

**LAPORAN AKHIR HIBAH PENELITIAN
STRATEGIS NASIONAL
TAHUN 2010**



Aspek: **Pengentasan kemiskinan (*Poverty alleviation*)**

**PENGEMBANGAN MANAJEMEN LINGKUNGAN
BUDIDAYA IKAN MELALUI APLIKASI PROBIOTIC, PELET
PROTEIN TINGGI, DAN BIOSECURITY UNTUK
PENINGKATAN KAPASITAS PRODUKSI DAN AKTIVITAS
BUDIDAYA BERKELANJUTAN**

**Nama Peneliti:
Drs. Sapto Purnomo Putro, MSi, PhD
Dra. Riche Hariyati, MSi**

Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementrian Pendidikan Nasional, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Strategis Nasional Nomor: 513/SP2H/PP/DP2M/VII/2010, tanggal 24 Juli 2010

**Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Diponegoro**

**LEMBAR PENGESAHAN HIBAH PENELITIAN
STRATEGIS NASIONAL TAHUN 2010**

01. Judul Riset : Pengembangan Manajemen Lingkungan Budidaya Ikan Melalui Aplikasi Probiotic, Pelet Protein Tinggi, Dan Biosecurity Untuk Peningkatan Kapasitas Produksi Dan Aktivitas Budidaya Berkelanjutan
02. Aspek : 1. Pengentasan kemiskinan (*Poverty alleviation*)
03. Peneliti Utama : Drs. Sapto P. Putro, MSi, PhD
04. JenisKelamin : Laki-laki/~~Perempuan~~
05. Unit Kerja : Jurusan Biologi, Fakultas MIPA Undip
06. Alamat Unit Kerja : Jl. Prof. Soedharto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, 50275
Telpon (024)7474754 Faks /(024) 70799494
07. Alamat Rumah : Jl. Gatot Subroto, Gg. Muria IV/7 Bandarjo Ungaran
Telpon - Faks -
08. Alamat E-mail : saptoputro@undip.ac.id; saptoputro@yahoo.com
09. Telepon Seluler/HP : +62.8179502051
10. Lama Riset : 10 bulan
11. Hibah Penelitian Sragetis Nasional Tahun : 2010
12. Total Biaya : **Rp. 55.000.000,00**

Semarang, 14 Nopember 2010

Mengetahui,
Dekan FMIPA

Ketua Peneliti

Dra. Rum Hastuti, M.Si.
NIP. 1950 0615 197802 2 001

Drs. Sapto P. Putro, MSi, PhD.
NIP. 1988 2612 1994 03 1 008

Ketua Lemlit UNDIP

Prof. Drs. Imam Ghozali, M.Com., Akt., Ph.D
NIP. 1958 0816 198603 1 002

RINGKASAN

Dalam upaya mewujudkan akuakultur berkelanjutan (*sustainable aquaculture*), sistem manajemen dan teknologi akuakultur yang perlu menjadi perhatian yang serius adalah pengembangan manajemen lingkungan budidaya dan fasilitas pendukungnya. Penelitian ini bertujuan antara lain untuk mengembangkan manajemen lingkungan budidaya ikan guna menunjang aktivitas budidaya yang berkelanjutan. Dalam jangka panjang, riset ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata kepada masyarakat melalui kegiatan pemberdayaan masyarakat berupa pembuatan probiotik dan pelet ikan protein tinggi dengan memanfaatkan sumberdaya alam lokal, khususnya kerang air tawar (*Anodonta woodiana* Lea) and keong mas (*Pomacea sp.*) dan upaya meningkatkan daya dukung lingkungan perairan sehingga daya dukung (*carrying capacity*) lingkungan perairan Rawapening agar tetap terjaga.

Penggunaan probiotik di lapangan dilakukan berdasarkan isolasi bakteri di perairan perairan danau Rawapening. Aplikasi *biosecurity* yang dilakukan antara lain identifikasi dan upaya pencegahan penyakit, memilih benih yang sehat dan melakukan pengontrolan terhadap pertumbuhan benih, melakukan pengontrolan terhadap kualitas lingkungan (air dan sedimen), dan melaksanakan program pembasmian penyakit bila terjadi wabah. Sedangkan proses pembuatan pelet meliputi penentuan formulasi, penggilingan bahan baku menjadi tepung, penimbangan, pencampuran bahan baku pelet, pengolahan adonan menjadi pelet/*crumble*, pengeringan, dan sortasi. Uji fisik pelet meliputi uji daya apung, uji daya tahan pelet dalam air, dan daya kekerasan pelet. Uji kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan nutrisi pelet ikan yang dibuat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelet ikan komersial kualitas tinggi memiliki kandungan protein sebesar 35%, pelet dengan kualitas sedang memiliki kandungan protein sebesar 16%, sedangkan pelet alternatif memiliki kandungan protein sebesar 20%. Penyakit yang umumnya menyerang budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di perairan Rawapening antara lain parasit *Trichodina sp* (a) dan *Trichodinella sp*, jamur *Saprolegnia sp*, dan bakteri *Streptococcus sp*

ABSTRACT

In order to achieve sustainable aquaculture, management systems and aquaculture technology that need to be a seriously concerned is the environmental management of aquaculture development and its supporting facilities. This study is aimed to develop the environmental management of fish farming in order to support sustainable farming activities. In the long term, research is expected to make a real contribution to society through community empowerment activities in the form of production of natural probiotics and high protein fish pellets using local natural biotas, especially freshwater clams (*Anodonta woodiana* Lea) and golden snails (*Pomacea sp.*) and efforts to increase the carrying capacity of water environment of Rawapening. The use of probiotics is based on the isolation of bacteria in aquatic waters Rawapening Lake. Biosecurity application includes the identification and prevention of disease, selecting seeds of healthy and controlling the growth of seeds, controlling the quality of the environment (water and sediment), and implement eradication programs when an outbreak of disease occurs. The processes of producing pellet involve determining the formulation, raw material grinding into flour, weighing, mixing raw materials, the processing of dough into a pellet/crumble, drying, and sorting. Physical tests include floatation of pellets, endurance in the water, and the hardness of pellets. Chemical tests were conducted to determine the nutrient content of experimental fish pellets. The results show that the experimental pellet contents of 16% of protein, which is 4% higher than medium-quality of commercial pellet, or 15% lower than premium-quality of commercial pellet. Diseases that generally attack the culture of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Rawapening waters include parasite *Trichodina sp.*, *Trichodinella sp.*, fungi *Saprolegnia sp.*, and bacteria *Streptococcus sp.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Secara umum budidaya ikan air tawar di Indonesia masih menggunakan sistem tradisional dan belum menggunakan manajemen usaha yang baik sehingga produksi ikan belum dapat dilakukan secara terkontrol baik kuantitas, kualitas maupun keberlanjutannya. Salah satu kawasan perairan yang berpotensi sebagai tempat pembudidayaan ikan sistem keramba adalah Rawapening, karena tingkat biomassa organisme perairan yang cukup tinggi terutama bangsa fitoplankton dan zooplankton. Pemanfaatan Rawapening sebagai area budidaya ikan sistem keramba secara tradisional telah dikembangkan oleh masyarakat setempat sejak tahun 1997 di tengah-tengah rawa. Seiring dengan jumlah keramba yang semakin banyak, sejak tahun 1999 keramba-keramba tersebut banyak yang berlokasi di pinggir rawa, terutama daerah hulu yang berbatasan dengan Desa Asinan. Praktek budidaya sistem keramba tancap di perairan Rawapening saat itu lebih mengutamakan produksi biomass dengan target tertentu tanpa memperhatikan *carrying capacity* lingkungan setempat, sehingga berpotensi munculnya permasalahan lingkungan, antara lain serangan hama penyakit, pencemaran lingkungan, pengkayaan organik perairan, dan ledakan populasi gulma enceng gondok.

Berdasarkan survey lapangan oleh tim pengusul, banyak masyarakat pembudidaya kurang memahami bahwa budidaya pada area semi tertutup dengan debit air yang rendah seperti perairan Rawapening ini sangat membutuhkan manajemen lingkungan yang baik. Untuk mewujudkan akuakultur berkelanjutan (*sustainable aquaculture*), sistem manajemen dan teknologi akuakultur yang perlu menjadi perhatian yang serius adalah pengembangan manajemen lingkungan budidaya melalui aplikasi *probiotic* dan *biosecurity*. Pemberian *probiotic* diharapkan dapat meningkatkan populasi mikroba yang dibutuhkan pada tingkat yang optimal agar pemanfaatan makanan dan penyerapan nutrisi, respon ketahanan terhadap penyakit, dan kualitas lingkungan ambien dapat ditingkatkan. Sedangkan penerapan *biosecurity* diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan pembudidayaan karamba ikan, khususnya kematian mendadak, wabah penyakit dan parasit ikan. Selain itu, untuk memanfaatkan sumber daya alam setempat dan peningkatan kapasitas produksi serta untuk meningkatkan pemberdayaan masyarakat pembudidaya ikan, maka perlu dilakukan pembuatan pelet protein tinggi.

1.2. Tujuan dan Manfaat Riset

Tujuan khusus yang ingin dicapai dari usul penelitian strategis nasional ini antara lain:

1. Melakukan serangkaian kegiatan dalam upaya mengembangkan manajemen lingkungan budidaya ikan melalui aplikasi *biosecurity* guna menunjang aktivitas budidaya yang berkelanjutan.
2. Melakukan kegiatan pemberdayaan masyarakat melalui pembuatan pelet ikan protein tinggi dengan memanfaatkan sumberdaya alam lokal, khususnya kerang rawa dan keong sawah sebagai sumber protein tinggi guna mendukung aktivitas budidaya ikan.
3. Meningkatkan daya dukung lingkungan perairan melalui aplikasi *probiotic* untuk meningkatkan populasi mikroba pada tingkat yang optimal dan meningkatkan daya dukung (*carrying capacity*) lingkungan setempat.

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Meningkatnya pemahaman tentang teknik budidaya pada area semi tertutup dengan debit air yang rendah seperti perairan Rawapening melalui penerapan manajemen lingkungan yang baik.
2. Meningkatnya produktivitas hasil budidaya karena adanya modifikasi keramba jaringapung bertingkat dan aplikasi probiotic serta biosecurity dengan memperhatikan *carrying capacity* lingkungan setempat untuk mewujudkan akuakultur berkelanjutan (*sustainable aquaculture*)
3. Meningkatnya diversifikasi usaha masyarakat pembudidaya ikan melalui pemanfaatan sumberdaya alam lokal, khususnya kerang rawa dan keong sawah sebagai sumber protein tinggi guna mendukung aktivitas budidaya ikan.

II. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1. *State of the art* penelitian

2.1.1. Konsep manajemen lingkungan dan aplikasi Biosecurity

Pada hakekatnya budidaya perikanan secara intensif merupakan kegiatan yang menguntungkan, namun sangat memerlukan pemahaman manajemen lingkungan perairan yang memadai. Berbagai permasalahan lingkungan dapat terjadi jika praktek budidaya tidak mempertimbangkan aspek ekologis dan keberlanjutannya (*sustainability*). Di Indonesia, contoh kasus yang paling menonjol adalah budidaya udang, khususnya udang windu. Usaha budidaya udang windu intensif pernah mencapai masa kejayaan pada tahun 1994, hingga menempatkan Indonesia sebagai salah satu produsen udang papan atas di dunia dengan angka produksi 160.000 ton/tahun (Murdjani dkk., 2007). Namun praktek budidaya saat itu lebih mengutamakan produksi biomass dengan target tertentu tanpa memperhatikan *carrying capacity* lingkungan setempat, maka berbagai permasalahan lingkungan kemudian muncul, antara lain serangan penyakit virus, pencemaran lingkungan, penggunaan antibiotik berlebihan, dan pengkayaan organik perairan. Tidak kurang dari 80% lahan tambak udang yang pada era tahun 80-an sangat produktif, kini menjadi lahan kosong dan dialihkan menjadi tambak garam tradisional.

