suatoni et al., (2006) yang juga menyimpulkan bahwa kedua tipe rotifer ini merupakan satu spesies yang sama yaitu *B. rotundiformis*.

Seiring dengan berkembangnya teknologi molekuler, beberapa peneliti mulai tertarik menggunakan rotifer sebagai organisme uji dalam studi evolusi. Beberapa pertimbangan yang digunakan diantaranya adalah; rotifer merupakan jenis organisme yang bersifat spesies kriptik, mudah dipelihara, hidup di berbagai perairan dunia, memiliki waktu generasi yang pendek dan dapat diinduksi untuk bereproduksi secara seksual maupun aseksual. Gomez et al., (2002) melakukan kajian molekuler menggunakan gen ribosomal internal transcribed spacer 1 (ITS 1), mitochondrial sytochrome c oxidase subunit 1 (COI) dan 16S rRNA terhadap rotifer yang dikoleksi dari 27 lokasi di wilayah semenanjung Iberia. Hasil kajian mereka menunjukkan suatu

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

fenomena menarik dalam bidang evolusi spesies yang mana rotifer di wilayah ini dapat digolongkan dalam 9 spesies berbeda. Mereka mengasumsikan bahwa, jenis-jenis strain *Brachionus* yang belum teridentifikasi sebelumnya, seperti strain *Brachionus* dari Nevada, Cayman, Austria, Tiscar dan Almenara sebagai spesies yang baru. Asumsi ini didukung pula dengan data variasi atau persamaan morfologi sebagaimana yang dilaporkan oleh Gomez dan Snell (1996), Kostopoulou et al., (2009) dan Maleksadeh-Viayeh et al., (2014).

Selanjutnya, Suatoni et al., (2006) melakukan suatu kajian molekuler terhadap rotifer menggunakan sampel rotifer yang dikoleksi dari suatu wilayah yang lebih luas lagi, yaitu dari 25 lokasi sampling di 13 negara berbeda di wilayah Amerika Utara, Eropa, Asia, Afrika, Australia dan Karabia. Kelompok peneliti ini menggunakan gen COI, ITS1, 18SrRNA dan 5.8SrRNA sebagai dasar pembeda karakter molekuler masing-masing spesies rotifer yang mereka gunakan, dan melaporkan suatu fenomena kriptik yang lebih besar lagi, dimana mereka

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

menggolongkan rotifer yang mereka analisis kedalam 14 atau lebih spesies rotifer yang berbeda.

Tahun 2015, sekelompok peneliti yang terdiri dari 23 pakar rotifer melakukan kajian komperhensif menggunakan dataset sekuens gen COI dan ITS-1 sebanyak 1273 isolat dari berbagai lokasi sampling yang terdokumentasi dalam situs GenBank hingga Maret 2015. Melalui pendekatan teknik analisis DNA taksonomi menggunakan ABGD (The Automatic Barcode Gap Discovery) dan GMYC (The Generalised Mixed Yule Coalescent), kelompok peneliti ini menyimpulkan bahwa rotifer *B. plicatilis* kompleks dapat digolongkan kedalam 15 spesies rotifer berbeda, yang terdiri dari tipe-L sebanyak 4 spesies (L1, L2, L3 dan L4), tipe SM sebanyak 9 spesies (SM1, SM2, SM3, SM4, SM5, SM6, SM7, SM8 dan SM9) dan tipe SS sebanyak 2 spesies (SS1 dan SS2) (Gambar 2-9).

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Hasil penggolongan rotifer berbasis molekuler tersebut diatas, selanjutnya disepakati melalui suatu pertemuan ilmiah yang dihadiri oleh para peneliti rotifer, yaitu the 14th International Rotifer Symposium yang dilaksanakan di Ceske Budejovice, Republik Cheko tahun 2015, sebagai acuan penggolongan rotifer saat ini.

Perlu dipahami bahwa perbedaan morfologi antar spesies rotifer *B. plicatilis* sp kompleks tersebut belum dapat diklarifikasi dan penamaan spesiesnya pun belum diberikan. Spesies rotifer ini masih dikategorikan sebagai biotipe yang membutuhkan tambahan data untuk klarifikasi nomenklaturnya. Analisis morfologi yang lebih dalam disertai dengan analisis molekuler menggunakan gen lain (selain COI, ITS1 dan 16S rRNA) menjadi bagian penting dalam mengklarifikasi nomenklatur jenis rotifer ini. Publikasi ilmiah menyangkut jenis rotifer ini sering dikutip menggunakan penamaan ilmiah, sebagai rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks yang merujuk pada spesies *B. plicatilis sensu strictu*, *B. ibericus* dan *B. rotundiformis*, namun dalam

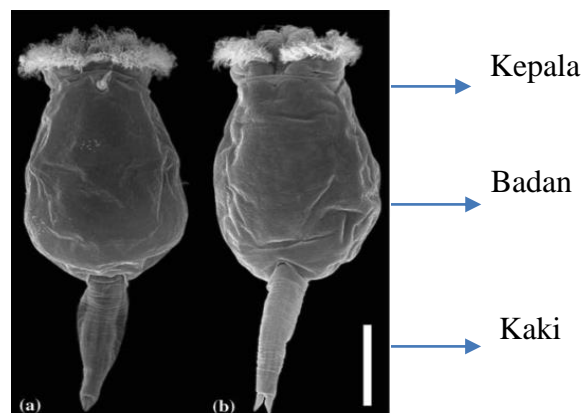
ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

industri budidaya marikultur, jenis rotifer ini lebih dikenal berdasarkan tipe ukuran tubuhnya, yaitu rotifer tipe-L, tipe-S (tipe-SM), dan tipe-SS.

BAB 3
MORFOLOGI DAN ORGAN INTERNAL
ROTIFER

3.1. Morfologi Rotifer

Rotifer *B. plicatilis* sp kompleks merupakan jenis organisme planktonik yang berukuran mikroskopis dengan panjang lorika antara 200 hingga 440 μm (Koste & Shiel, 1981; Walker, 1981, Hagiwara et al., 1995; Ciros-Perez et al., 2001, Wullur et al., 2009).



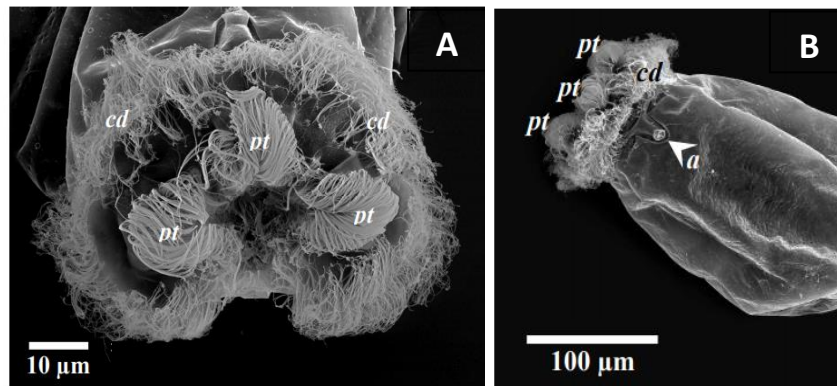
Gambar 3-1. Hasil pemindaian menggunakan mikroskop elektron, bentuk tubuh rotifer *Brachionus plicatilis* spesies kompleks dari sisi ventral (a) dan dorsal (b) (Sumber; Fonteno et al, 2007).

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Secara umum, tubuh organisme ini terbagi atas tiga bagian utama, yaitu; kepala, badan dan kaki (Gambar 3-1). Bagian kepala rotifer terletak pada bagian ujung anterior, yang mewadahi organ-organ rotari atau korona, organ sensori, antenna dan *ocelli* (mata tunggal).

Korona atau mahkota pada rotifer merupakan organ tempat tumbuhnya benang-benang silia yang pergerakannya terlihat seperti putaran roda. Aktifitas pergerakan silia ini menjadi asal mula penamaan rotifer sebagai organisme rotatoria atau pembawa roda. Korona pada rotifer *B. plicatilis* spesies kompleks terdiri atas;

- 3 (tiga) bagian korona internal yang disebut sebagai *pseudotrochus*
- 2 (dua) bagian korona eksternal atau *cingulum*, yang terdapat pada bagian samping dan berhadapan mengelilingi korona internal (Gambar 3-2).



Gambar 3-2. Hasil pemindaian mikroskop elektron, bagian korona pada rotifer yang diambil dari sisi bagian atas (A) dan bagian samping (B). Korona rotifer terdiri atas; 2 bagian korona eksternal atau *cingulum* (cd) dan 3 bagian korona internal yang disebut *pseudotrochus* (pt). Mata serebral serta antenna (a) sebagai organ sensori pada rotifer yang terletak pada bagian anterior pada sisi dorsal (Sumber : Mills, 2006)

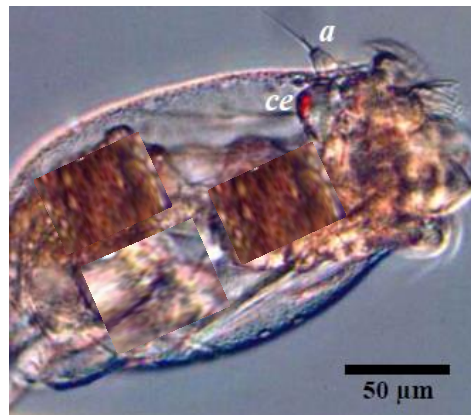
Menurut Yu & Cui (1997), pergerakan silia pada bagian korona eksternal (*cingulum*) berperan dalam pergerakan renang rotifer sedangkan silia pada bagian internal (*pseudotrochus*) berperan dalam pengambilan partikel makanan berupa alga, detritus material organik lainnya yang terdapat pada kolom air sebagai sumber nutrisi rotifer. Organ sensori pada rotifer adalah mata

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

serebral yang berisi sel pigmen merah serta antenna yang terletak pada bagian anterior pada sisi dorsal rotifer (Gambar 3-2b). Organ mata serebral ini merupakan organ yang hanya terdiri atas 5 sel. Organ ini memiliki 2 buah jaringan saraf yang terhubung pada 2 buah organ fotoreseptor dan dibungkus oleh sel epitel atau mangkok pigmen yang mengandung karotenoid sehingga memberikan warna merah pada organ sensor ini (Clement et al., 1983).

Antena pada rotifer terdapat pada bagian lateral maupun pada bagian dorsal. Antena pada bagian lateral seringkali sulit ditemukan pada saat analisis karena biasanya telah terlebih dulu berkontraksi dan masuk ke dalam lorika. Sedangkan antena pada bagian dorsal dapat ditemukan pada daerah dekat dengan korona, yang ditandai dengan adanya tonjolan dengan bagian ujungnya memiliki serabut-serabut sensor (Gambar 3-3).

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR



Gambar 3-3. Posisi dan bentuk antena (a) pada rotifer yang terdapat berdekatan dengan mata serebral (ce) (Sumber: Mills, 2006; sudah dimodifikasi).

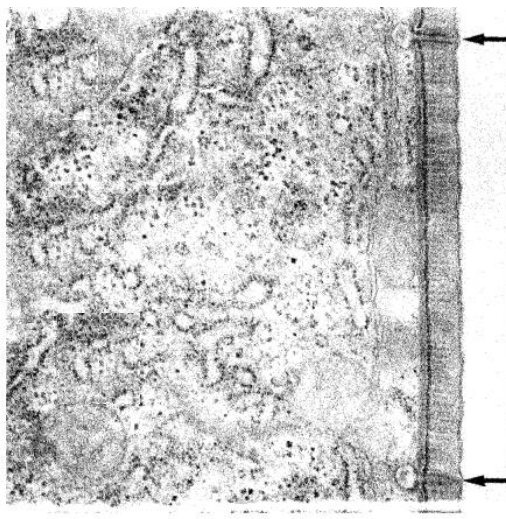
Fungsi kedua tipe antena pada rotifer masih kurang dipahami, namun diduga memiliki fungsi sebagai mekanoreseptor yang berperan sebagai sensor pergerakan air sehingga mempermudah orientasi rotifer pada kolom air (Clement et al., 1983).

Bagian badan merupakan bagian utama dari tubuh rotifer yang berbentuk bulat memanjang dan transparan (Linderman & Kleinow, 2000). Bagian ini dilindungi oleh suatu sistem intugmen yang tersusun atas lapisan-lapisan, yang disebut dengan

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

lorika (Bander & Kleinow, 1988). Yu & Cui (1997), menjelaskan bahwa lapisan intugmen ini terdiri atas lapisan tipis (47 nm) pada bagian internal dan lapisan agak tebal (205 nm) pada bagian eksternal. Pada beberapa bagian tertentu lapisan intugmen terdapat beberapa buah pori berdiameter sekitar 71 nm yang berfungsi sebagai tempat ekskresi produk metabolisme rotifer.

