



CENTRE OF EXCELLENCE  
FOR LOCAL FOOD INNOVATION

# BOOK CHAPTER

INDONESIA CENTER OF EXCELLENCE  
FOR LOCAL FOOD INNOVATION

*PIU-IsDB Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*

PENELITIAN TENTANG IKAN

**Penulis:**

Yus Rama Denny

Ririn Irnawati

Ahmad Noerkhaerin Putra

Indar Kustiningsih



PROJECT IMPLEMENTATION UNIT  
ISLAMIC DEVELOPMENT BANK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

Jalan Raya Jakarta KM 4 Pakupotan, Serang - Banten  
Telp. (0254) 208330 Fax. (0254) 281254  
[www.untirta.ac.id/isdb/](http://www.untirta.ac.id/isdb/)



PUSAT UNGGULAN IPEK PERGURUAN TINGGI  
INOVASI PANGAN LOKAL

1

**BOOK CHAPTER:  
CENTER OF EXCELLENCE FOR  
LOCAL FOOD INNOVATION**

**PENELITIAN TENTANG IKAN  
(1)**

**BOOK CHAPTER: CENTER OF EXCELLENCE FOR LOCAL FOOD  
INNOVATION  
PENELITIAN TENTANG IKAN (1)  
Copyright ©2021**

Penulis:

**Yus Rama Denny, Ririn Irnawati, Ahmad Noerkaerin Putra,  
Indar Kustiningsih**

Editor:

**Hilman Irmansyah**

Desain Sampul & Tata Letak:

**Ahmad Wildan Pratomo, Jimi Ahmad Firlana**

Cetakan Pertama: Agustus 2021

vi + 78 hlm.: 16 x 24 cm

ISBN: 978-623-5604-08-4

Diterbitkan

**UNTIRTA PRESS**

**Tercatat sebagai Anggota APPTI dan IKAPI**

Jl. Raya Jakarta, Km. 4, Telp. (0254) 280330 Ext 111 Serang

Gedung UPBK Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

email: up@untirta.ac.id | website: <https://upress.untirta.ac.id>

Kutipan Pasal 44, Ayat 1 dan 2, Undang-Undang Republik Indonesia tentang HAK CIPTA. Tentang Sanksi Pelanggaran Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002 tentang HAK CIPTA, sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang No. 7 Tahun 1987 jo, Undang-Undang No. 12 Tahun 1997, bahwa:

- 1 Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau menyebarkan suatu ciptaan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
- 2 Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat dan hidayah-Nya akhirnya kami bisa menyelesaikan *Book Chapter Center of Excellence for Local Food Innovation* bertemakan “Perikanan dalam Mewujudkan Ketaha-an Pangan Perikanan di Provinsi Banten”. Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada Tim PIU-IsDB yang telah membantu kami dalam mengerjakan *Book Chapter* ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman yang telah memberi kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan *book chapter* ini.

*Book chapter* ini tersusun atas empat karya ilmiah di antaranya menyangkut terkait, 1) Pengembangan *Formaldehyde Detector* pada ikan bandeng yang Menunjukkan bahwa alat tersebut mampu mengidentifikasi adanya formalin pada ikan bandeng yang dapat diaplikasikan secara sederhana; 2) Sistem logistik perikanan pelagis di Selat Sunda yang perlu dilakukan perbaikan pada cara penjemuran dan sortasi ikan, serta dibuat *central warehouse*; 3) Probiotik: Seleksi dan mekanisme kerjanya dalam budidaya ikan yang dapat meningkatkan kemampuan tubuh

ikan dalam menghasilkan antibodi, sehingga ikan lebih tahan terhadap serangan penyakit; dan 4) Sintesa bioplastik antibakteri dengan penambahan NaOH pada biokomposit kitosan dan  $\text{TiO}_2$  yang terbukti secara efektif membunuh bakteri *Staphylococcus Aureus* seluruhnya dengan atau tanpa pencahayaan UV.