Seperti budidaya ikan pada umumnya, budidaya ikan sistem keramba umumnya meliputi pembesaran ikan dari fase juvenil hingga dewasa dan siap dikonsumsi dalam kepadatan populasi yang tinggi dengan area yang terbatas. Dalam perkembangannya, para pembudidaya umumnya melakukan intensifikasi praktek budidaya untuk meningkatkan kapasitas produksi. Menurut Murdjani dkk. (2007), intensifikasi diartikan sebagai peningkatan hasil dengan menambah input produksi tanpa adanya perluasan lahan. Intensifikasi dilakukan dengan memaksimalkan daya dukung (*carrying capacity*) lahan yang ada agar terjadi peningkatan hasil produksi. Permasalahan mulai muncul jika aktivitas tersebut tidak diimbangi dengan penerapan manajemen lingkungan yang baik, karena material organik yang ditimbulkan dari aktivitas budidaya dapat menimbulkan ketidakseimbangan ekologis di kawasan tersebut, sehingga dapat mengancam keberlanjutan usahanya. Hal ini disebabkan karena materi organik yang tersedimentasi di dasar area budidaya dapat mempengaruhi ekosistem di sekitar kawasan pembudidayaan

ikan. Materi organik dapat pula menyebar di kawasan yang tidak dijadikan tempat pembudidayaan ikan, dan proses perbalikan ekosistem menuju kondisi asal umumnya memakan waktu yang cukup lama (Putro *et al.*, 2006).

Materi organik yang ditimbulkan dari aktivitas budidaya dapat menyebabkan perubahan lingkungan perairan dan sedimen, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Akumulasi yang terus menerus dari materi organik ini dapat berakibat pada berkurangnya kandungan oksigen dalam lapisan batas antara air dan sedimen, yang pada akhirnya mempengaruhi perubahan komposisi hewan makrobenthik *infauna*. Dampak lingkungan dari kegiatan budidaya perikanan, khususnya oleh tingginya tingkat limbah nutrisi dan laju proses biokimia nitrogen (nitrifikasi-denitrifikasi), umumnya bergantung pada beberapa faktor, antara lain praktik pemberian pakan (komposisi pakan dan efisiensi pemanfaatan pakan oleh ikan), kondisi hidrografi setempat (pertukaran air, arus, dan sirkulasi air), dan manajemen praktik budidaya (metode pemberian pakan, kepadatan benih ikan, desain fasilitas budidaya) (Hargreaves, 1998; Naylor & Burke, 2005; Wu, 1995). Salah satu upaya untuk menekan dampak aktivitas budidaya adalah penanganan manajemen lingkungan melalui aplikasi *biosecurity*.

Menurut Sucipto (2008), *biosecurity* didefinisikan sebagai serangkaian usaha untuk mencegah atau mengurangi peluang masuknya suatu penyakit ke suatu sistem budidaya dan mencegah penyebarannya dari suatu tempat ke tempat lain yang masih bebas. Prinsip dasar dalam penerapannya adalah isolasi dan desinfeksi. Di Indonesia khususnya sektor perikanan, istilah dan pelaksanaan *biosecurity* masih sangat relatif baru sehingga konsep ini belum banyak diterapkan. Hal-hal yang menyebabkan para pembudidaya belum melaksanakan program ini, antara lain kurangnya pengetahuan dan miskonsepsi terutama tentang besarnya biaya dalam penerapan *biosecurity* tanpa mempertimbangkan keuntungan yang akan diperoleh. Efektifitas program *biosecurity* tergantung pada beberapa hal, baik faktor teknis, manajerial maupun ekonomi. Dalam pelaksanaannya, kedisiplinan dan kepedulian yang tinggi baik pada level pelaksana maupun manajer sangat diperlukan. Aplikasi di tingkat petani perlu dilakukan secara komprehensif sehingga dapat mencegah masuk, berkembang dan menyebarnya patogen tertentu yang sangat berbahaya. Dalam suatu kegiatan budidaya, pelaksanaan konsep ini diharapkan mampu menjadi solusi alternatif bagi terciptanya budidaya perikanan yang berkelanjutan.

Jika ikan terdeteksi terserang hama atau penyakit, umumnya ikan tersebut memiliki tanda-tanda sebagai berikut: nafsu makan berkurang, sikap berenang yang berubah – ubah (lemas / agresif), terjadi perubahan warna pada ikan, sisik ikan kelihatan berdiri, tubuh ikan tidak licin, dan sirip rontok. Penyakit yang disebabkan oleh jamur dan bakteri, umumnya dilakukan penanggulangan dengan melakukan perendaman dalam larutan malachite green oxalate 1 ppm selama 1 jam atau menggunakan kalium permanganate (PK) 10 – 20 ppm selama 30 – 60 menit.

Penyebab penyakit pada budidaya ikan umumnya antara lain : stress, organisme pathogen, perubahan lingkungan, keracunan, dan kekurangan nutrisi. Ikan dapat mengalami stress, apabila dalam transportasi dari kolam pendederan ke jaring apung tidak ditangani dengan baik. Begitu pula pada saat diturunkan untuk ditebar ke jaring apung, dilaksanakan secara sembarangan. Akibat dari stress menjadikan ikan menjadi shock, tidak mau makan, kanibalisme, dan meningkatnya kepekaan terhadap penyakit (Watanabe, 1998). Menurut (Watanabe, 1998), penyakit parasiter pada ikan banyak disebabkan oleh: virus, bakteri, krustasea, cacing, protozoa, dan jamur. Penanganan yang dapat dilakukan antara lain: menghentikan pemberian pakan terhadap ikan, mengganti pakan dengan jenis yang lain, memisahkan ikan tersebut dalam beberapa komponen, sehingga densitasnya menjadi rendah, dan terapi kimia.

Selain nilai ekonomisnya, aktivitas budidaya perikanan dapat meningkatkan kandungan organik di sekitarnya hingga memicu populasi gulma. Putro (2008) melaporkan adanya pengkayaan organik seiring dengan meningkatkan kegiatan budidaya keramba tancap di perairan Rawapening, Semarang, sehingga penerapan manajemen budidaya dan *biosecurity* perlu diterapkan.

2.1.2. Perkembangan pembuatan pelet ikan komersial

Pakan merupakan faktor produksi yang sangat penting, baik dari segi jumlah maupun mutu, karena dapat mempengaruhi suatu keberhasilan panen akhir. Pakan yang diberikan dapat berupa ikan rucah segar ataupun pakan buatan. Untuk menghasilkan suatu panen yang optimal, menurut (Akbar, 1991), pakan buatan (pelet), yang diberikan harus mengandung : nilai nutrisi protein 47 %, lemak 12 %, abu 7 %, air 8 % dan serat 3 % atau dapat diperoleh dengan komposisi pelet : tepung ikan, tepung kepala udang, tepung rajungan, tepung kedelai, dedak halus, lesitin, vitamin C, minyak cumi dan mineral mix.

Pada ikan kerapu, komposisi pelet yang digunakan untuk meningkatkan keragaman pemijahan induk Kerapu terdiri dari berbagai komponen, seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi moist pellet yang digunakan untuk meningkatkan keragaman pemijahan induk Kerapu dengan kandungan protein 40 % dan vitamin C dosis 100 mg (Watanabe, 1998).

Ingredient	Diet
Fish meal	40.0
Squid liver meal	24.0
Fish oil	14.0
Starch	8.0
Vitamin premix	1.0
Vitamin C	10.0
Mineral premix	1.5
Binder	1.0
Cellulose	0.5
Total	100,0
Crude protein	40,0
Crude fat	22,6
Crude sugar	8,0
Crude ash	-
DE (kcal / kg diet)	3.692,0
C / P ratio	94,0

Pemberian pakan yang ideal tergantung pada ukuran ikan yang dipelihara. Misalnya pada ikan kerapu, ikan berukuran 20 – 50 g dapat diberikan pakan sebesar 15 % per hari dari bobot biomassa. Selanjutnya persentase diturunkan seiring dengan pertumbuhan ikan. Setelah mencapai ukuran 100 g, pakan diberikan sebanyak 10 % per hari, dan kemudian dikurangi setiap 1 bulan pemeliharaan, hingga akhirnya diberikan sebanyak 5 % per hari saat ikan Kerapu telah mencapai ukuran 1 kg.

Ikan dapat memenuhi kebutuhan makannannya dengan pakan yang tersedia di alam. Karena ikan mempunyai kesempatan untuk memilih, pakan alami selalu sesuai dengan selera ikan. Namun dalam lingkungan budidaya, ikan lebih tergantung pada pakan buatan dan tidak mempunyai kesempatan untuk memilih. Dalam budidaya ikan, pakan buatan yang baik merupakan faktor penting yang menentukan tingkat konsumsi pakan. Apabila pakan yang dikonsumsi tidak memadai, ikan tidak mampu mempertahankan kesehatannya sehingga pertumbuhan ikan pun tidak optimal dan produksinya pun menurun.

Pakan buatan adalah pakan yang dibuat dengan formulasi tertentu berdasarkan pertimbangan pembuatannya. Pembuatan pakan sebaiknya didasarkan pada pertimbangan

kebutuhan nutrisi ikan, kualitas bahan baku, dan nilai ekonomis. Dengan pertimbangan yang baik dapat dihasilkan pakan buatan yang disukai ikan, tidak mudah hancur di dalam air, dan aman bagi ikan. Namun, penggunaan pakan buatan sering menimbulkan masalah, baik masalah teknis, maupun kesehatan. Biaya yang harus dikeluarkan untuk pengadaan pakan buatan cukup besar, bahkan pada budidaya intensif dapat mencapai 60% dari biaya produksi. Selain itu, penggunaan pakan buatan pun sering menimbulkan masalah pada kualitas air. Sisa pakan yang tidak dicerna atau pakan yang dicerna sebagian akan mengendap bersama feses ikan di dasar kolam budidaya. Proses perombakan ini membutuhkan oksigen yang cukup sehingga akan mempengaruhi ketersediaan oksigen di dalam air untuk respirasi ikan. Selain itu, proses perombakan tersebut menghasilkan amonia dan hidrogen sulfida yang merupakan senyawa toksik bagi ikan.

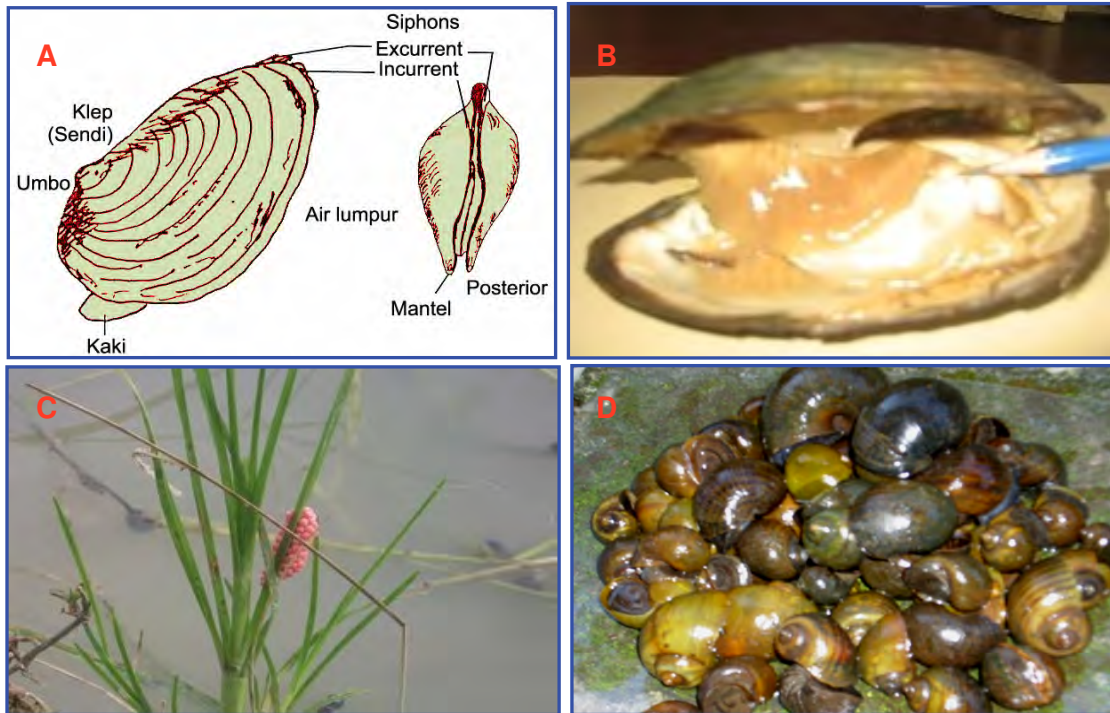
Defisiensi gizi sering dijumpai pada pakan dan hal ini akan berpengaruh terhadap ikan yang dibudidayakan. Defisiensi gizi dapat terjadi karena kesalahan dalam pembuatan formula atau selama pembuatan pakan dalam jangka waktu tertentu. Pemberian pakan buatan yang tidak disukai ikan dapat mengakibatkan penurunan kualitas air dan defisiensi gizi pada ikan itu sendiri. Penurunan kesehatan atau pertumbuhan yang tidak normal selanjutnya menyebabkan efisiensi pakan buatan menurun dan pada kondisi yang ekstrim dapat terjadi kematian secara massal.