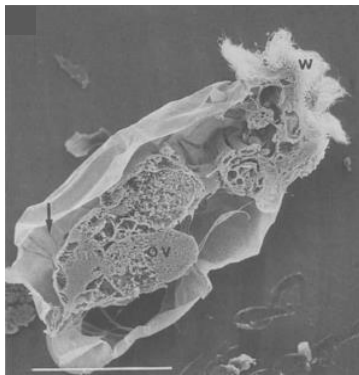
Intugmen ini, selain memiliki fungsi sebagai rangka pembentuk tubuh rotifer, juga berfungsi sebagai lapisan lunak yang membungkus organ dan cairan internal rotifer (Bander & Kleinow, 1988; Mills, 2006).



Gambar 3-4. Hasil pemindaian mikroskop elektron terhadap lapisan tebal pada bagian eksternal dan lapisan tipis pada bagian internal intugmen dari rotifer. Tanda panah menunjukkan posisi pori pada intugmen (Sumber : Yu & Cui, 1997).

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Menurut Bender & Kleinow (1987), lapisan lunak intugmen yang disebut dengan lorika ini tersusun atas filamen-filamen yang mengandung bahan protein seperti keratin. Dengan menggunakan mikroskop pemindai elektron, Kleinow & Wratil (1995) mengilustrasikan tampilan bagian dalam tubuh rotifer sesuai dengan arah pemotongan dari ujung anterior hingga posterior (Gambar 3-4). Beberapa organ internal rotifer yang dapat teramati adalah organ korona beserta dengan benang-benang silia pada bagian anterior, mastaks, perut dan ovarium hingga bagian kaki pada ujung posterior.

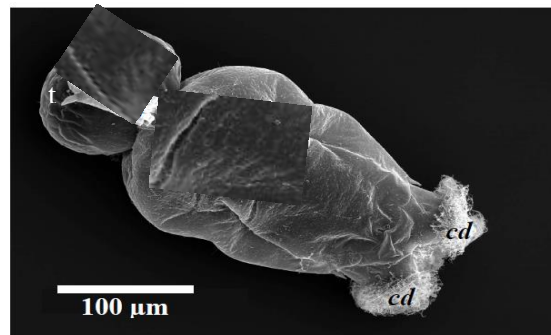


Gambar 3-5. Hasil pemindaian mikroskop elektron, bagian internal tubuh rotifer sepanjang anterior hingga posterior (Sumber; Kleinow & Wratil, 1995).

Bagian kaki pada rotifer terletak pada bagian ujung posterior yang berfungsi sebagai organ bantu bagi rotifer untuk menempel

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

atau berjalan pada objek disekitarnya (Gambar 3-5). Pada bagian kaki ini, terdapat 2 buah jari yang dilengkapi oleh sekitar 30 kelenjar perekat atau semen yang berfungsi untuk membantu rotifer menempel pada objek yang ada disekitarnya.



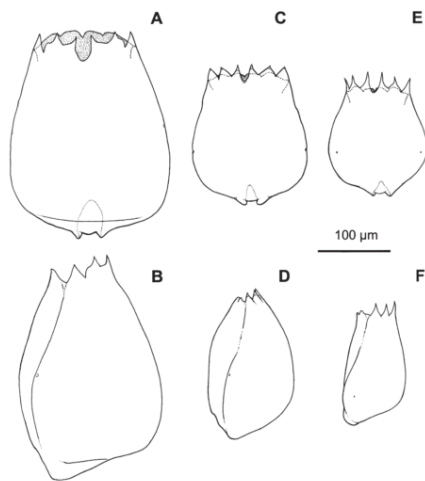
Gambar 3.6. SEM dari sisi ventral rotifer *B. plicatilis* spesies kompleks. Kaki (f) yang memiliki 2 buah jari (t) terletak pada ujung posterior (Sumber: Mills, 2006 telah dimodifikasi)

Berbagai penelitian menyebutkan bahwa secara molekuler rotifer *B. plicatilis* merupakan spesies kompleks yang terdiri atas 15 spesies rotifer berbeda. Akan tetapi, Hagiwara et al. (2017),

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

menyebutkan bahwa secara morfologi dan berdasarkan atas kemudahan dalam operasional budidaya rotifer, maka jenis rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks dikelompokkan ke dalam 3 tipe rotifer berdasarkan ukuran dan bentuk lorikanya, yaitu: tipe-L (large), tipe-S (small) / tipe-SM (small-medium) dan tipe-SS (super small) (Gambar 3-2). Menurut Ciros-Perez et al., (2001), rotifer tipe-L memiliki ukuran lorika lebih panjang (mean±SE; $299\pm 1.5 \mu\text{m}$) dibandingkan dengan rotifer tipe-S / tipe-SM ($193\pm 1.4 \mu\text{m}$) dan tipe-SS ($149\pm 1.3 \mu\text{m}$). Perbedaan ukuran lorika ini dapat teramati pula pada lebar lorika dari masing-masing tipe rotifer, dimana tipe-L memiliki ukuran lorika lebih lebar ($226\pm 2.5 \mu\text{m}$) dibandingkan dengan tipe-S / SM ($145\pm 2.5 \mu\text{m}$) maupun dengan tipe-SS ($120\pm 2.5 \mu\text{m}$). Begitu pula halnya dengan ukuran bukaan bagian kepala rotifer tipe L yang cenderung lebih besar ($144\pm 2.5 \mu\text{m}$) dengan tipe-S / SM ($99\pm 2.5 \mu\text{m}$) dan tipe-SS. Perlu dipahami bahwa masing-masing tipe rotifer juga memiliki ukuran morfologi yang dapat saja bervariasi tergantung pada perbedaan strain dan kondisi lingkungan

pemeliharaan rotifer tersebut. Sebagai contoh, Hagiwara et al., (1995) mengukur panjang lorika dari 3 strain rotifer tipe-SS berbeda, yang menunjukkan adanya variasi ukuran antara masing-masing strain, yaitu: $179\pm 4 \mu\text{m}$ (strain Thai), $187\pm 5 \mu\text{m}$ (strain Fiji) dan $182\pm 7 \mu\text{m}$ (strain Okinawa).



Gambar 3-7. Bentuk lorika rotifer *Brachionus plicatilis* spesies kompleks; tipe-L ((a) sisi dorsal dan (b) sisi ventral), tipe-S / tipe-SM ((c) sisi dorsal dan (d) sisi ventral) dan tipe-SS ((e) sisi dorsal dan (f) sisi ventral) (Sumber: Ciros-Perez et al., 2001)

Rumengan et al., (1998) melaporkan adanya perbedaan ukuran lorika rotifer tipe-SS strain Manado yang dipelihara

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

menggunakan jenis pakan berbeda. Melalui pemberian mikroalga jenis *Tetraselmis* sp ukuran lorika rotifer tipe-SS strain manado cenderung lebih panjang ($199\pm 10\ \mu\text{m}$) dibandingkan dengan pemberian microalgae jenis *Nannochloropsis* sp ($151\pm 13\ \mu\text{m}$) dan *Isochrysis* sp ($152\pm 14\ \mu\text{m}$).

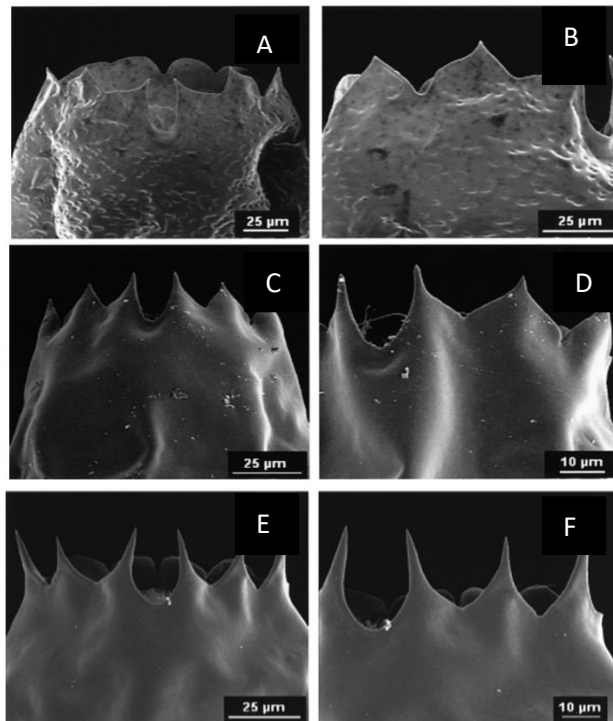
Selain berbeda dari sisi ukuran lorika, ketiga tipe rotifer ini memiliki bentuk duri lorika yang berbeda pula. Rotifer tipe-L memiliki duri berbentuk lebih pendek dibandingkan dengan ke dua tipe rotifer lainnya. Perbedaan ukuran duri lorika pada masing-masing tipe rotifer ini telah dilaporkan oleh Ciroso-Perez et al., (2001). Melalui penggunaan Scanning Elektron Microscope (SEM), tim peneliti ini memberi gambaran detail bentuk lorika dari ketiga tipe rotifer tersebut (Gambar 3-3), dimana;

1. Rotifer tipe-L:
 - a. Memiliki 3 pasang duri berukuran sama
 - b. Memiliki bentuk duri pada bagian ujung lebih pendek dibandingkan dengan tipe rotifer lainnya

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- c. Duri yang terdapat paling luar memiliki kesamaan bentuk dengan duri yang terdapat di bagian dalam, yaitu berbentuk segitiga dengan bentuk dasar lebih lebar
 - d. Duri yang terdapat pada bagian tengah berbentuk segitiga, namun terlihat sedikit melengkung pada sisi bagian luar.
2. Rotifer tipe-S / tipe-SM:
- a. memiliki 3 pasang duri berukuran sama
 - b. Memiliki bentuk duri pada bagian ujung yang terlihat lebih panjang dari rotifer tipe-L namun lebih pendek dari rotifer tipe-SS
 - c. Duri yang terdapat pada bagian tengah cenderung berbentuk segitiga sama sisi.
3. Rotifer tipe-SS:
- a. Memiliki 3 pasang duri yang cenderung berukuran beda, dimana duri yang terdapat pada bagian tengah cenderung lebih pendek dibandingkan dengan duri pada bagian samping

- b. Memiliki bentuk duri pada bagian ujung yang terlihat lebih panjang dari tipe rotifer lainnya



Gambar 3-8. Hasil Scanning Elektron Microscope (SEM) bentuk duri lorika rotifer tipe-L (A,B), tipe-S / SM (C,D) dan tipe SS (E,F) (Sumber, Ciros-Perez et al., 2001; sudah dimodifikasi).

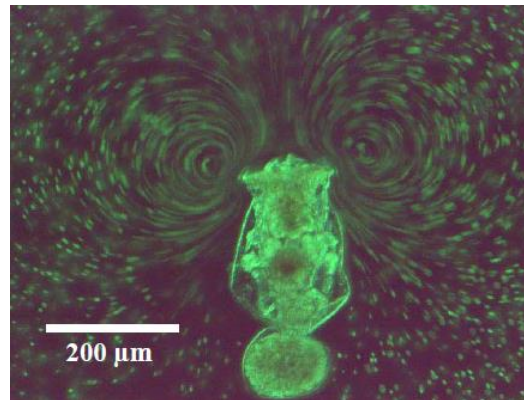
3.2. Organ Internal Rotifer

Organ internal pada rotifer dibungkus oleh suatu lapisan intugmen yang disebut dengan lorika. Organ internal ini, dikelilingi oleh suatu cairan internal yang disebut dengan *pseudocoelom* yang berfungsi sebagai penyangga terhadap organ-organ internal, seperti: organ pencernaan, organ ekskresi, organ reproduksi, organ protonephridia / osmoregulasi, dan organ lainnya (Gambar 3-5). Rotifer dilaporkan tidak memiliki sistem pernapasan dan sistem peredaran darah namun sistem ini diganti perannya oleh cairan *pseudocoelom* yang menyangga organ-organ internal tersebut. Seperti halnya dengan berbagai organisme *pseudocoelomate* lainnya, rotifer melakukan pertukaran gas dengan lingkungan luar serta membuang sampah nitrogen dengan cara difusi melalui permukaan tubuhnya dan proses sirkulasi cairan tubuh dalam intugmen diperlancar dengan adanya kontraksi otot pada rotifer.

Organ pencernaan pada rotifer berfungsi penting dalam proses pengambilan makanan, penyerapan nutrisi hingga pembuangan

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

dalam bentuk ekskresi. Rotifer mendapatkan makanan dalam kolom air melalui pergerakan siliata yang terdapat pada bagian korona. Pergerakan siliata pada bagian eksternal (*cingulum*) menyebabkan terjadinya pusaran arus disekitar tubuh rotifer, kemudian partikel makanan diambil dan dimasukkan melalui mulut oleh benang siliata khususnya yang terdapat pada bagian internal (*pseudotrochus*) (Clement & Wurdak, 1991; Mills, 2006) (Gambar 3-9).



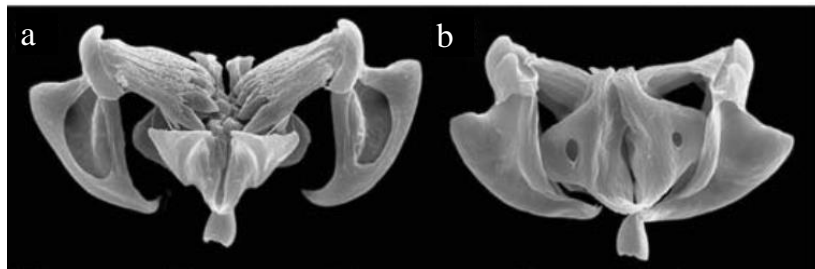
Gambar 3-9. Fotomikrograf pergerakan silia pada bagian korona yang menyebabkan putaran arus disekitar korona, yang memungkinkan rotifer untuk mendapatkan makanan (Sumber: Mills, 2006).