Kami sebagai penulis mengakui bahwa ada banyak kekurangan pada karya ilmiah ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari seluruh pihak senantiasa kami harapkan demi kesempurnaan karya kami. Semoga karya ilmiah ini dapat membawa pemahaman dan pengetahuan bagi kita semua.

Serang, 15 Maret 2021

Yus Rama Denny, S.Si., M.Si., Ph.D.

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>v</b>
<b>PENGEMBANGAN FORMALDEHYDE DETECTOR BERBASIS MICROCONTROLLER ARDUINO SEBAGAI ALAT DETEKSI FORMALIN PADA IKAN BANDENG (CHANOS CHANOS)</b>	
<i>Yus Rama Denny</i>	1
<b>SISTEM LOGISTIK PERIKANAN PELAGIS DI SELAT SUNDA DALAM MEWUJUDKAN KETAHANAN PANGAN PERIKANAN DI PROVINSI BANTEN</b>	
<i>Ririn Irnawati, Asep Hamzah, Dini Surilayani, Hery Sutrawan Nurdin, Adi Susanto, Fahresa Nugraheni Supadminingsih</i>	17
<b>PROBIOTIK: SELEKSI DAN MEKANISME KERJANYA DALAM BUDIDAYA IKAN</b>	
<i>Achmad Noerkhaerin Putra</i>	35

<b>SINTESA BIOPLASTIK ANTIBAKTERI DENGAN PENAMBAHAN NAOH PADA BIODKOMPOSIT KITOSAN DAN TIO<sub>2</sub></b> <i>Indar Kustiningsih, Devi Abriyani, Asep Ridwan, Dhena Ria Barleany</i>	55
<b>PROFIL PENULIS</b>	77
<b>SERTIFIKASI HALAL MUI PADA SATE BANDENG KHAS BANTEN SEBAGAI SALAH SATU UPAYA PENDUKUNG KETAHANAN PANGAN NASIONAL</b> <i>Palmawati Tahir, Rani Sri Agustina, Muhamad Muslih</i>	41
<b>DESAIN SISTEM TRACEABILITY KUALITAS PRODUK OLAHAN IKAN BANDENG BERBASIS DIGITAL EKOSISTEM</b> <i>Dian Anggraeni, Zulfatun Najah, Winda Nurtiana, Nia Ariani Putri</i>	65
<b>SINTESA BIOPLASTIK ANTIBAKTERI DENGAN PENAMBAHAN NAOH PADA BIODKOMPOSIT KITOSAN DAN TIO<sub>2</sub></b> <i>Indar Kustiningsih, Devi Abriyani, Asep Ridwan, Dhena Ria Barleany</i>	77
<b>PROFIL PENULIS</b>	101

# **PENGEMBANGAN FORMALDEHYDE DETECTOR BERBASIS MICROCONTROLLER ARDUINO SEBAGAI ALAT DETEKSI FORMALIN PADA IKAN BANDENG (CHANOS CHANOS)**

*Yus Rama Denny*

*PUI PT Inovasi Pangan Lokal, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jalan Raya Jakarta Km. 4 Pakupatan, Serang, Banten  
Korespondensi: yusramadenny@untirta.ac.id*

## **ABSTRAK**

*Formalin adalah nama komersial dari senyawa formaldehida dengan kadar 35–40% dalam air. Formalin termasuk kelompok senyawa disinfektan kuat yang sering dipakai sebagai pengawet mayat, tetapi dapat juga digunakan pengawet makanan, walaupun formalin tidak diizinkan untuk bahan pengawet makanan serta bahan tambahan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi formalin yang terkandung pada ikan bandeng di Banten. Formaldehyde detector yang digunakan pada penelitian ini memiliki panjang gelombang 400 nm. Berdasarkan hasil pengujian pada sampel, didapatkan bahwa alat detector formaldehida dapat mengidentifikasi adanya formalin pada ikan bandeng, pada alat ini terdapat tiga indikator LED yang dapat memberikan informasi adanya kandungan formalin.*