2.1.3 Biota lokal perairan Rawapening sebagai alternatif sumber protein pelet ikan

Perairan Rawapening memiliki potensi penyedia sumber bahan pakan ikan. Potensi tersebut berupa alga, keong mas, udang rebon dan kerang rawa/air tawar (bahasa Jawa: ece). Kijing atau kerang rawa telah menjadi salah satu hewan yang cukup penting bagi perikanan karena ketersediaannya di perairan Rawapening cukup melimpah. Selain sebagai biofilter, bahan makanan ikan dan hewan lainnya, daging kerang air tawar juga bisa dikonsumsi oleh manusia. Namun karena cita rasanya yang kurang (daging elastis), maka tidak banyak masyarakat yang mengonsumsi kerang rawa.

Keong mas banyak dijumpai di area persawahan sekitar Rawapening. Hewan ini bereproduksi dengan cepat dan keberadaannya sebagai hama merugikan petani. Keong mas memiliki kandungan protein yang tinggi berkisar 50%-55%. Penggantian kandungan tepung ikan menjadi tepung keong mas sebanyak 25-75 persen memberikan pengaruh yang cukup baik terhadap laju pertumbuhan harian individu, efisiensi pakan, retensi protein dan

retensi lemak. Berdasarkan hal tersebut, keong mas berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber protein utama dalam pembuatan pelet ikan alternatif.



Gambar 1. Species lokal kawasan Rawapening sebagai alternatif sumber protein pelet ikan: (A &B). Morfologi dan anatomi kerang rawa; (C&D) telur dan keong mas Kerang rawa dan keong mas (*Pomacea canaliculata* Lamarck) yang populasinya melimpah di area pertanian padipasang surut.

2.2. Penelitian terdahulu dalam penerapan probiotik

Penggunaan antibiotik dapat diterapkan pada pemeliharaan juvenil/larva hewan budidaya untuk menanggulangi infeksi baik oleh bakteri, misalnya *V. harveyi* (Zafran dan Roza, 1993), namun dampak penggunaannya dapat meningkatkan resistensi bakteri dan menurunkan vitalitas larva. Menurut Rusdi dkk. (2002), penanggulangan penyakit akan lebih aman jika dilakukan secara biologis, yaitu menggunakan bakteri probiotik. Penggunaan probiotik pada area budidaya mulai populer dilakukan seiring dengan kesadaran pelaku bisnis budidaya akan resiko penggunaan bahan-bahan kimia terhadap lingkungannya. Tujuannya adalah untuk menekan populasi mikroorganisme yang merugikan ataupun mampu mendekomposisi bahan organik beracun. Namun sejauh ini

sedikit yang melaporkan efektivitas dari penerapannya. Selain akan dibuat formulasi probiotik, perlu pula dikaji lebih mendalam efektivitas aplikasi probiotik pada skala laboratorium maupun penerapannya di lapangan melalui sampling area sebelum dan sesudah aplikasi.

Komposisi *probiotic* umumnya terdiri dari bakteri, cyanobacteria, mikro algae, dan fungi. Dalam perkembangannya, komposisi probiotic bervariasi dan beberapa referensi digunakan istilah 'normal mikrobiota' atau 'efektif mikrobiota'. Komposisi efektif mikrobiota terdiri dari fotosintetik bakteri, *Lactobacillus*, Actinomycetes, Nitrobacteria, Bakteri denitrifikasi, Bifidobacterium, yeast, dll. Istilah lain untuk bakteri *probiotic* adalah 'probiotic' atau 'beneficial bacteria'. Bakteri fotosintetik berperan untuk menjaga keseimbangan dengan mikroorganisme menguntungkan lainnya yang bekerja bersama secara koeksistensi. Bakteri asam laktat (*lactic acid bacteria*) berfungsi memfermentasi materi organik dan mencegah berkembangnya mikroorganisme patogen. Sedangkan yeast berfungsi memfermentasi materi organik dan mengandung vitamin dan asam amino yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri menguntungkan (Othman *et al.*, 2005).

III. METODOLOGI RISET

3.1. Kerangka Konseptual

Secara umum budidaya ikan air tawar di Indonesia masih menggunakan sistem tradisional dan belum menggunakan manajemen usaha yang baik sehingga produksi ikan belum dapat dilakukan secara terkontrol baik kuantitas, kualitas maupun keberlanjutannya. Salah satu kawasan perairan yang berpotensi sebagai tempat pembudidayaan ikan sistem keramba adalah Rawapening, karena tingkat biomassa organisme perairan yang cukup tinggi terutama bangsa fitoplankton dan zooplankton. Populasi fitoplankton dan zooplankton merupakan salah satu jenis pakan alami ikan. Karena manfaatnya yang bagus untuk perikanan dan luasnya daerah Rawapening maka perlu dilakukan usaha yang serius agar potensi dari Rawapening dapat dimanfaatkan secara optimal.

Berdasarkan survey lapangan oleh tim pengusul, banyak masyarakat pembudidaya kurang memahami bahwa budidaya pada area semi tertutup dengan debit air yang rendah seperti perairan Rawapening ini sangat membutuhkan manajemen lingkungan yang baik. Praktek budidaya ikan sistem keramba tancap di kawasan Rawapening saat ini cenderung terus meningkat dengan bertambahnya instalasi keramba tancap milik warga. Tujuan dari kegiatan budidayapun lebih mengutamakan produksi biomasa dengan target tertentu dan kurang memperhatikan penataan lokasi keramba dan kurang memperhatikan *carrying capacity* lingkungan setempat.

Pemanfaatan Rawapening sebagai area budidaya ikan sistem keramba tancap tradisional telah dikembangkan oleh masyarakat setempat sejak tahun 1997 di tengah-tengah rawa (Zaenuri, Kepala Desa Asinan; personal komunikasi). Keramba umumnya dibuat secara sederhana menggunakan bambu yang dipancangkan di sudut-sudut dan pinggiran berbentuk persegi panjang dengan ukuran 4 x 5 meter, dan jaring dengan kedalaman sekitar 1- 1,5 m. Seiring dengan jumlah keramba yang semakin banyak, sejak tahun 1999 keramba-keramba tersebut banyak yang berlokasi di pinggir rawa, terutama daerah hulu yang berbatasan dengan Desa Asinan. Pertumbuhan keramba-keramba tancap di kawasan Rawapening cukup pesat pada sepuluh tahun terakhir dan menempati sebagian dari luas wilayah perairan Rawapening sehingga dikhawatirkan akan mempengaruhi fungsi ekologis dan estetika perairan Rawapening.

Faktor-faktor yang menentukan keberhasilan usaha akuakultur berkelanjutan pada umumnya adalah kualitas benih, teknik pembesaran, lingkungan akuakultur, manajemen kesehatan ikan, kualitas produk dan pemasaran. Berdasarkan pertimbangan tersebut, sistem manajemen dan teknologi akuakultur di Indonesia perlu ditingkatkan untuk menciptakan suatu teknik budidaya dan proses produksi yang ramah lingkungan dan produk yang aman bagi kesehatan manusia. Untuk mewujudkan akuakultur berkelanjutan (*sustainable aquaculture*), sistem manajemen dan teknologi akuakultur yang perlu menjadi perhatian yang serius adalah pengembangan aplikasi *probiotic* dan *biosecurity*.

Probiotic telah lama muncul sebagai salah satu solusi terhadap permasalahan kualitas produk budidaya dan kualitas lingkungan. Penggunaan antimikrobia yang berlebihan untuk mencegah penyakit dan adanya kecenderungan resistensi agen penyakit menumbuhkan kesadaran pembudidaya untuk menggunakan *probiotic*. Menurut Fuller (2006), *probiotic* adalah suplemen pakan mikrobial hidup yang mempengaruhi hewan inang dengan cara meningkatkan keseimbangan flora dalam intestin (usus halus) hewan tersebut. Bakteri yang berada di lingkungan akuatik mempengaruhi komposisi mikrobiota dalam perut hewan perairan. Dengan kata lain, genera mikrobial yang hidup di saluran pencernaan umumnya berasal dari lingkungan atau makanan yang kemudian hidup dan berkembang dalam saluran pencernaan, baik patogen maupun non-patogen. Populasi mikroorganisme patogenik oportunistik dapat meningkat di sekitar hewan yang dibudidayakan. Pemberian *probiotic* bertujuan untuk meningkatkan populasi mikroba yang dibutuhkan pada tingkat yang optimal agar pemanfaatan makanan dan penyerapan nutrisi, respon ketahanan terhadap penyakit, dan kualitas lingkungan ambien dapat ditingkatkan.

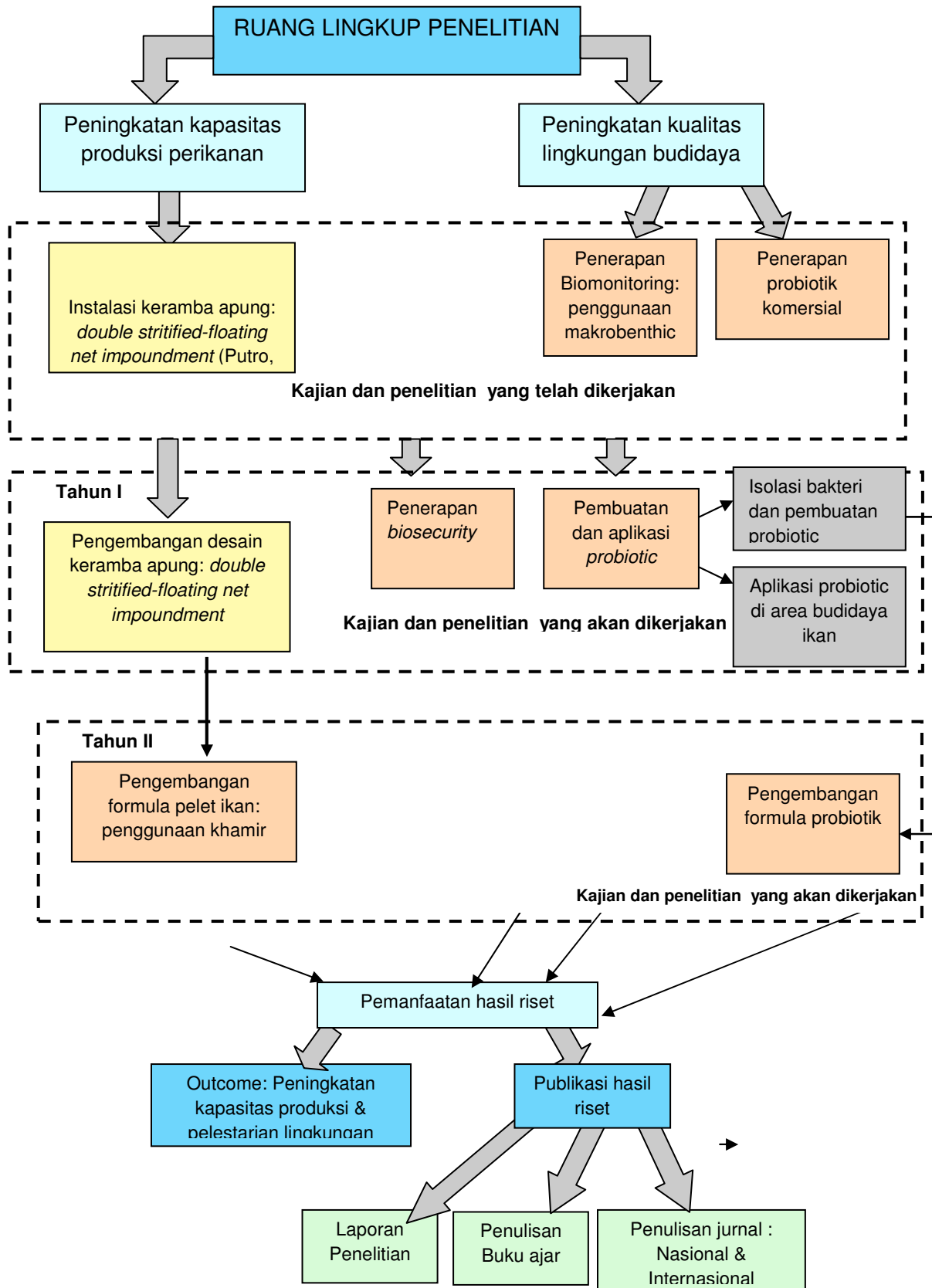
Upaya pemanfaatan sumber daya perairan menuntut adanya penerapan manajemen lingkungan. Upaya tersebut dapat berupa kegiatan-kegiatan pengendalian pembudidayaan, pembinaan potensi dan pelestarian sumber daya perikanan dan lingkungan perairannya, serta pengaturan berbagai kegiatan lainnya yang langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi kondisi sumber daya ikan dan lingkungannya. Dalam budidaya perikanan sistem keramba, salah satu upaya untuk mengoptimalkan kualitas dan kuantitas produksi adalah melalui penerapan *biosecurity*.