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Clement & Wurdak (1991), menambahkan bahwa 3 kelompok benang siliata pada bagian *pseudotrochus* memiliki peran penting dalam mengambil, menyeleksi dan bahkan menolak partikel makanan menuju organ mulut.

Partikel yang masuk pada rongga mulut rotifer selanjutnya diteruskan melalui *pharynx* untuk dikunyah oleh suatu rahang keras (mastaks) yang disebut dengan trophi (Gambar 3-10). Menurut Klusemann et al. (1990), trophi ini tersusun dari sekitar 60% kitin dan sisanya dari bahan protein lainnya. Trophi ini terbagi atas bagian trophi yang keras dan dilapisi oleh bagian trophi yang lunak namun memiliki bahan penyusun yang sama. Ukuran trophi rotifer ini sekitar 10 μm , dan hanya dapat dianalisis menggunakan mikroskop pemindai elektron. Fontaneto & Melone (2005, 2006) menyebutkan bahwa bentuk dan ukuran trophi rotifer tidak berubah semenjak rotifer ditetaskan hingga dewasa. Oleh karena itu, umur rotifer tidak mempengaruhi ukuran dan bentuk trophi melainkan faktor perbedaan interspesifik dan interklonal rotifer yang

mempengaruhi perbedaan ukuran dan bentuk rotifer. Bentuk dan ukuran trophi pada rotifer bersifat spesies-spesifik dan merupakan salah satu faktor penting dalam konteks filogenetik-taksonomi rotifer.

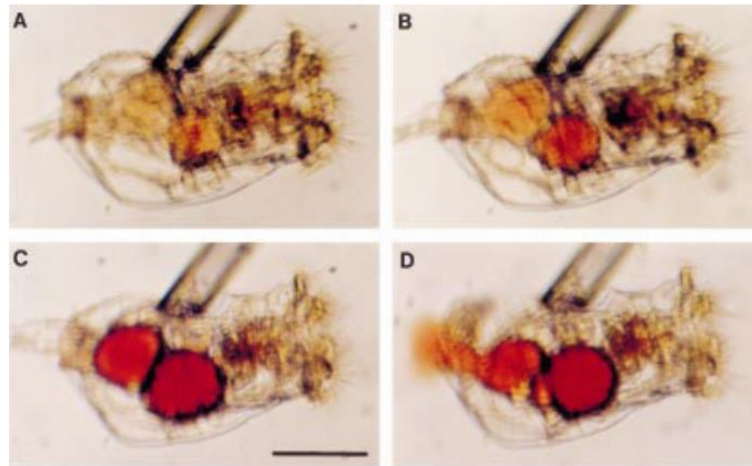


Gambar 3-10. Hasil pemindaian mikroskop elektron, bentuk trophi rotifer dari sisi ventral (a) dan dorsal (b) (Sumber : Fontaneto et al., 2007; sudah dimodifikasi).

Menurut Clement, et al. (1980), mekanisme penolakan partikel makanan ditemukan pula pada bagian mastaks, dimana bagian ini dapat melakukan pergerakan khusus untuk menolak makanan yang didapat melalui pergerakan silia pada bagian korona rotifer. Menurut Lindemann & Kleinow (2000), struktur selular partikel makanan yang telah melalui proses pengunyahan pada bagian

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

mastaks, akan hancur dan sudah tidak dapat lagi dikenali struktur selnya. Lebih jauh lagi, melalui penelusuran proses perpindahan partikel makanan pada organ-organ pencernaan (Lindemann & Kleinow, 2000), dapat diketahui bahwa rata-rata kecepatan menelan makanan pada rotifer adalah sebanyak 131 ± 83 sel/ind.



Gambar 3-11. Penelusuran proses perpindahan partikel makanan pada organ-organ pencernaan rotifer. Partikel makanan yang telah melalui proses pengunyahan dan masuk ke pada bagian perut (A), bagian usus (B) dan (C), hingga proses ekskresi makanan pada bagian anus (Sumber: Lindemann & Kleinow, 2000; sudah dimodifikasi).

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Rotifer menelan makanan pada 5-10 menit pertama dan mencapai maksimum penelanan makanan pada sekitar 15-30 menit setelah pemberian makanan. Proses pengunyahan makanan pada bagian mastaks rotifer membutuhkan waktu sekitar 20 detik hingga 1 menit sebelum diteruskan ke bagian perut rotifer.

Kleinow et al. (1991) melaporkan bahwa perpindahan partikel makanan dari *esophagus* menuju perut dan usus difasilitasi oleh semacam benang-benang atau silia yang terdapat pada bagian membran organ pencernaan tersebut. Setelah partikel makanan terkumpul pada bagian perut, akan diteruskan pada bagian usus untuk melalui proses penyerapan sari-sari makanan. Lindemann & Kleinow (2000), melaporkan bahwa volume perut rotifer adalah sebesar 40-90 pL (10^{-12} L) sedangkan volume usus rotifer sekitar 20-30 pL. Gerakan otot pada bagian usus terlihat seperti gerakan berputar dan gerakan usus tersebut akan berhenti pada saat partikel makanan telah dikeluarkan dalam bentuk kotoran melalui anus. Proses pembuangan kotoran pada rotifer dikontrol oleh suatu struktur otot melingkar yang bertanggung-jawab

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

dalam mempertahankan penyempitan usus, yang disebut dengan otot-otot *sphincter* (Lindemann & Kleinow, 2000).

Rotifer dikenal sebagai spesies dimorfisme seksual, yaitu spesies yang memiliki perbedaan mencolok antara individu jantan dan individu betina (Fontaneto & De Smet, 2015), dimana ukuran tubuh rotifer betina lebih besar dibandingkan dengan ukuran tubuh rotifer jantan. Rotifer betina memiliki organ reproduksi yang terdiri atas sebuah ovarium, vitellarium dan sebuah lapisan *follicular* yang terhubung dengan rongga kloaka. Rongga kloaka memiliki beberapa fungsi, yaitu sebagai saluran pencernaan, urinary dan genital. Ovarium dan kloaka ini dihubungkan oleh suatu saluran yang disebut dengan saluran oviduk atau tuba falopi yang terletak di bagian bawah perut.

BAB 4
REPRODUKSI

4.1. Sistem Reproduksi

Rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks tergolong dalam taxa Monogononta, sehingga sesuai dengan penamaanya menegaskan bahwa jenis organisme ini merupakan kelompok rotifer yang hanya memiliki satu buah gonad. Berbeda halnya dengan kelompok rotifer lain seperti dari jenis Bdelloida dan Seisonidea yang memiliki gonad berpasangan (Wallace et al., 2006).

Rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks memiliki sistem reproduksi yang bersifat dioesis, dimana organ reproduksi individu jantan terpisah dengan organ reproduksi individu betina. Akan tetapi, individu betina rotifer *B. plicatilis* sp kompleks dapat bereproduksi secara parthenogenesis tanpa kehadiran individu jantan sekalipun.

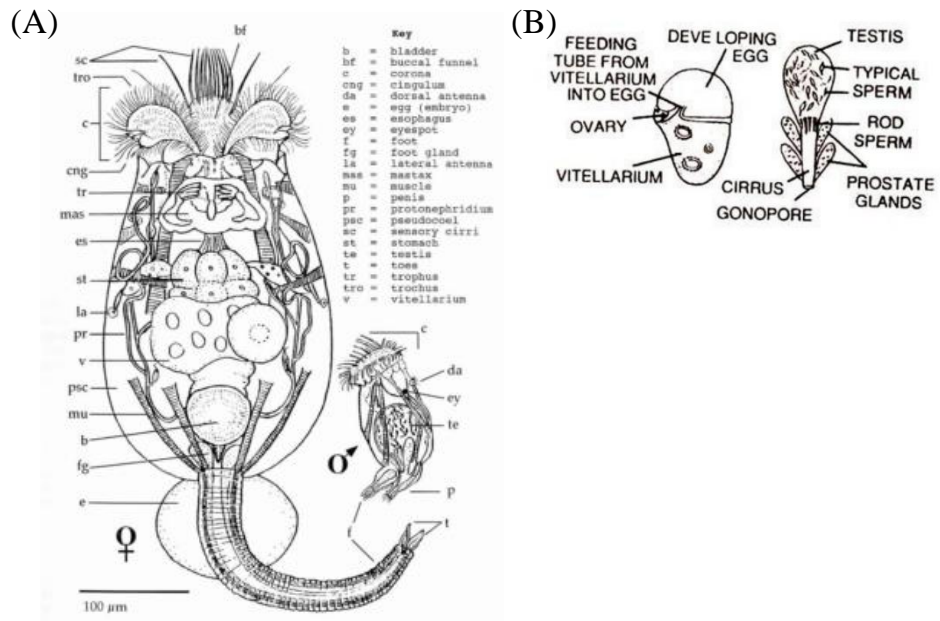
Organ reproduksi pada individu rotifer betina terdiri atas sebuah ovari dan kelenjar vitelium yang membentuk struktur

syncytial tunggal yang terletak menghadap saluran telur dan kloaka.

Selain ukuran tubuhnya yang kecil, individu jantan rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks memiliki struktur organ yang sangat simple. Individu jantan dilaporkan tidak memiliki organ pencernaan yang jelas sehingga tidak memiliki aktivitas makan. Energi yang digunakan dalam menunjang sistem metabolisme dan pergerakan individu rotifer jantan diduga berasal dari cadangan makanan yang disuplai dari telur dan terus tersimpan dalam saluran pencernaan.

Individu jantan umumnya memiliki testis dan saluran sperma tunggal yang terhubung dengan prostatedan berada pada bagian ujung posterior jantan yang pada bagian penis. Testis pada rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks memiliki sekitar 30 sperma matang dan mampu mentrasfer sebanyak 2-3 sperma pada setiap proses perkawinan.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR



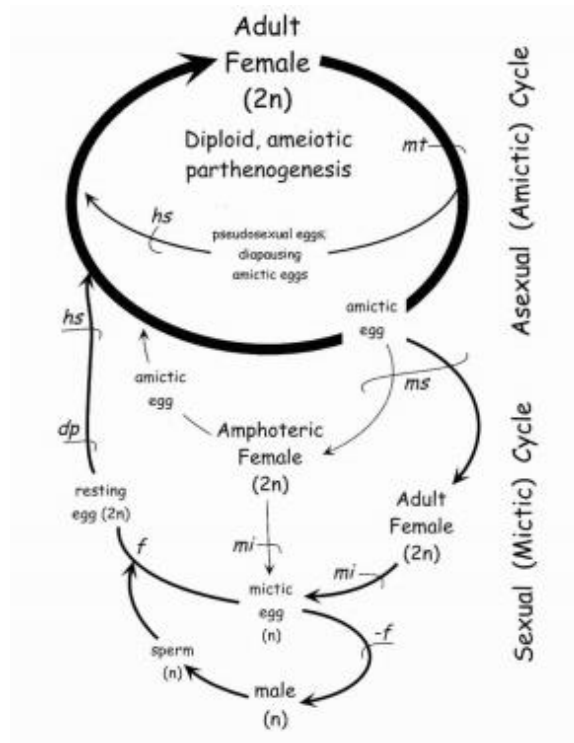
Gambar 4.1 Ilustrasi bentuk dan ukuran tubuh rotifer jantan dan betina (A) dan organ reproduksinya (B)

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Rotifer *B. plicatilis* sp kompleks memiliki sistem reproduksi yang unik, dimana dapat bereproduksi secara asexual parthenogenesis dan dapat pula bereproduksi secara seksual. Reproduksi aseksual pada rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks terjadi dalam bentuk parthenogenesis. Partenogenesis berasal dari bahasa Yunani, yaitu *Parthenos* (*virgin*) dan *genesis* (*pembuatan*) yang adalah bentuk reproduksi aseksual dimana individu betina dapat memproduksi sel telur yang berkembang tanpa melalui proses fertilisasi.

Tipe reproduksi aseksual parthenogenesis merupakan bentuk reproduksi yang umum ditemukan pada rotifer *B. plicatilis* sp kompleks namun pada kondisi-kondisi lingkungan tertentu, jenis rotifer ini dapat mengubah pola reproduksinya menjadi reproduksi seksual dengan memproduksi individu-individu jantan haploid sehingga memungkinkan terjadinya reproduksi seksual yang pada akhirnya akan memproduksi telur-telur dorman.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR



Gambar 4.2. Siklus reproduksi rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks yang terdiri dari reproduksi aseksual (amiktik) parthenogenesis dan reproduksi seksual (miktik). Abbrv; dp=diapause, f=fertilisasi, -f=tidak fertilisasi, hs=hatching stimulus, ms=mixis stimulus, mi=meiosis, ms=mixis stimulus, mt-mitosis (Wallace, et al., 2006)

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Perubahan pola reproduksi rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks dari aseksual menjadi seksual umumnya dipicu oleh faktor lingkungan. Vitamin E serta perubahan fotoperiod dilaporkan dapat memicu perubahan pola reproduksi rotifer dari aseksual menjadi seksual (Pourriot and Clement, 1981). Pourriot and Snell (1983) melaporkan bahwa populasi kepadatan tinggi rotifer merupakan faktor yang secara signifikan memicu perubahan pola reproduksi pada rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks. Dilain pihak, Stelzer and Snell (2003), melaporkan bahwa mekanisme inisiasi perubahan pola reproduksi pada rotifer belum banyak diketahui hingga saat ini.