## PENDAHULUAN

Protein ikan sangat diperlukan oleh manusia karena selain mudah dicerna juga mengandung asam amino dengan pola yang hampir sama dengan pola asam amino yang terdapat di dalam tubuh yang ada pada manusia. Ikan yang telah mati cepat sekali membusuk. Dibandingkan dengan daging sapi, buah ataupun sayuran, daging ikan lebih cepat mengalami proses kemunduran mutu (proses pembusukan). Hal ini disebabkan oleh aktivitas mikroba (jasad renik) yang terdapat dalam seluruh lapisan daging ikan, terutama bagian insang, isi perut dan kulit. Saat ikan masih hidup, sebenarnya telah banyak mikroba yang tumbuh dalam tubuhnya, tetapi semuanya belum aktif melakukan perombakan. Sesaat setelah ikan mati, mulailah mikroba tersebut melakukan aktivitas, yang diawali dari mikroba yang hidup di sekitar perut ikan, kemudian mikroba di insang dan akhirnya secara total seluruh mikroba melakukan aktivitas serentak. Dalam proses perombakan ini, mikroba dibantu oleh aktivitas enzim. Beberapa macam enzim yang pada mulanya berfungsi sebagai katalisator proses-proses metabolik (aktivitas hidup), setelah ikan mati berubah fungsi menjadi penghancur jaringan tubuh ikan.

Aktivitas mikroba dapat menjadikan berbagai perubahan biokimiawi dan fisikawi yang pada akhirnya menjurus pada kerusakan secara menyeluruh yang disebut sebagai "busuk". Proses perubahan ini sulit untuk dideteksi mana sebenarnya yang lebih dulu rusak. Yang jelas hal itu baru diketahui setelah menyebarkan aroma menyengat dengan timbulnya lendir, warna permukaan tubuh yang suram, mata keruh dan sebagainya, dimana kesemua itu merupakan proses kerja dari bakteri pembusuk. Keberadaan bakteri pembusuk pada produk hasil perikanan banyak menimbulkan kerugian. Mikroba ini sudah ada sejak ikan masih hidup, mikroba utama penyebab kebusukan hasil perikanan adalah *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Coryneform* dan *Micrococcus*.

Jenis bakteri yang khusus menyebabkan kerusakan daging ikan sulit untuk ditentukan karena banyak faktor lingkungan yang memengaruhi. Bakteri penyebab kerusakan suatu jenis ikan belum tentu sama dengan jenis ikan yang lain, dan pada setiap ikan yang busuk akan menyebarkan aroma yang menyengat. Bau tersebut sebenarnya merupakan campuran sebagai senyawa yang timbul akibat proses pembusukan. Jadi selain bakteri yang menyebabkan daging ikan busuk, diketahui pula berbagai bakteri yang dapat menimbulkan zat bau, misalnya bakteri "*Streptomyces*" yang menyebabkan ikan berbau busuk, dan masih banyak lagi bakteri-bakteri lainnya

Pada umumnya konsumen menghendaki ikan segar, padahal ikan termasuk komoditas yang sangat mudah busuk (*highly perishabel*). Meskipun demikian, dengan sentuhan teknologi sederhana kita mampu mengolah ikan segar menjadi produk olahan ikan yang awet dan tetap digemari konsumen. Usaha-usaha yang dilakukan untuk mengawetkan ikan tidak lain merupakan satu dan lain cara agar produk ikan dan hasil perikanan benar-benar berdaya guna sebagai bahan pangan yang bernilai gizi tinggi. Untuk mencegah proses pembusukan agar ikan-ikan yang melimpah itu dapat dimanfaatkan, perlu dikembangkan berbagai cara pengawetan dan pengolahan yang cepat serta tepat. Pengawetan itu sendiri tidak lain bertujuan mempertahankan ikan atau hasil perikanan lainnya selama mungkin dengan menghambat atau menghentikan aktivitas mikroorganisme pembusukan.