Penerapan *Biosecurity* di area pembudidayaan karamba ikan di Rawapening merupakan salah satu solusi yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang terjadi pada pembudidayaan karamba ikan di area tersebut, khususnya kematian

mendadak, wabah penyakit dan parasit ikan. Pemilihan lokasi yang tepat, desain, tata letak dan konstruksi yang cermat, penggunaan benih kualitas unggul, dan teknik pemeliharaan yang benar merupakan beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pembudidayaan ikan dalam karamba jaring apung. Penerapan *biosecurity* diharapkan dapat mengatasi permasalahan-permasalahan yang ditimbulkan akibat berbagai serangan penyakit pada area pembudidayaan karamba ikan, sehingga dapat diperoleh hasil panen yang baik dan akan mendapatkan keuntungan yang berkelanjutan.

Kawasan perairan Rawapening telah dijadikan sebagai tempat berbagai macam aktivitas masyarakat sekitar, terutama budidaya ikan sistem keramba dan pertanian padi pasang surut. Salah satu dampak dari aktivitas tersebut adalah meningkatnya kandungan organik perairan dan sedimen karena adanya pemberian pakan secara kontinyu dari aktivitas budidaya ikan dan pemberian pupuk untuk menyuburkan padi. Pengkayaan organik ini memicu suburnya beberapa tanaman, khususnya enceng gondok, maupun organisme air, salah satunya adalah kerang rawa. Ketersediaan kerang air tawar ini di perairan Rawapening cukup melimpah. Kerang ini tidak dikonsumsi oleh masyarakat karena cita rasanya yang dianggap tidak enak. Masyarakat sekitar belum memanfaatkan dan mengolah kerang rawa ini secara optimal khususnya untuk dijadikan sebagai bahan suplemen pelet ikan. Selain itu, seiring dengan berkembangnya lahan pertanian pasang surut di area Rawapening, maka populasi keong mas sebagai hama padi juga meningkat. Adanya keong mas yang melimpah sangat tepat untuk dijadikan sebagai alternatif sumber protein bagi pelet ikan. Pembuatan pelet dengan kerang rawa dan keong mas sebagai sumber proteinnya dapat menjadi terobosan alternatif dalam pembuatan pelet ikan.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, seperti disajikan pada **Gambar 2** di atas. Secara umum, aspek-aspek yang diteliti meliputi penerapan manajemen lingkungan melalui aplikasi *probiotic* dan *biosecurity*, dan biomonitoring kualitas lingkungan pada area budidaya ikan keramba apung system *stratified double net*. Parameter yang akan diukur antara lain fisika-kimia air (kuat arus, salinitas, konduktivitas, oksigen terlarut, temperature, kedalaman, turbiditas, and Total Organic Matter (TOM)), fisika-kimia sedimen (logam berat, kandungan organik, dan komposisi butiran sedimen, biologi perairan (taksa dominan makrobenthik *infauna*), pemantauan populasi plankton, pemantauan populasi bakteri patogen (*Vibrio sp.*), dan pemantauan parasit ikan.



Gambar 2. Roadmap tahapan penelitian, mulai dari penelitian yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan, meliputi upaya peningkatan kapasitas produksi hingga aplikasi manajemen lingkungan, luaran dan indikator capaian untuk dua tahun.

3.2. Pendekatan Metodologi yang Digunakan

3.2.1. Survey Lapangan Dan Penentuan Lokasi Penelitian

Survey lapangan telah dilakukan terhadap area budidaya Keramba Jaring Apung Bertingkat atau KJAB (*Stratified Double Flotaing Net Cages*) milik Kelompok Tani Ngudi makmur, Dusun Krajan, Desa Asinan. Kordinasi bersama kelomok Tani Ngudi Makmur telah dilakukan, sehingga diharapkan akan terjadi *transfer knowledge* dari peneliti kepada khalayak sasaran (para pembudidaya KJA). Beberapa titik/stasiun pengambilan stasiun dilakukan untuk tujuan monitoring terhadap kualitas perairan dan sedimen.



Gambar 1. Kordinasi pelaksanaan dan aplikasi penelitian bersama kelompok pembudidaya ikan system keramba Ngudi Makmur di lokasi KJAB.

3.2.2. Perbaikan/Modifikasi KJAB

Beberapa modifikasi dilakukan guna mengoptimalkan fungsi keramba. Modifikasi tersebut dilakukan berdasarkan hasil evaluasi selama setahun sebelumnya terhadap pengoperasian KJAB oleh Kelompok Tani Ngudi Makmur. Modifikasi tersebut antaralain:

- a. Penambahan komponen *rolling net* yang diletakkan di salah satu sudut dari keramba, berfungsi untuk mempermudah saat proses pemanenan ikan
- b. Penggantian mata jaring 0.5 inchi menjadi 1 inchi, khusus pada pada bagian dasarnya untuk mengurangi terhambatnya sisa pelet ikan dari jaring I (lapisan atas) menuju ke jaring II.
- c. Penggantian drum seng bekas minyak Pertamina dengan drum plastik dengan diamter 75 cm sebagai floater guna memperpanjang umur KJAB
- d. Penggantian ukuran tali menjadi lebih besar untuk meningkatkan kekuatan jaring KJAB

3.2.3. Pembuatan dan Aplikasi Probiotik

Penggunaan probiotik di lapangan akan dilakukan berdasarkan isolasi bakteri di perairan setempat, yaitu perairan danau Rawapening. Penentuan bakteri sebagai kandidat probiotik membutuhkan serangkaian pengujian yang perlu dilakukan sebelum dapat diaplikasikan secara masal pada skala industri. Pengujian yang akan dilakukan meliputi:

Seleksi bakteri kandidat probiotik, uji patogenisitas bakteri kandidat probiotik pada hewan target, pengujian melawan bakteri patogen pada skala laboratorium, *pilot* dan massal.

Uji daya hambat bakteri patogen dilakukan untuk mengetahui daya hambat bakteri potensial probiotik terhadap pertumbuhan *Vibrio sp* patogenis.

Selanjutnya isolat bakteri probiotik akan diamati, meliputi kelulushidupan (survival rate), pertumbuhan larva, jumlah total bakteri dan *Vibrio sp*, serta kualitas air (suhu, salinitas, pH, DO, amonia, nitrit dan nitrat).

Aplikasi probiotik dan biosecurity pada area budidaya akan dilakukan untuk menekan populasi mikroorganisme dan mendekomposisi bahan organik beracun, setelah dilakukan pengujian skala laboratorium.

Aplikasi *probiotic* yang akan diterapkan merupakan pengembangan dari metode Hardanu dkk. (2005), baik komposisi maupun cara penerapannya. Tahapan pembuatan probiotic adalah sebagai berikut:

- a. Tepung beras, teung ikan, molase, dicampur dengan 5 liter air tawar dan direbus hingga menjadi bubur sebagai bahan fermentasi
- b. Bubur fermentasi diaduk selama 60 menit, kemudian ditambahkan 40 liter air steril.
- c. Sebanyak 4 tablet Vitamin B kompleks ditambahkan ke dalam larutan fermentasi.
- d. Sebanyak 1 liter inokulan Biobacter type II ditambahkan ke dalam larutan fermentasi
- e. Sebanyak 50 g yeast (ragi roti) ditambahkan ke dalam larutan fermentasi
- f. Larutan kemudian diaduk dan diaerasi selama 96 jam
- g. Bubur fermentasi *probiotic* siap untuk diterapkan ke area budidaya
- h. Aplikasi dilakukan pada area budidaya keramba apung sebanyak 10 liter/minggu selama 90 hari, dan akan dilanjutkan hanya jika hasil pemantauan kualitas air belum optimal

3.2.4. Aplikasi *Biosecurity*

- 1) Melakukan pendataan/daftar penyakit yang pernah ada selama praktek budidaya berdasarkan wawancara dan observasi langsung di area budidaya
- 2) Mengupayakan pencegahan penyakit agar tidak masuk ke dalam area pembudidayaan melalui pengontrolaan praktek dan sarana budidaya
- 2) Memilih benih yang sehat dan melakukan pengontrolan terhadap pertumbuhan benih ,
- 4) Melakukan pengontrolan terhadap kualitas lingkungan (air dan sedimen)
- 5) Melaksanakan program pembasmian penyakit bila terjadi wabah dan pemberian antibiotik secukupnya jika diperlukan.

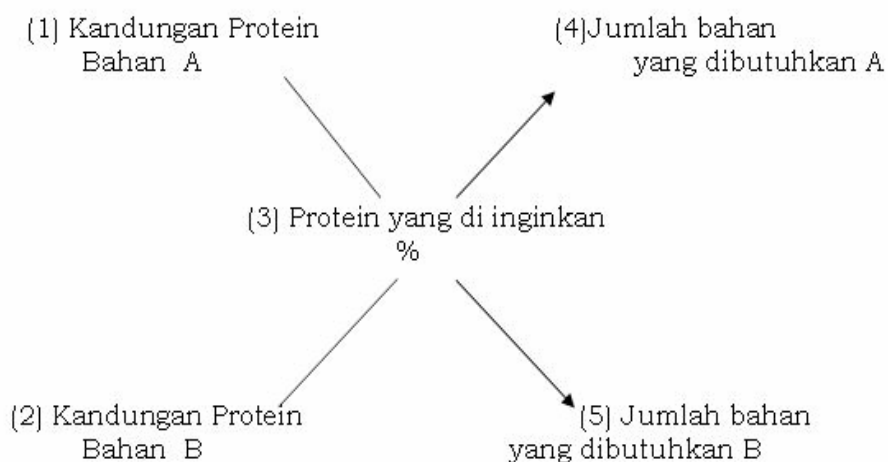
Pemantauan populasi plankton, pemantauan populasi bakteri pathogen (*Vibrio sp.*), dan pemantauan parasit ikan akan dilakukan sebagai parameter peningkatan kualitas perairan sebagai hasil penerapan *biosecurity* dan *probioti*.

3.2.5. Pembuatan pelet ikan

3.2.5.1. Penentuan formulasi bahan penyusun pelet

Penghitungan formulasi pakan dengan metode kuadrat memudahkan dalam menghitung kebutuhan bahan baku berapa pun jumlah pakan yang akan dibuat. Selain berdasarkan perhitungan yang dilakukan sendiri, membuat pakan ikan juga dapat menggunakan contoh formula yang sudah ada. Penentuan komposisi bahan diawali dengan memisahkan bahan menjadi dua macam yaitu protein >20% (Protein Suplemen) dan protein <20% (Basal Makanan) (Khairuman dan Amri, 2002).