4.2 Perilaku Kawin

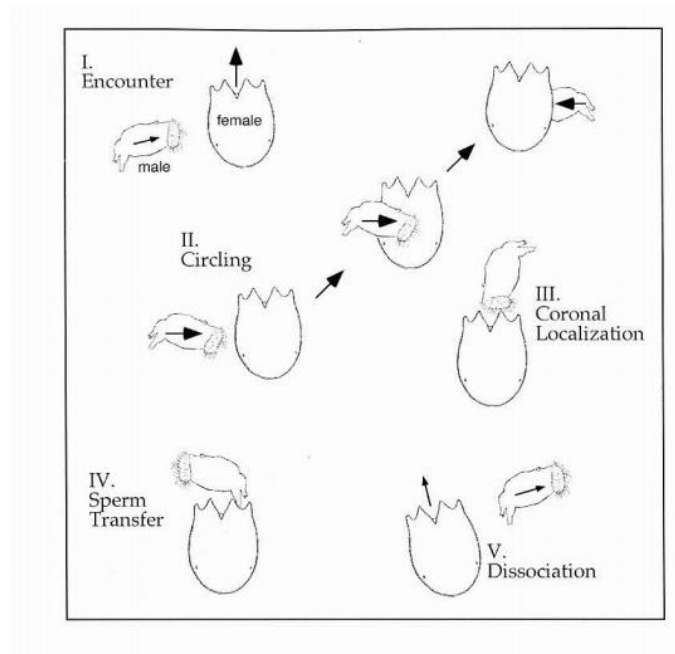
Rotifer merupakan organisme yang memiliki ciri khas sebagai organisme dimorfisme seksual. Organisme ini memiliki perbedaan sistematik dalam hal tampilan morfologi antara individu jantan dan individu betina. Individu rotifer betina terlihat berukuran jauh lebih besar dengan pergerakan renang yang lebih lambat dibandingkan dengan individu jantan sehingga dapat dengan mudah dibedakan.

Perilaku kawin dari individu rotifer jantan berbeda dengan individu betina pada saat terjadinya perkawinan. Individu jantan teramati cenderung lebih agresif, sedangkan individu betina cenderung menunjukkan perilaku sebaliknya. Interaksi seksual terjadi secara acak (Snell and Garman, 1986), dimana individu jantan bergerak secara acak untuk mendapatkan individu betina. Kemungkinan terjadinya perkawinan pada setiap pertemuan antara individu jantan dan betina sekitar 10-75%.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Prilaku kawin pada rotifer *B. p;icatilis* sp. kompleks umumnya dilakukan dalam 5 fase sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4.3. I) Proses awal perkawinan diawali dengan adanya pertemuan antara rotifer jantan dan rotifer betina. Pada umumnya jantan melakukan pergerakan renang secara acak untuk mendapatkan betina, II) Individu jantan selanjutnya melakukan pergerakan melingkar disekitar individu betina. Selanjutnya, individu jantan melakukan perlekatan pada bagian tubuh individu betina menggunakan korna dan penis dengan sedikit melakukan gerakan membungkuk, III) Individu jantan kemudian bergerak lagi mengelilingi tubuh individu betina dan menempelkan penisnya pada bagian pseudokulum rotifer betina yang terletak pada daerah korona atau dekat kloaka, IV) individu jantan selanjutnya melepaskan sperma dan V) setelah sperma dilepaskan kedua individu tersebut terpisah.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR



Gambar 4-3. Perilaku kawin rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks. Tanda panah menunjukkan arah pergerakan renang.

Menurut Snell and Hoff (1987), proses perkawinan antara individu jantan dan betina rotifer dapat terjadi sekitar 1.2 menit dan individu jantan dapat kawin dengan beberapa betina dalam koloninya.

BAB 5
KARAKTER UNGGUL ROTIFER DAN
MANFAATNYA DALAM PEMELIHARAAN
LARVA IKAN LAUT

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Hingga tahun 1960an, pemeliharaan larva ikan laut masih sulit dilakukan sehubungan dengan belum adanya pakan alami yang cocok untuk larva. Pada saat itu, larva ikan laut masih diberi mikroorganisme seperti siliata, dinoflagelata, trokofor oyster dan zooplankton lainnya sebagai pakan. Keberhasilan pemeliharaan larva berbagai jenis ikan laut dewasa ini baru dimulai semenjak tahun 1970an pada saat mulai diperkenalkannya rotifer sebagai pakan alami bagi larva. Semenjak itu, larva berbagai jenis ikan komersil seperti seabream (*Pagrus major*), grey mullet (*Mugil cephalus*), sole (*Solea solea*), gilthead seabream (*Spatus aurata*), sea bass (*Dicentrarchus labrax*), turbot (*Scophthalmus maximus*) flounder (*Paralychtys olivaceusi*), milkfish (*Chanos chanos*) dan lainnya berhasil dipelihara menggunakan rotifer sebagai pakan alami (Lubzens et al., 1989). Saat ini, rotifer telah menjadi sumber nutrisi penting dalam pemeliharaan berbagai jenis larva ikan laut, yang mana hal ini tak lepas dari berbagai karakter hidup rotifer yang ternyata memiliki keunggulan dan kecocokan dengan kebutuhan larva yang dipelihara di berbagai fasilitas pembenihan.

5.1. Ukuran Tubuh

Ukuran tubuh atau lorika rotifer merupakan aspek penting dalam keberhasilan pemeliharaan larva ikan laut. Pada tahap awal perkembangan, ukuran bukaan mulut dan lebar mulut larva masih sangat kecil sehingga membatasi larva untuk mendapatkan makanan sesuai dengan ukuran mulutnya. Menurut Hunter (1980), ukuran pakan yang cocok dikonsumsi larva adalah sekitar 38% dari ukuran lebar mulut larva.

Karakter pemangsaan larva ikan laut yang memakan mangsanya dengan cara menelan secara utuh tubuh mangsa (dan bukan dengan cara menggigit tubuh mangsa sedikit-demi sedikit), menjadikan ukuran tubuh rotifer menjadi faktor penting dalam keberhasilan pemeliharaan larva. Korelasi ukuran tubuh pakan alami terhadap keberhasilan pemeliharaan larva telah banyak dilaporkan pada berbagai jenis spesies ikan laut.

Shirota (1970) dalam penelitiannya tentang ukuran bukaan mulut larvae ikan melaporkan bahwa ukuran bukaan mulut larva berada pada kisaran antara 200 – 1000 μm (Tabel 5-1) dan memiliki korelasi yang kuat dengan ukuran pakan yang dikonsumsi.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

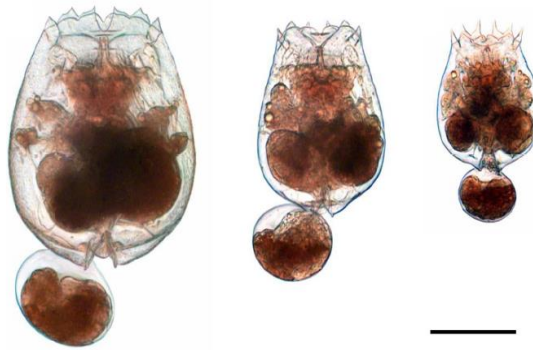
Tabel 5-1. Ukuran bukaan mulut larva berbagai jenis ikan (Shirota, 1970)

No	Spesies larva ikan	Panjang total (μm)	Ukuran mulut (μ)
1	<i>Carassius auratus</i>	5.2	400
	<i>Hypomesus olidus</i>	5.0-6.2	226
	<i>Placoglossus altivelis</i>	6.6	375
	<i>Rhinogobius similis</i>	7.9-8.3	509
	<i>Mugil cephalus</i>	5.2	636-882
	<i>Ammodytes personatus</i>	4.4-5.0	226
	<i>Konosirus punctatus</i>	4.8-5.2	264
	<i>Etrumeus micropus</i>	6.0-6.9	690
	<i>Engrualis japonica</i>	3.7	233-283
	<i>Sardinops melanosticta</i>	5.0	426
	<i>Spratelloides japonicus</i>	4.8-5.2	276
	<i>Clupea pallasii</i>	9.0-10.5	728
	<i>Harengula zunasi</i>	4.4	291
	<i>Ilisha elongate</i>	6.8	496
	<i>Tylosurus melanotus</i>	12.8-14.0	1450
	<i>Cololabis saira</i>	7.2-7.4	546
	<i>Hemiramphus sajori</i>	9.2	550
	<i>Trachurus japonicus</i>	3.6	298-481
	<i>Scomber japonicus</i>	3.7-4.0	622
	<i>Seriola aureovittata</i>	5.5	1004
	<i>Seriola quinueradiata</i>	5.1	994
	<i>Seriola purpurascens</i>	5.5	984
	<i>Sillago sihama</i>	2.6-3.0	255-311
	<i>Girella punctate</i>	6.6	882
	<i>Siganus fuscescens</i>	3.0-3.3	287
	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	3.0	259
<i>Katsuwonus pelamis</i>	3.7-4.0	930	
<i>Fugu rubripes</i>	3.6	303	
<i>Platycephalus indicus</i>	2.84	223	

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

	<i>Chelidonichthys kumu</i>	4.05-4.20	594
	<i>Gadus macrocephalus</i>	4.3	424
	<i>Eopsitta grigojeuri</i>	4.5-4.6	368

Rotifer *B. plicatilis* sp kompleks saat ini dilaporkan merupakan kelompok spesies rotifer yang terdiri atas 15 spesies dengan bentuk dan ukuran tubuh yang hampir mirip satu dengan yang lainnya. Dalam industri marikultur, jenis-jenis rotifer tersebut dikenal sebagai rotifer tipe-L, tipe-S (atau tipe-SM), dan tipe-SS yang dikelompokkan berdasarkan atas perbedaan ukuran lorika (Gambar 5-1).



Gambar 5-1. Bentuk morfotipe rotifer *Brachionus plicatilis* spesies kompleks yang dikenal dalam industri budidaya sebagai rotifer tipe-L, tipe-S (tipe-SM) dan tipe-SS (Sumber Mills, 2006)

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Secara umum ukuran lorika ketiga tipe rotifer ini berada pada kisaran antara 100 – 450 μm (Koste & Shiel 1980; Walker 1981; Ciros-Perez et al., 2001), lebih spesifik lagi Hagiwara et al (2001) mengukur panjang lorika ketiga tipe rotifer tersebut masing-masing sekitar 130-340 μm untuk tipe-L, 100-210 μm untuk tipe-S dan 90-150 μm untuk tipe SS. Variasi ukuran tubuh / lorika rotifer memiliki manfaat signifikan dalam keberhasilan pemeliharaan berbagai jenis larva ikan laut.

Shirota (1970) melaporkan bahwa ukuran bukaan mulut larva ikan laut bervariasi menurut spesies sehingga membutuhkan ukuran mangsa yang berbeda-beda sesuai ukuran bukaan mulutnya. Sebagai contoh, larva ikan laut sejenis kerapu, seranidae dan napoleon, memiliki ukuran bukaan mulut lebih kecil dibandingkan dengan larva ikan tuna, kakap pada saat larva pertama kali mencari makan secara eksogenus yaitu pada hari ke-2 atau ke-3 setelah menetas. Sehingga dalam pemeliharaannya larva ikan laut yang memiliki karakter bukaan mulut kecil lebih cocok diberi pakan rotifer tipe-SS atau yang lebih kecil lagi, sedangkan larva yang berukuran lebih besar akan lebih cocok diberi rotifer tipe-S ataupun tipe-L.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

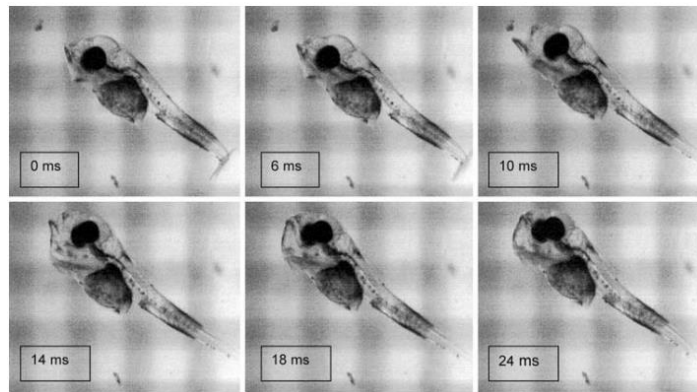
Preferensi larva terhadap ukuran pakan selanjutnya berubah seiring dengan pertumbuhan larva. Hal ini telah dibuktikan oleh beberapa peneliti, dimana ketika larva ikan laut yang diberikan pakan rotifer dengan ukuran tubuh berbeda, akan menunjukkan respon pertumbuhan yang berbeda pula. Dalam sebuah ulasannya, Hagiwara et al (2001), menjelaskan bahwa respon pertumbuhan larva *Parapristipoma trilineatum* (Thunberg) ketika diberi pakan rotifer tipe-S (ukuran lorika, 90-120 μm) menunjukkan pertumbuhan tubuh yang lebih baik pada 7 hari pertama pemeliharaan, sedangkan larva yang diberi pakan rotifer tipe-L (160-320 μm) tumbuh lebih cepat setelah hari ke-7 hingga hari ke 15 pemeliharaan. Dalam prakteknya, pemberian pakan rotifer pada larva biasanya diawali dengan menggunakan rotifer berukuran kecil sesuai dengan mulut larva kemudian menggantinya dengan rotifer berukuran lebih besar seiring dengan pertumbuhan larva.