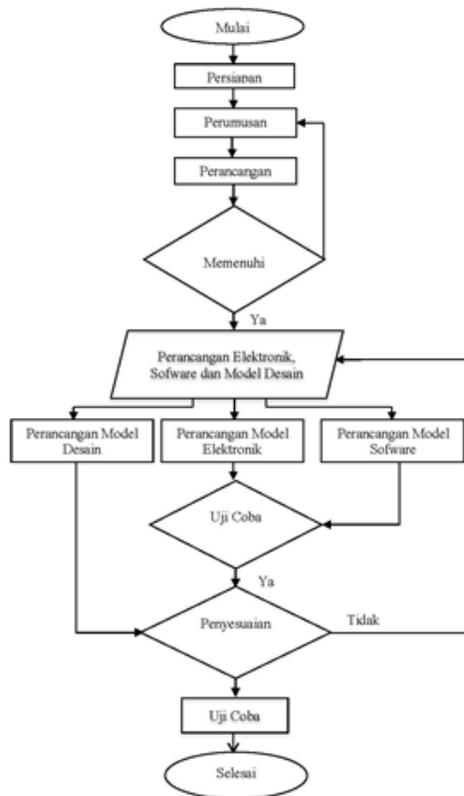
Memang dalam masalah cita rasa akan memiliki perbedaan antara ikan yang masih baru (segar) dengan yang sudah diawetkan. Bahkan dari semua cara pengawetan ikan akan menyebabkan perubahan sifat-sifat yang terdapat pada ikan segar, baik dalam hal bau, rasa, bentuk maupun struktur dagingnya. Pengawetan adalah suatu teknik atau usaha yang digunakan manusia pada bahan, sedemikian rupa, sehingga bahan tersebut tidak rusak. Ada dua macam bahan pengawet yaitu bahan pe-

ngawet organik dan anorganik. Bahan pengawet organik pada umumnya terdiri dari asam dan garam organik seperti asam benzoat, asam propionat, asam sorbat, natrium propionat, kalsium propionat, dan natrium benzoat. Sekarang ini banyak sekali bahan kimia dan berbagai campuran-campuran lain dibuat dan diciptakan untuk membuat pekerjaan manusia dalam membuat makanan lebih efektif dan efisien. Tetapi di samping untuk makanan dibuat juga bahan kimia untuk pembuatan kebutuhan lain. Dimana bahan kimia tersebut tidak boleh dipergunakan dalam pembuatan makanan dan dapat berakibat fatal. Hal ini sangat penting dan juga memprihatinkan. Fenomena ini merupakan salah satu masalah dan kebobrokan bangsa yang harus diperbaiki. Janganlah sampai membiarkan hal ini terus berlarut dan akhirnya akibat menumpuk di masa depan.

Keamanan pangan merupakan hal yang sedang banyak dipelajari karena manusia semakin sadar akan pentingnya sumber makanan dan kandungan yang ada di dalam makanannya. Hal ini terjadi karena adanya kemajuan ilmu pengetahuan serta kemajuan teknologi sehingga diperlukan suatu cara untuk mengawasi keamanan pangan. Dalam proses keamanan pangan, dikenal pula usaha untuk menjaga daya tahan suatu bahan sehingga banyakkah muncul bahan-bahan pengawet yang bertujuan untuk memperpanjang masa simpan suatu bahan pangan. Namun, dalam praktiknya di masyarakat masih banyak yang belum memahami perbedaan penggunaan bahan pengawet untuk bahan-bahan pangan dan nonpangan. Formalin merupakan salah satu pengawet nonpangan yang sekarang banyak digunakan untuk mengawetkan makanan.