Perhitungan dengan metode kuadrat:



Catatan:

Pengurangan antara no.(3) dengan no.(1) menghasilkan no.(5)

Sedangkan pengurangan antara no.(3) dengan no.(2) menghasilkan no.(4)

3.2.5.2. Proses pembuatan pelet ikan

Langkah berikutnya yang akan dilakukan, setelah memperoleh formulasi bahan adalah membuat pakan ikan berbentuk pelet. Adapun cara yang akan dilakukan adalah:

a. Penggilingan bahan baku pakan menjadi tepung

Semua bahan baku yang akan digunakan dihancurkan sehingga menjadi tepung dengan menggunakan alat berupa penggiling tepung.

b. Penimbangan bahan baku

Bahan baku yang sudah dalam bentuk tepung ditimbang sesuai dengan formulasi yang sudah ditentukan.

c. Pencampuran bahan baku pakan menjadi adonan

Bahan baku dicampur dengan mengaduk bahan-bahan yang jumlahnya sedikit terlebih dahulu. Kemudian ditambahkan bekatul yang telah diayak ke dalam campuran tersebut dan diaduk hingga merata sempurna dan homogen. Bahan baku lain yang tersisa dicampurkan dengan adonan tadi sampai semua merata. Penambahan air sedikit demi sedikit dan tidak terlalu banyak dilakukan bila adonan terlalu kering.

d. Pengolahan adonan menjadi pakan bentuk pelet atau *Crumble*

Setelah adonan stabil dan tercampur merata, maka adonan akan siap dicetak menjadi pelet dengan menggunakan gilingan daging atau mesin pencetak pelet (Pelettizer).

e. Hasil Cetakan

Hasil cetakan pelet dalam kondisi basah disebut pelet basah. Untuk pelet basah supaya mutu pelet basah tidak menurun, harus disimpan dalam lemari pendingin dan waktu penyimpanan tidak lebih dari 2 minggu. Untuk proses pelet kering akan dilanjutkan pada proses pengeringan.

f. Pengeringan

Pelet yang akan dipakai sebagai pakan ikan air tawar harus dipotong-potong dan langsung dikeringkan di bawah sinar matahari. Pengeringan dilakukan sampai kelembapan pelet tidak lebih dari 12%.

g. Sortasi

Pelet yang sudah jadi disortasi dengan menggunakan ayakan. Pelet yang besar akan tertinggal di ayakan dan yang kecil akan lolos ke bawah ayakan. Bentuk pelet yang akan dihasilkan berukuran sekitar 1-2 cm. Pelet yang remah dan hancur berukuran lebih kecil berupa tepung atau *crumble*.

3.2.5.3. Pengujian Kualitas Pelet

a. Uji Fisik

Uji fisik pelet meliputi uji daya apung, uji daya tahan pelet dalam air, dan daya kekerasan pelet. Uji keapungan pellet dilakukan di dua tempat yaitu di akuarium dan di tepi rawa. Pellet yang dihasilkan cenderung memiliki waktu apung yang relative lebih pendek dibandingkan pellet komersil.

b. Uji Kimia

Uji kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan nutrisi pelet ikan yang dibuat. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu Bahan Obat Alam Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro dan Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Universitas Diponegoro. Sampel pelet yang diuji meliputi 3 macam, yaitu pelet ikan komersial kualitas tinggi, pelet ikan komersial kualitas sedang, dan pelet ikan alternatif. Kedua pelet ikan komersial tersebut merupakan pelet ikan yang biasa digunakan masyarakat.

c. Uji Kadar Air

Pellet yang telah dihasilkan diuji kadar airnya, untuk menentukan seberapa prosentase kandungan air dalam pelet. Pengujian ini perlu dilakukan mengingat pelet yang mengandung kadar air terlalu akan menyebabkan pelet terkontaminasi oleh jamur dan menyebabkan bau yang tidak sebab yang disebabkan oleh aktivitas bakteri.

d. Uji Biologis

Uji biologis dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian pelet terhadap pertumbuhan ikan. Parameter pengujian meliputi bobot tubuh dan panjang tubuh sebagai ukuran pertumbuhan ikan.

3.3. Pengumpulan dan analisis data

Pengumpulan data dilakukan secara berkala setiap tiga bulan selama tiga kali untuk mengetahui perkembangan kualitas perairan dan sedimen setelah aplikasi probiotik dan biosecurity. Sedangkan pembuatan pelet akan diuji dengan beberapa parameter, antara lain:

lain uji fisik (daya apung, daya tahan pelet dalam air, kekerasan pelet), uji kimia (kandungan nutrisi), uji biologis (uji kesukaan ikan terhadap pelet) perlu dilakukan secara lebih cermat.

Pengambilan data abiotik area budidaya sebagai bagian dari aplikasi biosecurity meliputi pengukuran parameter fisika-kimia perairan dan sedimen area budidaya. Analisis variansi (ANOVA) akan digunakan untuk membandingkan perbedaan struktur sedimen, kualitas air di area budidaya dan referensi dalam tiga kali waktu pengambilan sampel. Sebelum analisis, data diuji menggunakan Komogorov-Smirnov's tes untuk distribusi normal dan Levene's tes untuk uji homogenitas variansi. 'Principal Component Analysis (PCA)' dari 'Euclidean distance' akan dilakukan untuk menentukan perbedaan variabilitas lingkungan antar area pengambilan sampel. Transformasi logaritmik and akar pangkat dilakukan untuk beberapa variable sebelum analisis PCA dilakukan. Data akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis univariat dilakukan menggunakan paket software SPSS versi 11, sedangkan analisis multivariat dilakukan menggunakan paket software PRIMER 6.1.5 (Clarke & Warwick, R. M., 2001; Clarke & Gorley, 2006).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perbaikan/Modifikasi KJAB

Beberapa modifikasi telah dilakukan guna mengoptimalkan fungsi keramba. Pertama, penambahan komponen rolling net yang berfungsi mempermudah saat proses pemanenan ikan, penggantian mata jaring 5 mm menjadi 1 cm khusus pada bagian dasarnya untuk mengurangi terhambatnya sisa pelet ikan dari jaring I (lapisan atas) menuju ke jaring II (lapisan bawah). Selain itu juga dilakukan penggantian alat pengapung dari drum berbahan besi/seng menjadi drum berbahan plastik. Penggantian ini diharapkan akan mengurangi resiko periaran dari korosi oleh besi sekaligus memperpanjang usia keramba.



Gambar 2. Beberapa perbaikan dan modifikasi dilakukan untuk mengoptimalkan fungsi KJAB: a). Modifikasi sistem pengangkatan jarring menggunakan net roller; b) penggantian drum seng bekas minyak dengan drum plastik; c) penggantian ukuran tali menjadi lebih besar; d) penggantian bagian dasar jaring /waring

4.2. Pembuatan Pellet Berbahan Baku Biota Lokal

a. Bahan Pelet Ikan

Bahan baku pelet yang dicobakan sebagai sumber protein pakan adalah keong sawah dan kerang rawa yang keberadaannya cukup melimpah. Tahap awal yang dilakukan adalah pembuatan tepung keong. Keong sawah banyak terdapat di rawa dan belum dimanfaatkan secara optimal. Di daerah persawahan juga terdapat keong yang merupakan hama bagi tanaman padi. Dengan demikian penggunaan keong diharapkan dapat membantu pemberantasan hama padi. Biasanya keong dimanfaatkan sebagai pakan ikan dengan cara diberikan secara langsung. Sebagai bahan tambahan dicampurkan bekatul sebagai bahan pelet. Seluruh bahan kemudian dikeringkan dan dihancurkan sehingga didapat bentuk tepung untuk mempermudah pada saat pencampuran antar bahan lainnya.

b. Proses Pembuatan Pelet Ikan

b. 1. Penepungan dan Pencampuran Bahan

Tepung keong dibuat dari daging keong mentah yang telah dipisahkan dari cangkangnya. Daging keong kemudian digiling, dikeringkan, ditumbuk dan diayak. Sedangkan tepung rebon dibuat dari rebon yang telah dikeringkan. Ece (*Bivalvia*), sebagai bahan pellet juga melalui proses yang sama seperti keong hingga diperoleh tepung ece. Sebagai tambahan, dicampurkan tepung bekatul yang merupakan dedak halus yang diperoleh dari proses penyosohan beras.

Tepung daun lamtoro dibuat dengan cara pengeringan, pemisahan daun dari rantingnya, penumbukan dan pengayakan. Kelemahan dari tepung daun lamtoro yaitu tepung tersebut mengandung mimosin, sehingga penggunaannya dibatasi. Sedangkan tepung daun ketela dibuat dengan cara mencuci daun kemudian dilakukan pengeringan, penumbukan dan pengayakan.

Bahan tambahan berikutnya adalah bahan perekat dan tambahan vitamin. Bahan perekat yang paling baik adalah tepung kanji. Bahan perekat berfungsi untuk memadatkan dan mengompakan adonan pellet sebelum dicetak. Bahan perekat yang digunakan adalah tepung terigu dan tepung kanji. Tepung terigu berasal dari biji gandum. Kandungan gizi tepung terigu antara lain protein 8,9%, lemak 1,3%, dan karbohidrat 77,3%. Vitamin dapat diperoleh dari toko penjual makanan ternak. Merek vitamin yang digunakan yaitu Biovit. Penggunaannya hanya 1 sampai 2 gram untuk setiap pembua4tan 1 kg pellet.



Gambar 3 : Proses Pembuatan Tepung keong: (a). Penggilingan kerang dengan alat penggiling; (b). Penjemuran daging kerang yang telah digiling; (c). Daging kerang kering siap ditumbuk; (d). Proses penumbukan daging kerang kering menjadi tepung kerang.

b.2. Penentuan Formulasi Bahan Penyusun Pellet

Penghitungan formulasi pakan dengan metode kuadrat memudahkan dalam menghitung kebutuhan bahan baku berapa pun jumlah pakan yang akan dibuat. Selain berdasarkan perhitungan yang dilakukan sendiri, membuat pakan ikan juga dapat menggunakan contoh formula yang sudah ada. Penentuan komposisi bahan diawali dengan memisahkan bahan menjadi dua macam yaitu protein >20% (Protein Suplemen) dan protein <20% (Basal Makanan) (Khairuman dan Amri, 2002).

Dalam pembuatan pellet, penentuan komposisi bahan bergantung dari protein yang diinginkan dan kandungan protein tiap bahan. Pellet yang dibuat dirancang memiliki protein 30%.

a. Pellet Keong

Bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan pellet keong dan kandungan proteinnya ditunjukkan oleh Tabel 1.

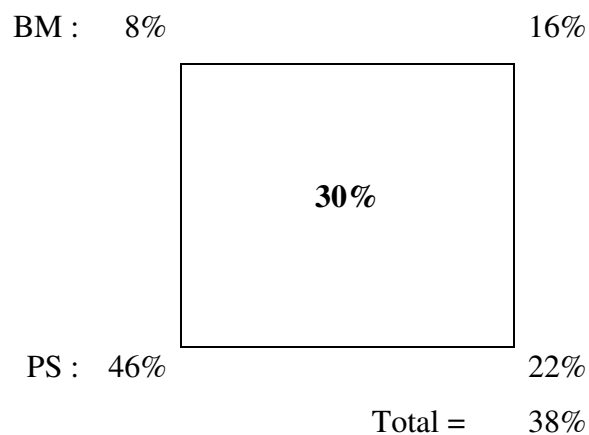
Tabel 1. Bahan Penyusun Pellet Keong dan Kandungan Proteinnya

No.	Nama	Protein
1	Tepung Keong	54,29%
2	Tepung Lamtoro	36,82%
3	Bekatul	11,35%
4	Tepung Kanji	3,00%
5	Tepung Terigu	8,90%

Penentuan komposisi bahan diawali dengan memisahkan bahan menjadi dua macam yaitu protein >20% (Protein Suplemen) dan protein <20% (Basal Makanan).

Basal Makanan (BM)	
Bekatul	11,35%
Tepung Kanji	3,00%
Tepung Terigu	8,90%
Total =	23,25%
Rata-rata =	7,75%
Protein Suplemen (PS)	
Tepung Keong	54,29%
Tepung Lamtoro	36,82%
Total =	91,11%
Rata-rata =	45,56%

Perhitungan dengan metode kuadrat



Prosentase BM dan PS didapatkan dari perhitungan tersebut dan massa tiap bahan untuk pembuatan 0,5 kg adonan pellet dapat dihitung.