5.2. Pergerakan

Rotifer *B. plicatilis* sp. kompleks memiliki pergerakan renang yang lemah dibandingkan dengan jenis zooplankton lain sebagai pakan alami. Hal ini menjadikan rotifer sebagai pakan yang mudah dimangsa larva ikan laut, khususnya larva yang baru mulai mencari makan secara *exogeneous* (mendapatkan asupan nutrisi dari lingkungan). Beck and Turingan (2007), melaporkan bahwa periode transisi antara tahap *endogeneous* (mendapatkan asupan nutrisi dari dalam tubuh berupa sisa *yolk*) dengan tahap mencari makan secara *exogeneous* merupakan periode kritis bagi larva, ditandai dengan mortalitas larva yang sangat tinggi. Mortalitas tinggi larva pada periode ini berhubungan erat dengan kegagalan pemangsaan larva terhadap pakan (Houde 1987; Bailey and Houde 1989; Litvak and Leggett 1992) dan berdampak pada kondisi kelaparan pada larva (Iguchi and Mizuno 1999; Miyazaki et al. 2000). Beck and Turingan (2007), menyebutkan bahwa karakter pergerakan renang mangsa memiliki korelasi yang sangat kuat dalam keberhasilan pemangsaan larva. Pada tahap paling awal perkembangan, kondisi larva masih sangat lemah, organ-organ sensor serta organ-organ pergerakannya belum berkembang dengan baik ditambah lagi dengan faktor minim pengalaman dalam

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

pemangsaan, sehingga keberhasilan larva dalam pemangsaan sangat tergantung pada pergerakan mangsa yang lemah dan mudah dimangsa.



Gambar 5.2. Hasil rekaman video proses pemangsaan larva pada tahap paling awal mencari makan secara *exogeneous* (Beck and Turingan, 2007)

Menurut Beck and Turingan (2007), proses pemangsaan larva pada tahap paling awal perkembangan, berlangsung sangat cepat yaitu hanya sekitar 25-30ms. Proses pemangsaan diawali dengan penentuan focus pada mangsa target (0ms), membengkokkan badan membentuk formasi *s-strike* (6ms), membuka mulut untuk menangkap mangsa (10ms), menutup mulut setelah pemangsaan (14-18ms) dan menelan mangsa (24ms).

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Pada tahap awal perkembangan efisiensi larva untuk berhasil mendapatkan makanan sangat menentukan bagi kelangsungan hidup larva. Apabila larva pada tahap ini gagal mendapatkan makanan pada setiap proses pemangsa akan mempengaruhi cadangan energi yang tersisa dalam bentuk *yolk* sehingga kondisi larva cenderung berlanjut menjadi lemah dan semakin sulit melakukan upaya pemangsa berikutnya. Dampak dari kondisi tersebut diatas adalah mortalitas larva ataupun apabila masih dapat lolos hidup maka perkembangan larva akan lambat dan tertinggal dalam kelompok umurnya.

Dalam penelitiannya terhadap pergerakan beberapa jenis pakan seperti rotifer, kopepoda dan artemia ketika diberikan larva sebagai predator, Beck and Turingan (2007) melaporkan pula bahwa pergerakan rotifer tetap stabil meskipun berada dekat larva sedangkan kopepoda dan artemia menunjukkan peningkatan pergerakan yang signifikan untuk menghindari dari larva. Beck and Turingan (2007) menambahkan, larva *Sciaenops ocellatus* menunjukkan preferensi berbeda terhadap mangsa berdasarkan pada tahap hidup larva. Sebagai contoh, larva *S. ocellatus* pada umur 3-14 hari dengan mudah dapat memangsa rotifer dan gagal memangsa nauplii artemia, sedangkan ketika mencapai umur 15 - 25 hari larva menunjukkan pola sebaliknya. Oleh karenanya,

ketersediaan jenis pakan yang memiliki pergerakan renang yang lemah, seperti rotifer merupakan faktor penting dalam menjamin ketersediaan pasokan nutrisi pada tahap paling awal perkembangan larva ikan laut.

5.3. Kandungan Nutrisi

Nutrisi merupakan faktor penting dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan larva ikan laut, terutama pada tahap paling awal perkembangan. Pada tahap tersebut, larva ikan laut yang dipelihara di balai pembenihan hanya mendapatkan asupan nutrisi dari pakan alami yang tersedia.

Sejauh ini, industri pembenihan masih mengandalkan rotifer sebagai organisme pentransfer nutrisi bagi larva ikan laut. Berbagai keberhasilan produksi benih hingga saat ini, tak lepas dari peran rotifer dalam menjamin pasokan nutrisi yang cocok untuk kebutuhan perkembangan larva.

Rotifer memiliki keunikan alami dalam fungsinya sebagai pentransfer nutrisi bagi larva yang dibudidayakan. Berbagai laporan menyebutkan

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

bahwa kandungan nutrisi rotifer merupakan refleksi dari sumber pakan yang dikonsumsinya. Sehingga, dengan memanipulasi kandungan nutrisi pakan bagi rotifer maka operator kultur rotifer dapat mengatur kandungan nutrisi yang dapat ditransfer bagi larva ikan sesuai dengan kebutuhan larva. Sebagai contoh, nilai kalori dari rotifer yang dipelihara menggunakan ragi adalah sekitar 1.34×10^{-3} cal per rotifer sedangkan yang diperkaya dengan *formulated enrichment diet* sekitar 2.00×10^{-3} cal per rotifer (Fernandez-Reiriz et al., 1993).

Manipulasi kandungan nutrisi rotifer telah banyak dilakukan diberbagai fasilitas pembenihan. Teknik manipulasi nutrisi ini dikenal dengan istilah *enrichment* atau pengkayaan nutrisi. Pada dasarnya, kandungan nutrisi rotifer kurang cocok dengan kebutuhan nutrisi larva, sehingga perlu dilakukan pengkayaan nutrisi sebelum diberikan pada larva ikan. Proses pengkayaan nutrisi pada rotifer dapat dilakukan sepanjang masa pemeliharaan rotifer ataupun pada beberapa saat sebelum diberikan sebagai pakan pada larva. Jenis nutrisi yang sering diperbanyak konsentrasinya dalam proses pengkayaan adalah protein dan kandungan karbohidrat, komposisi lipida, serta vitamin.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Secara umum, kandungan protein rotifer berada pada kisaran 28 hingga 63% dan kandungan lipid sekitar 9 hingga 28% dari berat kering rotifer (Lubzens et al. 1989; Frolov et al. 1991; Frolov & Pankov 1992; Nagata & Whyte 1992; Fernandez-Reiriz et al. 1993; Reitan et al. 1993; Rainuzzo et al. 1994; Øie & Olsen 1997; Markridis & Olsen 1999). Kandungan karbohidrat berkisar antara 10.5 hingga 27% berat kering (Whyte & Nagata 1990; Frolov et al. 1991; Frolov & Pankov 1992; Nagata & Whyte 1992; Fernandez-Reiriz et al. 1993) yang terdiri atas 61–80% glukosa (dengan komponen utama glycogen), 9–18% ribosa dan 0.8–7.0% galactosa, mannos, deoxyglucosa, fucosa and xylosa (Nagata & Whyte 1992).

Kandungan lipid rotifer bervariasi antara 9 hingga 28% dari berat kering. Kandungan lipid tersebut memberikan dampak besar dalam pertumbuhan serta perkembangan larva. Sekitar 34–43% kandungan lipid pada rotifer adalah phospholipid dan sekitar 20–55% adalah triacylglycerol, dengan sedikit monoacylglycerol, diacylglycerol, sterol, sterol ester and asam lemak bebas (Teshima et al. 1987; Frolov et al. 1991; Nagata & Whyte 1992; Fernandez-Reiriz et al. 1993; Rainuzzo et al. 1997). Eicosapentaenoic (EPA; 20:5n-3) and docosahexaenoic (DHA; 22:6n-3) merupakan asam lemak esensial

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

untuk pertumbuhan dan perkembangan serta kelangsungan hidup larva (Watanabe et al. 1983).

Pada dasarnya, larva ikan laut membutuhkan EPA dan DHA karena larva tidak dapat mensintetis sendiri asam lemak tersebut dari asam linolenic (18:3n-3). Secara spesifik, DHA dibutuhkan pada bagian saraf serta membran penglihatan larva, sehingga kekurangan kandungan asam lemak ini dapat berdampak serius pada berbagai proses fisiologi dan tingkalaku larva, termasuk pigmentasi dan penglihatan larva yang berdampak pada kemampuan pemangsa larva (Sargent et al. 1997, 1999; Estevez et al. 1999). Begitu pula halnya, larva memiliki keterbatasan dalam mengkonversi asam linoleic (18:2n-6) menjadi n-6 HUFA, termasuk asam arachidonic (ARA, 20:4n-6) (Sargent et al. 1997, 1999) yang memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat toleransi stress pada larva (Koven et al. 2001). Sehingga dalam proses pengkayaan nutrisi pada rotifer penting diperhatikan campuran asam-asam lemak tersebut diatas untuk menjamin kebutuhan larva.

Dilain pihak Sargent et al. (1999), melaporkan bahwa komposisi kandungan asam lemak esensial tersebut optimal pada rasio

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

perbandingan DHA:EPA:ARA sebesar 1.8:1:0.12 untuk larva. Sehingga pengkayaan asam lemak dengan komposisi tertentu merupakan hal penting dalam keberhasilan pemeliharaan larva.

BAB 6
PRODUKSI MASAL

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

Produksi masal rotifer dimulai semenjak tahun 1960-1970an dengan menggunakan mikroalga *Nannochloropsis oculata* sebagai pakan rotifer (Hirata, 1964).

Di tahun 1980an, pemeliharaan rotifer ditandai dengan berbagai ujicoba penggunaan sumber nutrisi selain *N. oculata*, seperti penggunaan ragi, bakteri, dan beberapa jenis mikroalga lain (Nagata dan Hirata, 1986). Penggunaan ragi sangat menguntungkan operator pembenihan karena dengan harga ragi yang murah dipasaran maka dapat menekan biaya operasional pemeliharaan rotifer disbanding dengan penggunaan mikroalga. Tetapi, penggunaan ragi berpengaruh signifikan terhadap buruknya kualitas media pemeliharaan rotifer, sehingga mempengaruhi stabilitas kultur rotifer bahkan menjadi sumber penyebab terjadinya kegagalan kultur rotifer. Lebih jauh lagi, Lubsenz (1995) melaporkan bahwa rotifer yang dipelihara menggunakan ragi memiliki kandungan nutrisi yang rendah sehingga perlu dilakukan pengkayaan nutrisi sebelum diberikan sebagai pakan bagi larva ikan.

Meskipun penggunaan mikroalga sebagai pakan rotifer dihadapkan pada kendala biaya operasional yang tinggi serta prosedur produksi

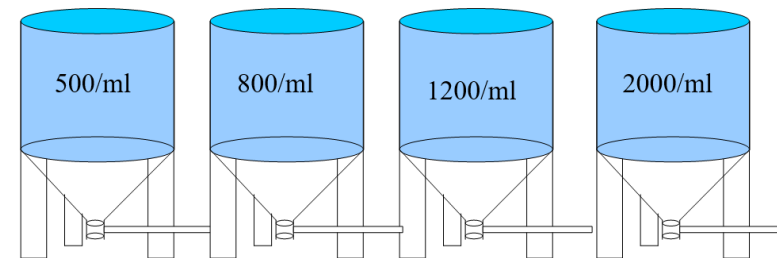
ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

yang rumit, namun karena memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan dan nutrisi rotifer serta larva ikan maka mikroalga tetap menjadi pilihan utama dalam pemeliharaan rotifer sebagai pakan larva ikan.