BM

	Total	41,1454%	Massa (gr)
1	Bekatul	20,0860%	100
2	Tepung Kanji	5,3091%	27
3	Tepung Terigu	15,7503%	79

PS

	Total	58,855%	Massa (gr)
1	Tepung Keong	35,070%	175
2	Tepung Lamtoro	23,785%	119

Sehingga komposisi pembuatan 0,5 kg adonan pellet keong ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Bahan untuk 0,5 kg Adonan Pellet Keong

No.	Nama	Massa
1	Tepung Keong	175
2	Tepung Lamtoro	119
3	Bekatul	100
4	Tepung Kanji	27
5	Tepung Terigu	79
6	Vitamin	1-2 gram
7	Air	secukupnya

b. Pellet Ece (Kerang air tawar)

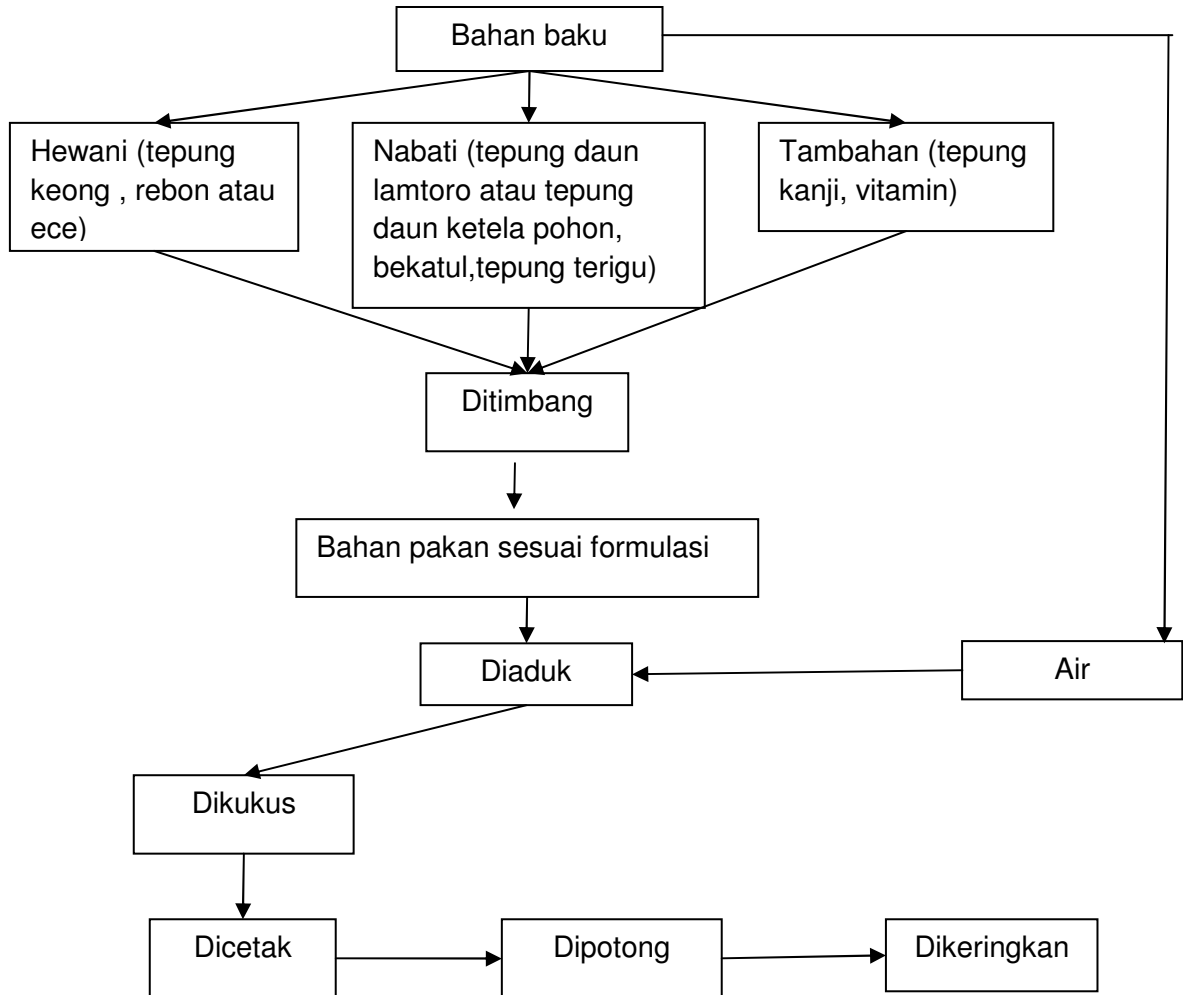
Komposisi 0,5 kg adonan bahan penyusun pellet ece ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Bahan untuk 0,5 kg Adonan Pellet Ece

No.	Nama	Massa
1	Ece	185
2	Tepung Daun Ketela Pohon	106
3	Bekatul	115
4	Tepung Kanji	44
5	Tepung Ikan Rucah	25
6	Vitamin	1-2 gram

3. Skema Pembuatan Pellet

Tahap-tahap pembuatan pellet ditunjukkan pada skema dibawah ini



Gambar 4. Skema Pembuatan Pellet



Gambar 5. Proses Pembuatan Pelet Ikan Alternatif: (a). Pengayakan bekatul; (b). Penumbukan daun singkong/eceng; (c). Penimbangan bahan; (d). Bahan baku siap dicampur; (e). Proses pencampuran bahan; (f). Pengukusan hasil campuran; (g). Pencetakan pelet; (h). Penjemuran pelet.

4.3. Uji Kualitas Pelet

a.. Uji Fisik

Uji fisik pelet meliputi uji daya apung, uji daya tahan pelet dalam air, dan daya kekerasan pelet. Uji keapungan pellet dilakukan di dua tempat yaitu di akuarium dan di tepi rawa. Pellet yang dihasilkan cenderung memiliki waktu apung yang relative lebih pendek dibandingkan pellet komersil. Selengkapnya disajikan pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Hasil uji fisik pelet

Jenis Uji Fisik	Perlakuan	Hasil	Kesimpulan
Daya apung	Pelet ditebarkan ke dalam bejana kaca berisi air. Waktu yang diperlukan oleh pelet sejak ditebarkan hingga tenggelam merupakan gambaran mengenai daya apung pelet tersebut.	Menit ke 1 : 50 % pelet tenggelam Menit ke 5 : 6 % pelet tenggelam Menit ke 10 : 6 % pelet tenggelam Menit ke 15 : 28 % pelet tenggelam	Pelet tergolong tipe tenggelam
Daya tahan pelet dalam air	Merendam pelet di dalam air hingga hancur	18 jam 10 menit	Pelet memiliki tingkat kekompakan baik
Kekerasan pelet	Memberi beban dengan bobot tertentu pada pelet	Pelet tidak hancur setelah diberi beban 500gr	Pelet bertekstur keras

b. Uji Kimia

Uji kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan nutrisi pelet ikan yang dibuat. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu Bahan Obat Alam Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro dan Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Universitas Diponegoro. Sampel pelet yang diuji meliputi 3 macam, yaitu pelet ikan komersial kualitas tinggi, pelet ikan komersial kualitas sedang, dan pelet ikan alternatif. Kedua pelet ikan komersial tersebut merupakan pelet ikan yang biasa digunakan masyarakat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelet ikan komersial kualitas tinggi memiliki kandungan protein sebesar 35%, pelet dengan kualitas sedang memiliki kandungan protein sebesar 16%, sedangkan pelet alternatif memiliki kandungan protein sebesar 20%.

c. Uji Kadar Air

Pellet yang telah dihasilkan diuji kadar airnya di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Hasil dari uji kadar air ditunjukkan oleh Tabel 6.

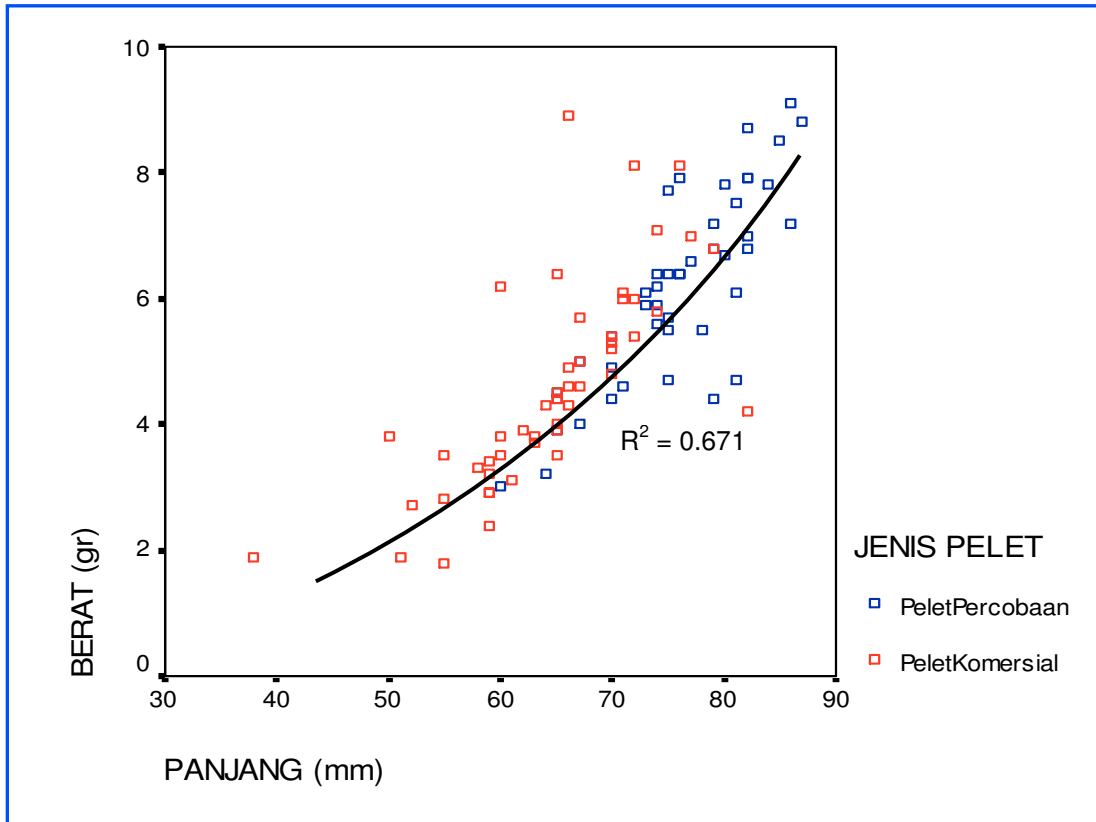
Tabel 6. Hasil Uji Kadar Air

Jenis Pellet	Kadar Air(%)
Pellet Keong	7,22
Pellet Rebon	7,34
Pellet Komersil	8,57

Hasil uji kadar air menunjukkan bahwa pellet yang dihasilkan memiliki kadar air yang lebih rendah (7,22%) dari pada pellet komersil (8,57). Pellet keong memiliki kadar air yang lebih rendah daripada pellet rebon. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan lama pengeringan. Semakin kecil kadar air akan memperlama waktu penyimpanan pellet tersebut. Kadar air dalam pelet berpengaruh terhadap ketahanan pelet terhadap kontaminasi organisme, khususnya jamur/khamir. Pelet yang terlalu lembab menyebabkan pelet cepat berjamur saat penyimpanan.

d. Uji Biologis

Uji biologis dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian pelet terhadap pertumbuhan ikan. Parameter pengujian meliputi bobot tubuh dan panjang tubuh sebagai ukuran pertumbuhan ikan. Percobaan dilakukan di Laboratorium Ekologi dan Biosistematik Jurusan Biologi Universitas Diponegoro. Hewan uji yang digunakan adalah ikan nila merah (*Oreochromis sp.*) berukuran 6-8 cm yang ditempatkan dalam akuarium volume \pm 30 liter. Pengujian dilakukan dengan 2 perlakuan, yaitu pelet alternatif/percobaan dengan menggunakan tepung keong mas sebagai sumberprotein dan pelet komersial, yaitu pelet yang umumdiperjualbelikan di pasaran dan dimanfaatkan oleh pembudidaya setempat, Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Perlakuan dilakukan selama 4 minggu yang sebelumnya didahului tahap aklimatisasi selama 3 hari. Pemberian pelet dilakukan sebanyak 3 kali sehari dengan berat pelet sebesar 5% bobot ikan. Pengukuran bobot dan panjang tubuh ikan dilakukan 3 hari sekali. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan dibandingkan sehingga tingkat pengaruh pelet terhadap pertumbuhan ikan dapat diketahui.



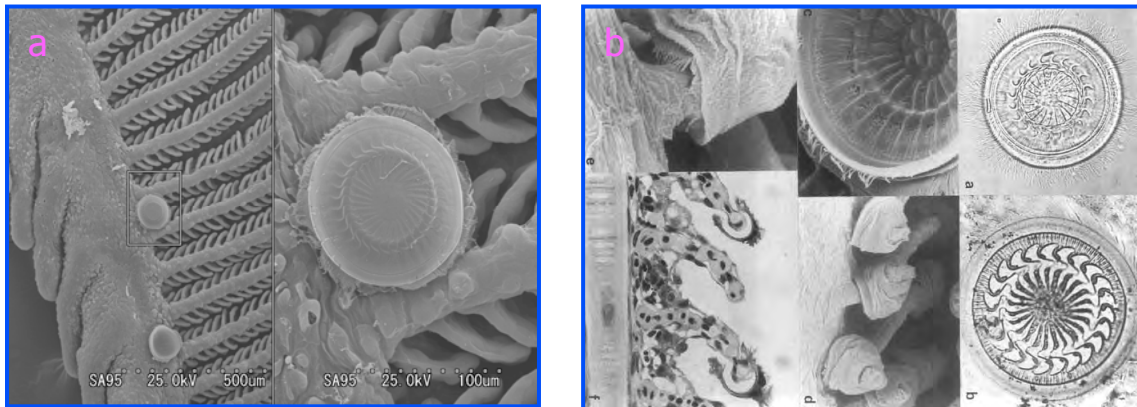
Gambar 6. Grafik scatter-plot menggambarkan hubungan linier antara panjang dan berat ikan, dan pertumbuhan panjang dan berat ikan yang lebih baik menggunakan pelet percobaan.

Hasil pengukuran terhadap berat dan panjang ikan yang telah diberi perlakuan dua jenis pelet tersebut (pellet komersial dan pellet percobaan) selama 4 minggu menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (berat: $t = -4.757$, $p < 0.001$; panjang: $t = -7.435$, $p < 0.001$). Hal ini mengindikasikan bahwa pellet percobaan dengan menggunakan tepung keong emas sebagai sumber protein menunjukkan kualitas yang lebih baik dibandingkan pellet komersial yang dijual di pasar.

4.4. Aplikasi Biosecurity

- 1) Melakukan pendataan/daftar penyakit yang pernah ada selama praktek budidaya berdasarkan wawancara dan observasi langsung di area budidaya. Beberapa penyakit ditemui di lapangan an yang sering muncul saat pembersaran ikan sistem keramba antara lain :
 - a. Parasit ikan

Hingga saat penulisan laporan ini sampel masih dalam proses identifikasi di Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Namun dugaan sementara dari gejala yang timbul adalah *Trichodina sp.* dan *Trichodinella sp.* Gejala yang timbul dari penyakit oleh parasit ini antara lain : gerakan ikan lemah/tidak agresif, badan memproduksi lendir berlebih dari normalnya ikan, sebagian sirip rontok dan iritasi pada sel epitel kulit.



Gambar 7. Morfologi parasit *Trichodina sp* (a) dan *Trichodinella sp* (b).

b. Jamur

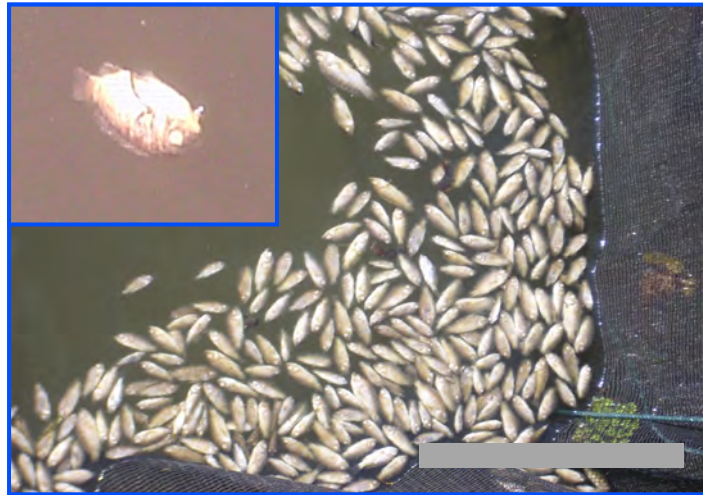
Beberapa ikan di lokasi ditemui memiliki luka di bagian eksternal ikan, sehingga diduga jamur yang menyerang ikan tersebut adalah *Saprolegnia sp.*



Gambar 8. Morfologi jamur *Saprolegnia sp.*

c. Bakteri

Pada saat ikan masih berukuran kecil (3-5 cm), sekitar 10% dari populasi ikan yang ditebar pada KJAB mengalami kematian mendadak. Kematian tersebut terjadi saat penebaran ikan dari 0 hari hingga 14 hari. Identifikasi di laboratorium mengindikasikan



Gambar 9. Beberapa populasi benih ikan nila yang mati selama proses pembesaran. Inset: ikan mati oleh bakteri *Streptococcus sp* adanya serangan oleh bakter *Streptococcus sp*. Sebelum mati, ikan yang terserang oleh bakteri ini memiliki ciri-ciri: sering kejang-kejang, pendarahan/luka pada tubuh, perut menggembung (dropsy) dan mata menonjol (exophthalmia).

2). Pemantauan kualitas air dan sedimen

a. Pengukuran kualitas air dan pengambilan Sampel sedimen

Pengukuran kualitas air dilakukan secara in situ menggunakan Horiba U-10



Gambar 10. Proses pengukuran kualitas air (a) dan pengambilan sampel sedimen menggunakan Eckman Grab (b)

multiprobe Water Checker dan YSI DO meter guna menentukan parameter-parameter kualitas air di Lokasi I dan Lokasi II. Parameter perairan yang diukur meliputi suhu, konduktivitas, salinitas, kandungan oksigen (DO), turbiditas, dan pH. Pengambilan sampel sedimen dilakukan menggunakan alat pengambil sedimen Eckman Grab.

Hasil pengukuran parameter kualitas air pada masing-masing lokasi sampling disajikan pada Tabel 7. Data ditampilkan berdasarkan rerata pengukuran secara langsung (*in situ*) yang dilakukan dalam 3 kali waktu pengambilan sampel dengan 3 kali ulangan.

Tabel 7 Hasil pengukuran kualitas perairan di Lokasi KJAB Ngudi Makmur

No.	PARAMETER KUALITAS PERAIRAN	PERMUKAAN			DASAR		
		Sampling I	Sampling II	Sampling III	Sampling I	Sampling II	Sampling III
1	PH	8.3	9.7	6.6	8.3	9.5	6.1
2	DO (mg/l)	5.1	7.8	7.9	5.2	7.8	3.8
3	TURBIDITAS (NTU)	30.3	57.3	31.5	31.5	57.5	61.8
4	KONDUKTIVITAS (Ms/cm)	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2
5	TEMPERATUR (°C)	27.2	27.0	31.1	26.3	24.6	27.5
6	KECERAHAN (cm)	54.9	56.7	40.3	54.9	56.7	40.3

Secara umum, kualitas perairan sekitar permukaan (30-60cm) di ketiga lokasi sampling masih dalam kisaran yang normal, antara lain diukur dari rerata DO (5,0 – 8,0 mg/l), pH (5,8 – 9,7), turbiditas (15,8 – 57,3 NTU), konduktivitas (0,2 -0,3mS/cm), suhu (27,0 – 31,0 °C), dan kecerahan (34,3 -66, 3 cm).

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai keasaman (pH) di permukaan perairan Rawapening masih tergolong normal yaitu sekitar (5,8 – 9,7). Hasil uji ANOVA terhadap pH menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata antar lokasi sampling, namun antar waktu sampling menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pH [$F(2, 15)=29.69, p=0.001$]. Uji lanjut post hoc menggunakan Tukey HSD menunjukkan adanya perbedaan yang nyata nilai rata-rata pH antara waktu pengambilan sampel bulan Juli ($M=8.43, SD=0.15$) dan Desember ($M=6.70, SD=1.01$), dan antara bulan Juli dan Oktober ($M=9.40, SD=0.28$).

Kandungan oksigen terlarut (DO) permukaan perairan di ketiga lokasi berkisar antara 5,0 – 8,0 mg/l, sehingga masih dalam kisaran yang normal (Kristanto, 2002). Hasil uji ANOVA untuk nilai DO antar lokasi pengambilan sampel tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, namun antar waktu sampling mengindikasikan adanya perbedaan yang nyata [$F(2, 15)=4.53, p=0.029$]. Uji lanjut post hoc menggunakan Tukey HSD menunjukkan adanya perbedaan yang nyata nilai rata-rata DO antara waktu pengambilan sampel bulan Juli ($M=5.217, SD=0.232$) dan Desember ($M=6.95, SD=1.61$). Walaupun pengaruh DO

terhadap biota bergantung pada ketahanan organisme, derajat keaktifannya, kehadiran bahan pencemar, dan suhu air, namun secara umum kehidupan biota perairan dapat bertahan jika terdapat DO minimal 5 mg/l (Kristanto, 2002).

Kuat arus (*water current*) di sekitar muara Sungai Tuntang sebagai lokasi keluarnya air danau Rawapening (*outlet*) berkisar rata-rata 12,5 cm/detik atau sedikit lebih lemah dibandingkan lokasi kontrol atau tengah danau Rawapening (16 cm/detik), seperti disajikan pada Tabel 8

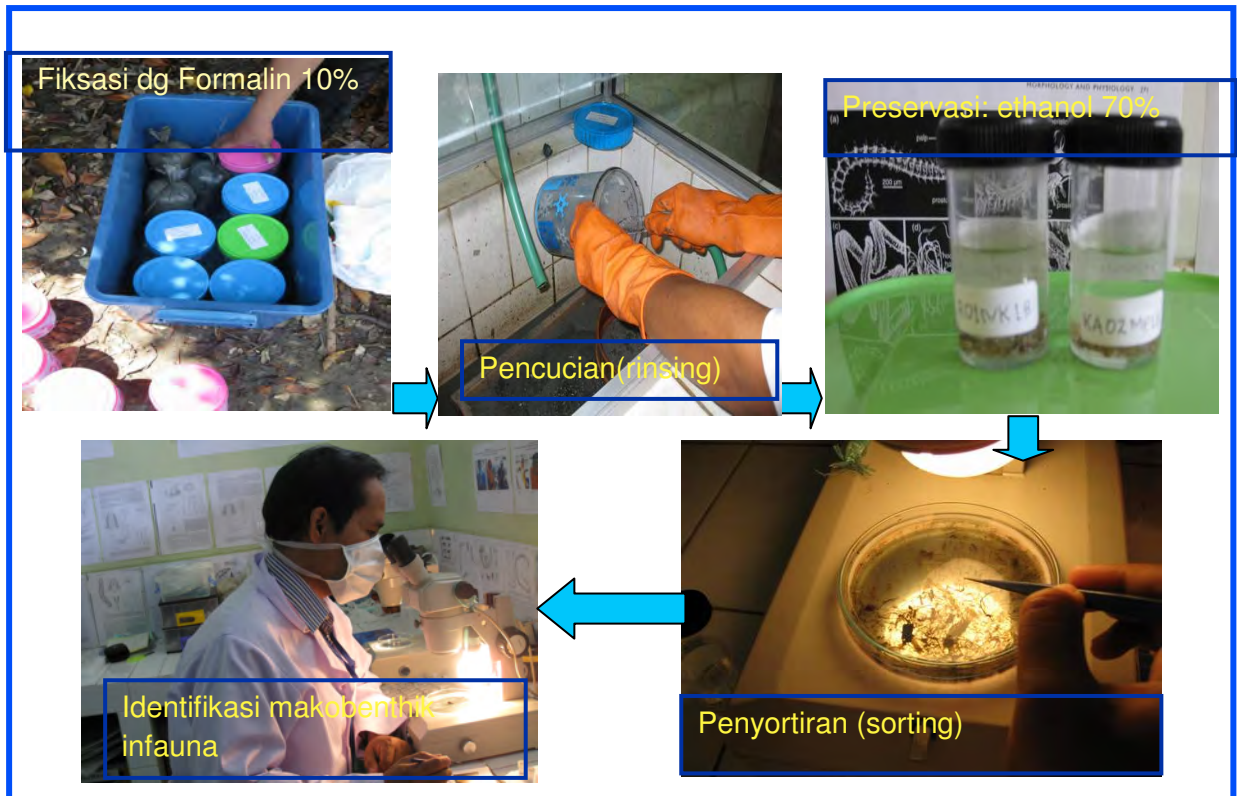
Tabel 8 Pengukuran Kuat Arus

No.	LOKASI	KUAT ARUS (cm/detik)			RERATA
		ULANGAN I	ULANGAN II	ULANGAN III	
1	Arah Muara Sungai Tuntang (Outlet)	10.9	14.5	12.1	12.5
2	Kontrol	15.5	16.9	15.5	16.0