6.1. Teknik Produksi Masal

Batch Culture

Produksi masal rotifer menggunakan teknik *batch culture* merupakan yang paling umum dijumpai di berbagai balai pembenihan serta laboratorium pemeliharaan rotifer. Prinsip utama teknik ini adalah memelihara rotifer pada volume tertentu dengan kepadatan rotifer tertentu sebagai inokulan, kemudian melakukan pemanenan pada saat kepadatan populasi rotifer meningkat hingga mencapai kepadatan yang diinginkan (Dhert, 2001; Lubzens, 1987)



Gambar 6-1. Ilustrasi produksi masal rotifer menggunakan teknik *batch culture*. Inokulasi rotifer dilakukan pada kepadatan 500 ind./mL dan dipanen pada saat kepadatan rotifer mencapai 2000 ind./mL. (www.aquaculture.asia/files/online_2/LF-7-Rotifer-culture-systems.ppt)

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

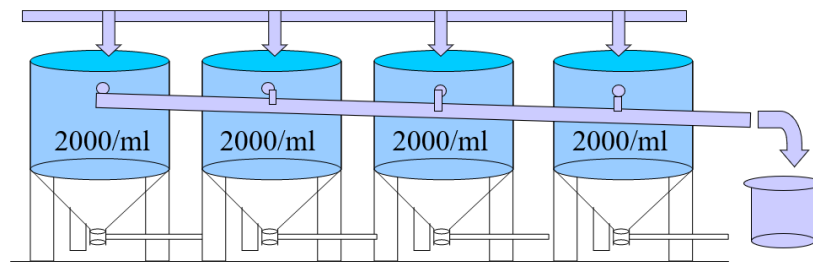
Sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 6-1, pemeliharaan rotifer dilakukan pada 4 buah wadah pemeliharaan rotifer. Sebanyak 500 ind./mL rotifer diinokulasi pada masing-masing wadah pemeliharaan sesuai dengan periode pemeliharaan, kemudian rotifer yang tumbuh dan berkembang di masing-masing wadah pemeliharaan di panen ketika mencapai kepadatan yang diinginkan. Pada saat pemanenan rotifer diakhir periode pemeliharaan, seluruh rotifer dalam media pemeliharaan dipanen dan sebanyak 500 ind./mL rotifer disisihkan untuk dijadikan inokulan pada kultur selanjutnya, yang menggunakan media pemeliharaan yang baru. Pada ilustrasi tersebut diatas, 4 buah wadah pemeliharaan tersebut dapat menjadi 4 siklus pemeliharaan hingga pemanenan yang disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan kultur rotifer dan larva ikan laut. Ukuran wadah pemeliharaan, volume pemeliharaan serta kepadatan rotifer dalam sistem *batch culture* ini bersifat fleksibel dan dapat diatur sesuai kebutuhan.

Semicontinuous Culture

Teknik *semicontinuous culture* merupakan teknik yang umum diterapkan di banyak fasilitas pemeliharaan rotifer. Prinsip utama

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

teknik ini adalah memelihara rotifer kepadatan tertentu pada volume tertentu. Pemanenan dilakukan pada setiap wadah pemeliharaan (dapat secara bersama-sama) seiring dengan peningkatan kepadatan rotifer dan diikuti dengan penggantian volume pemeliharaan sesuai dengan volume yang dipanen. Kuantitas rotifer yang dipanen tergantung dari pertambahan kepadatan rotifer dalam kultur.



Gambar 6-2. Ilustrasi produksi masal rotifer menggunakan teknik *semicontinuous culture*. Inokulasi rotifer dilakukan pada kepadatan 2000 ind./mL dan pemanenan dilakukan secara periodic dengan mempertahankan kondisi kepadatan rotifer dan volume awal pemeliharaan (www.aquaculture.asia/files/online_2/LF-7-Rotifer-culture-systems.ppt)

Perbedaan utama teknik *semicontinuous culture* dengan *batch culture* adalah pada *quantitas inoculant rotifer* pada awal pemeliharaan dan

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

quantitas pemanenan. Pada teknik *batch culture* kepadatan inokulan rotifer lebih rendah dan dipanen pada saat kepadatan rotifer tinggi. Sedangkan, pada teknik *semicontinuous culture* kepadatan inokulan rotifer dipertahankan dari awal hingga akhir penelitian dengan hanya memanen sebagian kecil rotifer yang kepadatan populasinya sudah meningkat.

Sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 6-2, empat buah wadah pemeliharaan disiapkan dengan menginokulasi rotifer sebanyak 2000 ind./mL pada masing-masing wadah. Seiring dengan pertumbuhan rotifer dalam kultur medium, maka pemanenan dapat dilakukan secara bersamaan untuk masing-masing wadah dengan mempertahankan kepadatan rotifer dan volume pemeliharaan awal dengan mengganti volume yang dipanen dengan media baru.

Continuous Culture

Teknik *continuous culture* dikembangkan oleh peneliti-peneliti Jepang di akhir tahun 1990an (Fu et al., 1997), sebagai solusi atas masalah

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

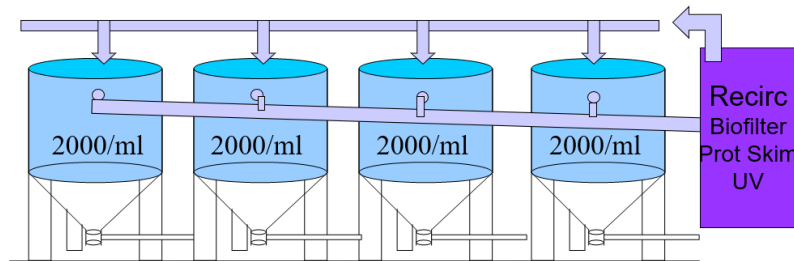
stabilitas kultur rotifer serta banyaknya rutinitas penanganan kultur yang sering dihadapi operator pemeliharaan rotifer.

Pada prinsipnya, teknik *continuous culture* mirip dengan teknik *semicontinuous culture* namun *continuous culture* dilakukan dalam sistem tertutup dengan memanfaatkan kembali media kultur hasil pemanenan melalui berbagai tahap perbaikan kualitas kultur secara otomatis menggunakan peralatan-peralatan seperti: biofilter, protein skimmer, UV, dll (Gambar 6-3). Sistem ini umumnya terbagi atas beberapa bagian, diantaranya adalah bagian penyaringan, bagian kultur dan bagian pemanenan yang dilakukan secara otomatis. Dengan menggunakan teknik ini, Fu et al., (1997) berhasil memproduksi 2.1 milyar rotifer/ hari hanya dengan menggunakan 1m³ tank pemeliharaan dengan kepadatan rotifer antara 3000 hingga 6000 ind./mL untuk jenis rotifer tipe S. Sedangkan untuk rotifer tipe L, dapat dipanen sekitar 0.17 milyar rotifer per hari menggunakan tanki kapasitas 500-L dengan kepadatan sekitar 1100 hingga 2200 ind./mL. Periode pemeliharaan menggunakan sistem ini dapat mencapai lebih dari 3 bulan kultur.

Saat ini, teknik *continuous culture* telah mengalami berbagai bentuk penyempurnaan sistem termasuk penggunaan protein skimmer yang

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

lebih baik, filter yang sesuai, penggunaan ozone, hingga penambahan sodium hydroxy-methanesulfonate, dll. Melalui berbagai penyempurnaan teknik tersebut, Sauntika et al., (2000); (2001) dan Bentley et al., (2008) berhasil mengkultur rotifer dengan kepadatan lebih dari 5000 ind./mL dengan periode kultur yang lebih lama.



Gambar 6-3. Ilustrasi produksi massal rotifer menggunakan teknik *continuous culture*. Inokulasi rotifer dilakukan pada kepadatan 2000 ind./mL dan pemanenan dilakukan secara periodik dengan mempertahankan kondisi kepadatan rotifer dan volume awal pemeliharaan dalam bentuk sirkulasi tertutup. Kuantitas media pemeliharaan yang dipanen secara otomatis disirkulasikan kembali ke dalam sistem setelah melalui proses penanganan kualitas media pemeliharaan (www.aquaculture.asia/files/online_2/LF-7-Rotifer-culture-systems.ppt)

6.2. Pemantauan Kondisi Pemeliharaan

Keberhasilan produksi benih ikan laut sangat tergantung pada ketersediaan biomasa pakan dalam jumlah dan kualitas yang memadai untuk mensuplai kebutuhan nutrisi larva ikan yang dipelihara. Pada tahap paling awal pertumbuhan, larva ikan laut umumnya membutuhkan pakan alami sebagai sumber nutrisi utama untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tubuhnya. Sehingga, ketersediaan pakan alami terutama rotifer menjadi hal yang sangat vital dalam industri pembenihan ikan laut. Produksi biomasa rotifer dalam jumlah dan kualitas yang memadai serta target produksinya dapat diprediksi dan dapat dilakukan secara berkelanjutan merupakan dambaan berbagai fasilitas pembenihan ikan laut. Namun dalam kenyataannya, kondisi tersebut seringkali gagal dipertahankan seiring dengan lamanya periode pemeliharaan. Untuk mencapai hal tersebut, maka pemantauan kualitas pemeliharaan rotifer merupakan hal yang mutlak dilakukan untuk menjamin kuantitas, kualitas dan keberlanjutan produksi biomasa rotifer. Sejauh ini, ada sedikitnya enam parameter yang sering digunakan sebagai indikator pemantauan kondisi pemeliharaan rotifer yang dapat memberikan gambaran awal kondisi fisiologi pemeliharaan rotifer. Parameter ini dapat dijadikan

sebagai acuan untuk melakukan tindakan-tindakan pencegahan sebelum terjadinya kegagalan pemeliharaan rotifer yang dapat menjadi sumber masalah terganggunya asupan nutrisi pada larva yang pada akhirnya berdampak pada kegagalan produksi pembenihan ikan.

Rasio Telur

Telur rotifer hanya membutuhkan sekitar satu hari dari saat diproduksi hingga menetas, sehingga dapat menjadi indikator acuan kondisi pemeliharaan rotifer untuk satu hari kedepan. Banyak sedikitnya jumlah telur dalam populasi rotifer dapat ditentukan dengan menghitung rasio telur yang didapat dari hasil pembagian antara jumlah telur partenogenetik (E) dengan jumlah total betina rotifer (N) dalam cuplikan sampel (E/N). Snell et al., (1987) menjelaskan bahwa rasio telur pada angka sekitar 0,13 dalam pemeliharaan rotifer *B. plicatilis* menjadi indikator awal kondisi yang kurang baik dan bahkan mengarah pada kegagalan pemeliharaan rotifer.

Kecepatan Renang

Kecepatan renang rotifer sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan hidup rotifer. Beberapa faktor lingkungan, seperti; pH, salinitas, suhu, ammonia, merupakan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kecepatan renang rotifer.

Kualitas air

Kualitas air dalam pemeliharaan rotifer dapat diketahui melalui pengukuran beberapa parameter penting yang berpengaruh terhadap pertumbuhan populasi rotifer, diantaranya adalah; pH, ammonia, viskositas (Snell et al., 1987; Hagiwara et al., 2017). Konsentrasi pH dalam pemeliharaan rotifer pada angka 7 merupakan tingkat konsentrasi yang kritis dalam penelitian rotifer (Yoshimura et al., 1996). Yu & Hirayama (1986) melaporkan bahwa ammonia tidak terionisasi pada angka dibawah 2.1 ppm merupakan konsentrasi yang kritis dalam pemeliharaan rotifer. Dalam pemeliharaan rotifer, sering ditemui bahwa viskositas air sebagai media pemeliharaan rotifer dapat berubah seiring dengan lamanya periode pemeliharaan rotifer.

Perubahan viskositas tersebut dapat menjadi sumber penyebab turunnya kecepatan renang, tingkat konsumsi pakan, umur dan jumlah keturunan yang dihasilkan rotifer. Hagiwara et al., (1998) melaporkan bahwa dalam pemeliharaan masal rotifer menggunakan teknik pemeliharaan kepadatan tinggi (mencapai sekitar 5000an/mL), mikroalga sebagai pakan dan produk buangan rotifer dalam media pemeliharaan rotifer terdapat dalam konsentrasi yang sangat tinggi yang dapat mempengaruhi viskositas media pemeliharaan. Dalam publikasi terbarunya, Hagiwara et al., (2017) menjelaskan bahwa viskositas media air pemeliharaan rotifer meningkat seiring dengan akumulasi bahan organik terlarut dalam media dan dapat berakibat pada penurunan populasi rotifer.

Aktivitas Enzim

Aktivitas enzim dapat digunakan sebagai indikator status fisiologi berbagai jenis zooplankton termasuk rotifer (Snell and Janssen, 1995). Akan tetapi, Hagiwara et al., (2001) menjelaskan bahwa aktifitas enzim pada rotifer dapat berubah seiring dengan pertumbuhannya bahkan pengukuran aktifitas enzim menggunakan sampel populasi

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

rotifer dari wadah pemeliharaan masal dapat memberikan nilai estimasi yang bias. Dalam penelitiannya, de Araujo et al., (2000) menggunakan rotifer yang baru ditetaskan sebagai organisme uji aktivitas enzim. Neonatal rotifer ini selanjutnya dipaparkan ke beberapa kondisi lingkungan seperti; beberapa konsentrasi ammonia bebas, beberapa kondisi viskositas media pemeliharaan dan pada beberapa tingkat kepadatan organisme kontaminan seperti *Euloptes*. Hasil pengujian aktivitas enzim tersebut menunjukkan bahwa aktivitas enzim glucosidase dan esterase menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi ammonia bebas dan viskositas. Sedangkan, aktivitas enzim glucosidase dan phospholipase menurun seiring dengan meningkatnya tingkat kepadatan organisme kontaminan *Euloptes*. Araujo et al., (2017) menambahkan bahwa teknik pengujian aktivitas enzim ini merupakan teknik paling sensitif yang ada saat ini dalam penentuan kondisi pemeliharaan rotifer. Meskipun demikian penggunaan teknik ini membutuhkan beberapa peralatan analisis seperti; computer, fluorometer dan image analyzer yang mana dapat meningkatkan biaya operasional fasilitas pemeliharaan rotifer.