Secara umum, kondisi hidrodinamik kawasan Rawapening masih kondusif sebagai area budidaya, karena kuat arus masih berkisar antara 9,98 -12,21 cm/detik (Bierman dalam Putro, 2006; Lumb, 1989). Lokasi arah muara Sungai Tuntang merupakan lokasi yang banyak digunakan sebagai area budidaya ikan sistem keramba. Berdasarkan survey lokasi, lebih kurang 60% dari populasi keramba tancap di perairan Rawapening wilayah Desa Asinan berada di area tersebut. Banyaknya instalasi keramba diduga merupakan penyebab utama melemahnya kuat arus di area tersebut. Namun demikian, kuat arus pada kisaran tersebut masih memungkinkan materi organik baik terlarut maupun tersedimentasi dapat bergeser atau berpindah dari sumber (aktivitas budidaya), sehingga mengurangi resiko materi organik terakumulasi selama praktek budidaya berlangsung (Putro, 2006). Lebih lanjut dinyatakan oleh Lumb (1989), pengkayaan organik (*organic enrichment*) suatu perairan akibat aktivitas budidaya dipengaruhi oleh tipe dasar perairan, kedalaman air, dan kuat arus. Hasil penelitian Yokoyama *et al.* (2006) mengindikasikan bahwa jika suatu budidaya memiliki kuat arus kurang dari 5 cm/detik dapat terjadi penurunan kualitas lingkungan yang serius (< 1 mg/l DO, >2.5 mg S/g Acid Volatile Sulfide) yang disebabkan oleh akumulasi berlebihan dari nitrogen (>3 mg/g) yang berasal dari aktivitas budidaya.

b. Analisa sedimen

Sampel sedimen dianalisa untuk menentukan kandungan organik dan komposisi butiran substrat. Analisa dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA UNDIP. Sampel sedimen juga dianalisa untuk mengkoleksi hewan makrobenthik infauna.



Gambar 11. Proses analisa makrobenthik infauna sebagai agen biologis untuk monitoring kualitas sedimen di bawah keramba KJAB

c. Struktur Komunitas Makrobenthos: Spasial dan Temporal

Analisa makrobenthos infauna baik di lokasi budidaya maupun di lokasi kontrol masih dalam proses identifikasi. Hasil sementara mengindikasikan adanya dominansi klas tertentu, yaitu Gastropoda dan Insecta, sedangkan Polychaeta, Oligochaeta, dan Crustacea ditemukan dalam jumlah yang relatif sedang. Indeks keanekaragaman dan kesamaan jenis makrobenthos yang akan analisis dengan menggunakan software PRIMER V.6.1.5 (Clarke and Gorley, 2006) antara lain, indeks kesamaan jenis Pielou's Evenness (J'), dan indeks keanekaragaman Shanon-Wiener (H').

4.5. Pembuatan Dan Aplikasi Probiotik

Hingga penulisan ini dilakukan, proses pembuatan probiotik masih dalam tahap pengerjaan. Tahap yang sedang dikerjakan adalah isolasi bakteri yang berasal dari perairan Rawapening. Hal ini mengingat penentuan bakteri sebagai kandidat probiotik membutuhkan serangkaian pengujian yang perlu dilakukan sebelum dapat diaplikasikan di lapangan. Pengujian akan dilakukan terhadap bakteri kandidat probiotik, antara lain uji patogenisitas bakteri kandidat probiotik pada hewan target, dan pengujian melawan bakteri patogen pada skala laboratorium. Uji daya hambat bakteri patogen dilakukan untuk mengetahui daya hambat bakteri potensial probiotik terhadap pertumbuhan *Vibrio sp* patogenis. Selanjutnya isolat bakteri probiotik akan diamati, meliputi kelulushidupan (survival rate), pertumbuhan larva, jumlah total bakteri dan *Vibrio sp*, serta kualitas air (suhu, salinitas, pH, DO, amonia, nitrit dan nitrat).

Aplikasi probiotik dan biosecurity pada area budidaya diharapkan dapat menekan populasi mikroorganisme dan mendekomposisi bahan organik beracun.

Aplikasi *probiotic* yang diterapkan merupakan pengembangan dari metode Hardanu dkk. (2005), baik komposisi maupun cara penerapannya. Tahapan pembuatan probiotic adalah sebagai berikut:

- i. Tepung beras, teung ikan, molase, dicampur dengan 5 liter air tawar dan direbus hingga menjadi bubur sebagai bahan fermentasi
- j. Bubur fermentasi diaduk selama 60 menit, kemudian ditambahkan 40 liter air steril.
- k. Sebanyak 4 tablet Vitamin B kompleks ditambahkan ke dalam larutan fermentasi.
- l. Sebanyak 1 liter inokulan Biobacter type II ditambahkan ke dalam larutan fermentasi
- m. Sebanyak 50 g yeast (ragi roti) ditambahkan ke dalam larutan fermentasi
- n. Larutan kemudian diaduk dan diaerasi selama 96 jam
- o. Bubur fermentasi *probiotic* siap untuk diterapkan ke area budidaya
- p. Aplikasi dilakukan pada area budidaya keramba apung sebanyak 10 liter/minggu selama 90 hari, dan akan dilanjutkan hanya jika hasil pemantauan kualitas air belum optimal

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan probiotik dan aplikasi biosecurity mampu meningkatkan kualitas perairan dan produktivitas budidaya ikan sistem KJAB di perairan perairan danau Rawapening.
2. Hasil pengujian terhadap kualitas pelet berbahan protein dari keong mas dan kerangrawa menunjukkan bahwa pelet ikan kandungan protein sebesar 20% atau 4% lebih tinggi dibanding pelet komersial.
3. Penyakit yang umumnya menyerang budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di perairan Rawapening antara lain parasit *Trichodina sp* (a) dan *Trichodinella sp*, jamur *Saprolegnia sp*, dan bakteri *Streptococcus sp*

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S. dan Bambang, P. 2007. **Prediksi Tingkat Pencemaran Air Sungai Menggunakan Indeks Kimia-Fisika dan Metrik Benthik Makroinvertebrata.** www.pu.go.id/balitbang. 28 Oktober 2008.
- Bengen, DG. 2002. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan laut Serta Prinsip Pengelolaannya.* PKSPL IPB. Bogor.
- Clarke, K. R. and Gorley, R. N. (2006) Primer v6: User manual/tutorial. PRIMER-E Ltd. Plymouth, pp. 150-155.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. (2001) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation PRIMER-E Ltd, Plymouth.
- Connel, D.W. dan Gregory, J.M. 1995. **Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran.** UI Press, Jakarta.
- Dahuri, R., J.Rais, S.P.Ginting, dan M.J. Sitepu, 2001. *Pengelolaan wilayah pesisir dan lautan secara terpadu.* Edisi Kedua. P.T. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Dwidjoseputro. 1991. **Ekologi Manusia Dengan Lingkungannya.** Erlangga, Jakarta.
- Fachrul, M.F. 2007. **Metode Sampling Bioekologi.** Bumi Aksara, Jakarta.
- Kirana, P.S. 2007. **Mekanisme Transportasi Sedimen.** Website: http://pipin-7bluehorizon.blogspot.com/2007_11_01_archive.html. 30 November 2008.
- Kristanto, P. 2002. **Ekologi Industri.** Andi offset, Yogyakarta.
- Kristensen, E. (2000) Organic matter diagenesis at the oxic/anoxic interface in coastal marine sediments, with emphasis on the role of burrowing animals. *Hydrobiologia*, 426: 1-24.
- Levin, L. A. and Gage, J. D. (1998) Relationships between oxygen, organic matter and the diversity of bathyal macrofauna. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 45: 129-163
- Lumb, C.M. 1989. **Self-Pollution by Scottish Salmon Farms.** *Marine Pollution Bulletin* 20: 375-379.
- Michael, P. 1994. **Metode Ekologi Untuk Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium.** UI press, Jakarta.
- Oliver, A.P.H. 2004. **Guide to Seashells of The World.** Philip's Publishing Group, London.
- Pawar, V., Matsuda, O., Yamamoto, T., Hashimoto, T., and Rajendran, N. (2001) Spatial and temporal variations of sediment quality in and around fish cage farms: a case study of aquaculture in the Seto Inland Sea, Japan. *Fisheries Science*, 67: 619-627.

- Pearson, T. H. and Rosenberg, R. 1978. **Macrobenthic Succession in Relation to Organic Enrichment and Pollution of the Marine Environment.** *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 16: 229-311.
- Pemerintah Kab. Semarang. 1999. **Proyek Perencanaan Tata Lingkungan DAS Rawapening.** Executive summary, Semarang.
- Putro, S.P. & Svane, I. (2005). Effects of fallowed fish farms on macrobenthic assemblages – a full year assessment. In *Proceeding of Aquafin CRC 2005 Conference* (pp. 18-19). Hobart, Australia, July 5-7, 2005.
- Putro, S.P. 2007. **Spatial and Temporal Patterns of The Macrobenthic Assemblages in Relation to Environmental Variables.** *Journal of Coastal Development* 10(3): 15-22, June 2007, ISSN: 1410-5217. Lemlit-UNDIP, Semarang.
- Putro, S.P., dan Suhartana. 2008. Rehabilitasi dan Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Alam Kawasan Rawapening Dengan Menerapkan Manajemen Lingkungan dan *Ecological Engineering* Dalam Upaya Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat. Laporan KKN Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat, UNDIP -DP2M DIKTI.
- Putro, S.P., Svane, I. and Tanner, J. 2006. **Effects of Fallowing on Macrobenthic Assemblages in Sediments Adjacent to Southern Bluefin Tuna Cages.** *Final Report of Aquafin CRC-Southern Bluefin Tuna Aquaculture: Evaluation of Waste Composition and Waste Mitigation.* SARDI Aquatic Science, Adelaide.
- Rouse, G.W and Fredrik, P. 2001. **Polychaetes.** Oxford University Press, New York.
- Rusdi, I., Haryanti, dan Melianawati, R. 2002. Penggunaan Bakteri Probiotik pada Pemeliharaan Larva Kepiting Bakau (*Scylla paramamosain*). Prosiding Seminar Riptek Kelautan Nasional.
- SEAMEO-BIOTROP. 2006. **Technology Needs for Lake Management in Indonesia - Investigation of Rawa Danau and Rawa Pening, Java.** <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/techpublications/TechPub-9/index.asp#1>. 1 Oktober 2006.
- Snelgrove, P. V. R. and Butman, C. A. 1994. **Animal-Sediment Relationship Revisited: Cause Versus Effect.** *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 32: 111-177.
- Weston, D. P. 1988. Macrobenthos-Sediment Relationships on the Continental Shelf off Cape Htteras, North Carolina. *Continental Shelf Research* 8: 267-286.
- Zafran dan Roza, D. 1993. Teknik penanggulangan penyakit udang menyala di hatchery melalui pengendalian populasi bakteri. *J.Penelitian Budidaya Pantai* 9(2): 127-132.