Penyakit

Penyakit dapat menjadi salah satu faktor penyebab gagalnya pemeliharaan rotifer. Beberapa sumber penyebab penyakit yang muncul dalam pemeliharaan rotifer diantaranya karena infeksi bakteri, fungi, virus dan organisme mirip ragi (Zmora, 1991; Stottrup & McEvoy, 2003). Bakteri dan organisme oportunistis lainnya juga dapat terpicu pertumbuhannya seiring dengan perubahan kondisi lingkungan pemeliharaan. Sejauh ini belum ada teknik penanganan yang efektif dalam menghadapi penyakit yang menyerang kultur masal rotifer. Tetapi Zmora (1991), menjelaskan bahwa microalgae *Nannochloropsis* dapat menjadi salah satu alternative penanganan penyakit pada pemeliharaan rotifer. Lebih jauh Zmora (1991) menjelaskan bahwa penambahan mikroalga *Nannochloropsis* tidak menyembuhkan individu rotifer dari serangan penyakit, tetapi dapat membantu percepatan reproduksi rotifer sehingga dapat dengan cepat menghasilkan generasi-generasi rotifer baru yang tidak terkena penyakit.

6.3. Stabilitas Kondisi Pemeliharaan

Stabilisasi kondisi pemeliharaan rotifer dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui akar penyebab perubahan kondisi pemeliharaan. Sejauh ini beberapa teknik telah dikembangkan untuk meneteralkan kondisi pemeliharaan rotifer sehingga populasi rotifer dapat dipertahankan sesuai kebutuhan. Yoshimura et al., (1997) dan Balompapueng et al., (1997) menggunakan teknik sederhana untuk menekan peningkatan viskositas air, bahan organik terlarut, biomasa bakteri serta protozoa dengan cara menempatkan sebuah filter dalam kolom media air pemeliharaan rotifer. Filter tersebut berfungsi sebagai perangkap bagi material organik dalam media air pemeliharaan, sehingga kualitas air dapat dipertahankan untuk jangka waktu pemeliharaan rotifer yang lebih lama.

Pendekatan lain dilakukan oleh Gallardo et al., (1997, 1999, 2001), yaitu dengan menggunakan hormon dan neuro-transmitter sebagai stabilisator dalam pemeliharaan rotifer. Mereka mencobakan sebanyak 20 jenis hormon dari organisme vertebrata dan invertebrate bersama dengan 2 jenis neuro-transmitter untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan, ukuran tubuh dan reproduksi pada rotifer yang

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

diberikan perlakuan tekanan lingkungan. Hasil yang mereka peroleh menunjukkan bahwa penambahan GH (*porcine growth hormone*), HCG (*human chrionic gonadotropin*) dan GABA (*gamma aminobutyric acid*) memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan populasi rotifer yang dipelihara pada konsentrasi ammonia bebas dan kondisi pakan yang tidak optimum. Pengaruh hormon dan neuro-transmitter tersebut bahkan juga menurun hingga pada keturunan generasi berikutnya (Gallardo et al., 1999). Mereka mendapatkan pula bahwa pada stressor lingkungan yang sama, penambahan hormon JH (*jouvenile hormone*) dan serotonin (5-HT) memberikan pengaruh yang baik terhadap rerproduksi seksual maupun aseksual rotifer (Gallardo et al., 2001). Penambahan GABA dilaporkan dapat memperbaiki kondisi kebugaran rotifer yang dipaparkan pada lingkungan yang tidak optimal (seperti; peningkatan unionized ammonia dan kontaminasi protozoa) (Aroujo & Hagiwara, 2005) dan dapat meningkatkan sintasan serta aktivitas renang rotifer dalam masa pengkayaan nutrisi (Gallardo et al., 2001). Lebih jauh lagi, Hagiwara et al., (2001) menyatakan bahwa penggunaan GABA sudah mulai diaplikasikan sebagai salah satu teknik stabilisator kultur dan dalam proses pengkayaan rotifer yang dikultur masal. Penggunaan GABA ini lebih efektif ditambahkan pada

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

saat pertumbuhan populasi rotifer dalam kondisi *lag-phase* dan untuk tujuan pengkayaan nutrisi akan lebih efektif ditambahkan 24 jam sebelum dilakukan pengkayaan nutrisi. Untuk menghemat biaya penggunaan GABA, Gallardo et al.2001) menyarankan untuk terlebih dahulu mengkondisikan rotifer dalam konsentrasi yang tinggi kemudian dilakukan treatment penambahan GABA selama 24-28 jam.

DAFTAR PUSTAKA

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- Araujo, A., & Hagiwara, A. (2005). Screening methods for improving rotifer culture quality. In *Rotifera X* (pp. 553-558). Springer, Dordrecht.
- Balompapueng, M. D., Hagiwara, A., Nozaki, Y., & Hirayama, K. (1997). Preservation of resting eggs of the euryhaline rotifer *Brachionus plicatilis* OF Müller by canning. *Hydrobiologia*, 358(1-3), 163-166.
- Bailey, K. M., & Houde, E. D. (1989). Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem. In *Advances in marine biology* (Vol. 25, pp. 1-83). Academic Press.
- Beck, J. L., & Turingan, R. G. (2007). The effects of zooplankton swimming behavior on prey-capture kinematics of red drum larvae, *Sciaenops ocellatus*. *Marine Biology*, 151(4), 1463.
- Bentley, D. R., Balasubramanian, S., Swerdlow, H. P., Smith, G. P., Milton, J., Brown, C. G., ... & Boutell, J. M. (2008). Accurate whole human genome sequencing using reversible terminator chemistry. *nature*, 456(7218), 53.
- Ciros-Pérez, J., A. Gómez, and M. Serra. 2001. On the taxonomy of three sympatric species of the *Brachionus plicatilis* (Rotifera) complex from Spain, with the description of *B. ibericus* n.sp. *J. Plankton Res.* 23:1311–1328.
- Clément, P. & Amsellem, J., Cornillac, A.-M., Luciani, A. & Ricci, C. (1980): An ultrastructural approach to feeding behaviour in *Philodina roseola* and *Brachionus calyciflorus* (rotifers). I. The buccal velum. *Hydrobiologia* 73: 127–131.
- Clément, P. & Wurdak, E. (1991) Rotifera. In: *Microscopic Anatomy of Invertebrates*, Vol. 4, Ascheleminthes (Ed. by F.W. Harrison & E.E. Ruppert) pp. 219–297. Wiley-Liss, New York.
- De Araujo, A. B., Snell, T. W., & Hagiwara, A. (2000). Effect of unionized ammonia, viscosity and protozoan contamination on

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- the enzyme activity of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture Research*, 31(4), 359-365
- Dhert, P., Rombaut, G., Suantika, G., & Sorgeloos, P. (2001). Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. *Aquaculture*, 200(1-2), 129-146.
- Dummont H.J. Green J. 1979. *Rotatoria Proceedings of the 2nd International Rotifer Symposium*. DR.W.Junk BV Publisher. London
- Estevez, A., McEvoy, L. A., Bell, J. G., & Sargent, J. R. (1999). Growth, survival, lipid composition and pigmentation of turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae fed live-prey enriched in arachidonic and eicosapentaenoic acids. *Aquaculture*, 180(3-4), 321-343.
- FAO-UN, 2017. *Fishery and Aquaculture country profile, Indonesia*. FAO. UN.
- Fernández-Reiriz, M. J., Labarta, U., & Ferreiro, M. J. (1993). Effects of commercial enrichment diets on the nutritional value of the rotifer (*Brachionus plicatilis*).
- Fontaneto, D. & Melone, G. (2005): Do rotifer jaws grow after hatching? *Hydrobiologia* 546: 213–221.
- Fontaneto, D. & Melone, G. (2006): Postembryonic development of hard jaws (trophi) in a species belonging to the *Brachionus plicatilis* complex (Rotifera, Monogononta): a morphometric analysis. *Microsc. Res. Techn.* 69: 296–301.
- Fontaneto, D., Giordani, I., Melone, G. & Serra, M. (2007): Disentangling the morphological stasis in two rotifer species of the *Brachionus plicatilis* species complex. *Hydrobiologia* 583: 297–307
- Ford, B. J. (1981). The Rotifera of Antony Leeuwenhoek. *Microscope the Journal of Quekett Microscopical Club*, 34(5), 362–373.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- Frolov, A. V., Pankov, S. L., Geradze, K. N., Pankova, S. A., & Spektorova, L. V. (1991). Influence of the biochemical composition of food on the biochemical composition of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture*, 97(2-3), 181-202.
- Frolov, A. V., & Pankov, S. L. (1992). The effect of starvation on the biochemical composition of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 72(2), 343-356.
- Fu, Y., K. Hirayama & Y. Natsukari, 1991a. Morphological differences between two types of the Rotifer *Brachionus plicatilis* O. F. Müller. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 151: 29-41.
- Fu, Y., K. Hirayama & Y. Natsukari, 1991b. Genetic divergence between S and L type strains of the Rotifer *Brachionus plicatilis* O. F. Müller. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 151: 43-56.
- Fu, Y., A. Hagiwara & K. Hirayama, 1993. Crossing between Seven Strains of the Rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 2009-2016.
- Gallardo, W. G., Hagiwara, A., Tomita, Y., Soyano, K., & Snell, T. W. (1997). Effect of some vertebrate and invertebrate hormones on the population growth, mictic female production, and body size of the marine rotifer *Brachionus plicatilis* Müller. *Hydrobiologia*, 358(1-3), 113-120.
- Gallardo, W. G., Hagiwara, A., Tomita, Y., & Snell, T. W. (1999). Effect of growth hormone and γ -aminobutyric acid on *Brachionus plicatilis* (Rotifera) reproduction at low food or high ammonia levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 240(2), 179-191.
- Gallardo, W. G., Hagiwara, A., & Snell, T. W. (2000). Effect of juvenile hormone and serotonin (5-HT) on mixis induction of the rotifer *Brachionus plicatilis* Muller. *Journal of experimental*

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- marine biology and ecology, 252(1), 97-107.
- Go´mez, A., and M. Serra. 1995. Behavioral reproductive isolation among sympatric strains of *Brachionus plicatilis* Muller, 1786:insights into the status of this taxonomic species. *Hydrobiologia* 313/314:111–119.
- G´omez A, Snell TW (1996) Sibling species and cryptic speciation in the *Brachionus plicatilis* species complex (Rotifera). *J Evol Biol* 9:953–964
- Gomez A., Serra M., Carvalho G.R., Lunt D.H., 2002. Speciation in ancient cryptic species complexes: evidence from the molecular phylogeny of *Brachionus plicatilis* (Rotifera). *Evolution* 56 1431-1444.
- Hagiwara, A and K. Hirayama. 1993. Preservation of rotifers and its application in the finfish hatchery. *TML Conference Proceedings* 3, 61-71.
- Hagiwara A, Kotani T, Snell TW, Assava-Aree M, Hirayama K (1995) Morphology, reproduction, genetics, and mating behavior of small, tropical marine *Brachionus* strains (Rotifera). *J Exp Mar Biol Ecol* 194:25–37
- Hagiwara, A., Gallardo, W. G., Assavaaree, M., Kotani, T., & De Araujo, A. B. (2001). Live food production in Japan: recent progress and future aspects. *Aquaculture*, 200(1-2), 111-127.
- Hagiwara, A., Suga, K., Akazawa, A., Kotani, T., Sakakura, Y., 2007. Development of rotifer strains with useful traits for rearing fish larvae. *Aquaculture* 268, 44–52.
- Hagiwara A., and Yoshinaga T., 2017. *Rotifers – Aquaculture, Ecology, Gerontology and Ecotoxicology*. JSFS. Tokyo.
- Harris, J. (1696). *Some Microscopical Observations of Vast Numbers of Animalcula Seen in Water* by John Harris , M . A . Kector of Winchelsea in Sussex , and F . R . S . Author (s): John Harris

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- Published by: Royal Society Stable URL :
<http://www.jstor.org/stable/102304>, 19(1695–1697), 254–259.
- Hirayama, K. & I. F. M. Rumengan, 1993. The fecundity patterns of S-type and L-type rotifers of *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia* 255/256 (Dev. Hydrobiol. 83): 153-157.
- Hirata, H., 1964. Culture of live food at Yashima station. *Saibai Gyogyo News* 2, 4. Hirata, H., Mori, Y., 1967. Culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* by feeding baker's yeast. *Saibai Gyogyo* 5, 36-40.
- Hishamunda, N., Bueno, P., Ridler, N., & Yap, W. G. (2009). Analysis of aquaculture development in Southeast Asia: A policy perspective. *FAO Fisheries and Aquaculture*.
- Houde, E. D., & Hoyt, R. D. (1987). Fish early life dynamics and recruitment variability. *Trans. Am. Fish. Soc.*
- Hunter, J. R. (1980). The feeding behavior and ecology of marine fish larvae. In *Fish Behavior and its Use in the Capture and Culture of Fishes*, ICLARM Conference Proceedings (pp. 287-330)
- Hudson, C., & Gosse, P. (1886). *The rotifera or wheel animalcules*. Longmans, London.
- Iguchi, K., & Mizuno, N. (1999). Early starvation limits survival in amphidromous fishes. *Journal of Fish Biology*, 54(4), 705-712.
- Ito, T. (1960) On the culture of the mixohaline rotifer *Brachionus plicatilis* O.F. Muller, in sea water. *Rep. Fac. Fish. Prefect. Univ. Mie*, 3, 708–740.
- Ito, T., 1963. Fundamental problems on the rearing of Ayu, *Plecoglossus altivelis*. 36th Japan
- Kleinow, W., H. Wratil, K. Kuhle & B. Esch, 1991. Electron microscope studies of the digestive tract of *Brachionus plicatilis* (Rotifera). *Zoomorphology* 111: 67–80.
- Klusemann J., Kleinow W and Peters W., 1990. The hard parts of the

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- rotifer mastax do contain chitin: evidence from studies on *Brachionus plicatilis*. *Histochemistry* 94:277-283
- Kostopoulou, V., Miliou, H., & Verriopoulos, G. (2009). Morphometric changes in a strain of the lineage 'Nevada', belonging to the *Brachionus plicatilis* (Rotifera) complex. *Aquaculture research*, 40(8), 938-949.
- Koste, W., & Shiel, R. J. (1980). Preliminary remarks on the characteristics of the rotifer fauna of Australia (Notogaea). *Hydrobiologia*, 73(1-3), 221-227.
- Kotani, T., Hagiwara, A., & Snell, T. W. (1997). Genetic variation among marine *Brachionus* strains and function of mate recognition pheromone (MRP). In *Live Food in Aquaculture* (pp. 105-112). Springer Netherlands.
- Koven, W., Barr, Y., Lutzky, S., Ben-Atia, I., Weiss, R., Harel, M., & Tandler, A. (2001). The effect of dietary arachidonic acid (20:4n-6) on growth, survival and resistance to handling stress in gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. *Aquaculture*, 193(1-2), 107-122.
- Leeuwenhoek, A. van. (1674). Microscopical observation from Mr Leeuwenhoeck about blood, milk, bones, the brain, spittle, cuticula, sweat, fatt, teares; communicated in two letters to the publisher, 9(121-131), 121-131.
- Leeuwenhoek, A. van. (1702). Part of a letter from Mr Antony Van Leuwenhoek, F. R. S. concerning green weeds growing in water, and some animalcula found about them. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 23, 1774-1784.
- Litvak, M. K., & Leggett, W. C. (1992). Age and size-selective predation on larval fishes: the bigger-is-better hypothesis revisited. *Marine ecology progress series*. Oldendorf, 81(1), 13-24.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- Lendemann N and Kleinow W., 2000. A study of rotifer feeding and digestive processes using erythrocytes as microparticulate markers. *Hydrobiologia* 435: 27-41
- Lubzens, E. (1987). Raising rotifers for use in aquaculture. In *Rotifer Symposium IV* (pp. 245-255). Springer, Dordrecht.
- Lubzens, E., Tandler, A., Minkoff, G., 1989. Rotifers as food in aquaculture. *Hydrobiologia* 186/187, 387–400.
- Lubzens, E., Rankevich, D., Kolodny, G., Gibson, O., Cohen, A., & Khayat, M. (1995). Physiological adaptations in the survival of rotifers (*Brachionus plicatilis*, OF Müller) at low temperatures. In *Rotifera VII* (pp. 175-183). Springer, Dordrecht
- Makridis, P., & Olsen, Y. (1999). Protein depletion of the rotifer *Brachionus plicatilis* during starvation. *Aquaculture*, 174(3-4), 343-353.
- Malekzadeh-Viayeh, R., Pak-Tarmani, R., Rostamkhani, N., & Fontaneto, D. (2014). Diversity of the rotifer *Brachionus plicatilis* species complex (Rotifera: Monogononta) in Iran through integrative taxonomy. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 170(2), 233-244.
- Miyazaki, T., Masuda, R., Furuta, S., & Tsukamoto, K. (2000). Feeding behaviour of hatchery-reared juveniles of the Japanese flounder following a period of starvation. *Aquaculture*, 190(1-2), 129-138.
- Mills, S. (2006). Investigations of the *Brachionus plicatilis* species complex, with particular reference to southwest Western Australia (Doctoral dissertation, University of Western Australia).
- Nagata, W.D., Hirata, H., 1986. *Mariculture in Japan: past, present,*

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- and future perspectives. Mini Rev. Data File Fish. Res. 4, 1-38
- Nagata, W. D., & Whyte, J. N. C. (1992). Effects of yeast and algal diets on the growth and biochemical composition of the rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller) in culture. *Aquaculture Research*, 23(1), 13-21.
- Øie, G., & Olsen, Y. (1997). Protein and lipid content of the rotifer *Brachionus plicatilis* during variable growth and feeding condition. In *Live Food in Aquaculture* (pp. 251-258). Springer, Dordrecht
- Okauchi, M., Fukusho, K., 1984. Food value of a minute alga, *Tetraselmis tefrathale*, for the rotifer *Brachionus plicatilis* culture - I: Population growth with batch culture. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult.* 5, 13-18.
- Oogami, H. (1976) On the morphology of *Brachionus plicatilis* (in Japanese). *Newsletter Izu Branch, Shizuoka Prefectural Fisheries Research Center*, 18, 2-5.
- Phillips, M., Henriksson, P. J. ., Tran, N., Chan, C. Y., Mohan, C. V., Rodriguez, U., ... Koeshendrajana, S. (2015). *Exploring Indonesian aquaculture futures - Program Report: 2015-39*. Retrieved from <http://www.worldfishcenter.org/content/exploring-indonesian-aquaculture-futures>
- Pourriot, R., & Clément, P. (1981). Action de facteurs externes sur la reproduction et le cycle reproducteur des rotiferes. *Acta Oecologica Generale*, 2, 135-151.
- Pourriot, R. and Snell, T. W., 1983. Resting eggs in rotifers. *Hydrobiologia* 104, 89-130. 503
- Rainuzzo, J. R., Reitan, K. I., & Olsen, Y. (1994). Effect of short-and long-term lipid enrichment on total lipids, lipid class and fatty acid composition in rotifers. *Aquaculture International*, 2(1),

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

19-32.

- Rainuzzo, J. R., Reitan, K. I., & Olsen, Y. (1997). The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture*, 155(1-4), 103-115.
- Remane, A. (1933): *Aschelminthes. Rotatoria*. In: *Bronn's Klassen und Ordnungen des Tier-Reichs*, Bd 4, Abt. 2, 1, pp. 1-577.
- Reitan, K. I., Rainuzzo, J. R., Øie, G., & Olsen, Y. (1993). Nutritional effects of algal addition in first-feeding of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. *Aquaculture*, 118(3-4), 257-275.
- Rimmer, M. A., Sugama, K., Rakhmawati, D., Rofiq, R., & Habgood, R. H. (2013). A review and SWOT analysis of aquaculture development in Indonesia. *Reviews in Aquaculture*, 5(4), 255-279
- Ricci, C. (1983) Rotifera or Rotatoria? *Hydrobiologia*, 104, 1-2.
- Rico-Martinez, R. & T. W. Snell, 1995. Mating behavior and mate recognition pheromone blocking of male receptors in *Brachionus plicatilis* Müller (Rotifera). *Hydrobiologia* 313/314 (Dev. Hydrobiol. 109): 105-110
- Rumengan, I. F., Fu, Y., Kayano, H., & Hirayama, K. (1993). Chromosomes and isozymes of hypotriploid strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. In *Rotifer Symposium VI* (pp. 213-217). Springer Netherlands.
- Sargent, J. R., McEvoy, L. A., & Bell, J. G. (1997). Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155(1-4), 117-127.
- Sargent, J., Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D., & Estevez, A. (1999). Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*, 177(1-4), 191-199.
- Segers, H. (1995). Nomenclatural consequences of some recent studies

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- on *Brachionus plicatilis* Hendrik Segers. *Fisheries Research*, 121–122.
- Shirota, A. (1970). Studies on the mouth size of fish larvae. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 36, 353-369.
- Snell, T. W., & Garman, B. L. (1986). Encounter probabilities between male and female rotifers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 97(3), 221-230.
- Snell, T. W., & Hoff, F. H. (1987). Fertilization and male fertility in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia*, 147(1), 329-334
- Snell, T. W., Childress, M. J., Boyer, E. M., & Hoff, F. H. (1987). Assessing the status of rotifer mass cultures. *Journal of the World Aquaculture Society*, 18(4), 270-277.
- Snell, T. W., & Janssen, C. R. (1995). Rotifers in ecotoxicology: a review. *Hydrobiologia*, 313(1), 231-247.
- SPIRE Research Consulting. (2014). Value Chain Analysis of Marine Fish Aquaculture in Indonesia. *Lakes–Rivers.Aquacult. Res. Conf., Special Ed.* pp. 1–24
- Støttrup, J., & McEvoy, L. (Eds.). (2008). *Live feeds in marine aquaculture*. John Wiley & Sons.
- Suantika, G., Dhert, P., Nurhudah, M., & Sorgeloos, P. (2000). High-density production of the rotifer *Brachionus plicatilis* in a recirculation system: consideration of water quality, zootechnical and nutritional aspects. *Aquacultural engineering*, 21(3), 201-213.
- Suatoni, E., Vicario, S., Rice, S., Snell, T., & Caccone, A. (2006). An analysis of species boundaries and biogeographic patterns in a cryptic species complex: the rotifer—*Brachionus plicatilis*. *Molecular phylogenetics and evolution*, 41(1), 86-98.
- Teshima, H., Sogawa, H., Kihara, H., Nagata, S., Ago, Y., &

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- Nakagawa, T. (1987). Changes in populations of T-cell subsets due to stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 496(1), 459-466.
- Walker, K. F. (1981). 13. A synopsis of ecological information on the saline lake rotifer *Brachionus plicatilis* Müller 1786. *Hydrobiologia*, 81(1), 159-167.
- Walker, D. (2015). Micscape Snippets 2 - On who first described rotifers and when?, p. 7. Retrieved from <https://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artoct15/dw-snippet-2.html>
- Wallace, R. L., Snell, T. W., Ricci, C., Nogrady, T., 2006. Rotifera. In: Segers, H., Dumount, H. J.F. (eds), *Biology, Ecology and Systematics*, 2nd edition. Backhuys, 68-78.
- Watanabe, T., Kitajima, C., & Fujita, S. (1983). Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture*, 34(1-2), 115-143.
- Whyte, J. N., & Nagata, W. D. (1990). Carbohydrate and fatty acid composition of the rotifer, *Brachionus plicatilis*, fed monospecific diets of yeast or phytoplankton. *Aquaculture*, 89(3-4), 263-272.
- Yoshimura, K., Hagiwara, A., Yoshimatsu T. & Kitajima, C. (1996) Culture technology of marine rotifers and implication for intensive culture of marine fish in Japan. *Mar. Freshwat. Res.*, 47, 217-222.
- Yoshimura, K., Usuki, K., Yoshimatsu, T., Kitajima, C. & Hagiwara, A. (1997) Recent developments of a high density mass culture system for the rotifer *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff. *Hydrobiologia*, 358, 139-144.
- Yoshimura, K., Hagiwara, A., Yoshimatsu, T., & Kitajima, C. (1996). Culture technology of marine rotifers and the implications for

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR

- intensive culture of marine fish in Japan. *Marine and Freshwater Research*, 47(2), 217-222.
- Yu, J. P., & Hirayama, K. (1986). The Effect of Un-ionized Ammonia on the Population Growth of the Rotifer in Mass Culture* 1, 2. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 52(9), 1509-1513.
- Zmora, O. (1991). Management, production and disease interaction in rotifer culture. *Spec. Publ. Europ. Aquacult. Soc*, 15, 104-105

PROFIL PENULIS



Stenly Wullur merupakan salah satu tenaga pengajar dan peneliti di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Semenjak strata-1 tahun 1997, mulai menggeluti kajian pemanfaatan plankton dalam industri marikultur. Kajian ini terus dikembangkan dan menjadi topik utama penelitian Strata-2 di Graduate School of Science and Technology, Nagasaki University, Japan tahun 2005-2007. Berbagai aspek pemanfaatan plankton dalam marikultur ini pula semakin diperdalam pada Strata-3 di Graduate School of Fisheries Science and Environmental Studies, Nagasaki University, Japan tahun 2007-2010.

ROTIFERA DALAM PERSPEKTIF MARIKULTUR