Pangan yang aman harus menggunakan bahan tambahan yang oleh pemerintah dinyatakan aman untuk digunakan pada pangan. Salah satu bahan yang dilarang digunakan untuk pangan adalah formalin. Formalin sangat berbahaya bagi kesehatan, tidak hanya menimbulkan efek jangka pendek, misalnya mual, muntah diare, dan sebagainya, tetapi juga menimbulkan

efek jangka panjang, misalnya luka pada ginjal, paru, dan kanker. Formalin dengan rumus kimia  $\text{CHOH}$  merupakan suatu larutan yang tidak berwarna, berbau tajam yang mengandung lebih kurang 37% formaldehid dalam air dan biasanya ditambahkan metanol 10-15% sebagai pengawet. Formalin merupakan bahan berbahaya yang dapat mengancam kesehatan tubuh. Tubuh dapat terpapar formalin melalui saluran pencernaan (tertelan), kontak dengan kulit ataupun terhirup. Paparan formalin ini dapat menimbulkan gangguan kesehatan, baik gejala akut (jangka pendek) maupun gejala kronis (jangka panjang).



**Gambar 1.** Tahapan pembuatan *prototype* deteksi tingkat kandungan formalin bandeng

## METODE DAN PERANCANGAN ALAT

### Metode

Pembuatan alat pengukur kandungan formalin memiliki tahapan diperlihatkan pada Gambar 1. Pembuatan alat ini dimulai dari rancang bangun instrumen yang dilanjutkan dengan perancangan elektronik dan perancangan *software*. Pengujian dilakukan dua kali, uji pertama untuk mengetahui kesesuaian hasil pengukuran dengan program yang dibuat. Setelah pengujian pertama berhasil dilanjutkan uji kedua yaitu dengan dilakukan penyesuaian seluruh perangkat elektronik dengan desain *casing*.

#### Perancangan Alat

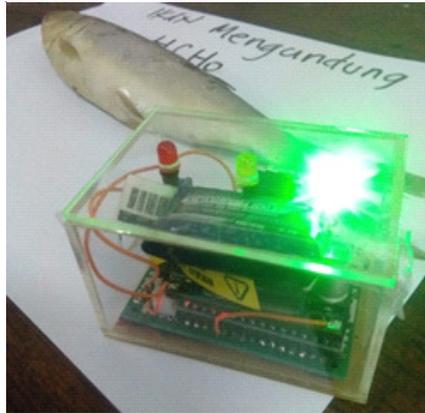
Alat pengukur kandungan formalin terbagi kedalam tiga sistem rancangan yaitu, sistem elektronik, sistem software dan sistem desain.

#### 1. Sistem Elektronik

Alat pengukuran kandungan formalin ini dirancang berdasarkan sistem *scanning* (pemindaian). *Sensor Formaldehyde* yang digunakan akan disusun secara vertikal yang dengan kombinasi dimana *receiver* berada di tengah 2 transmitter. Pada rangkaian sensor dimana sensor memiliki sumber tegangan 5 volt dari baterai. Rangkaian ini dihubungkan dengan rangkaian pengurang tegangan dan penguat tegangan guna memperoleh rentang keluaran hasil yang lebih besar. Alat ini memiliki bagian kontrol sebagai pengatur sistem yang ada di dalamnya. Mikrokontroller sebagai pusat pengaturan alat adalah tipe ATmega 32 yang memiliki empat port sebagai keluaran. Rangkaian sistem ini dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.

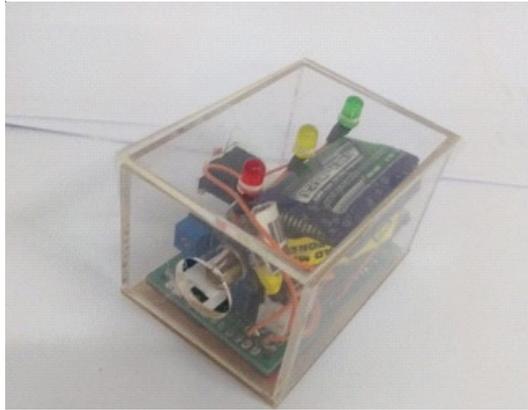


dilakukan untuk melihat seberapa jauh tingkat respons dan fungsi alat dalam mengukur kandungan formalin. Metode yang dipergunakan bersifat tidak merusak (*non-destructive*), tidak menyentuh secara langsung ikan dan praktis penerapannya. Seperti terlihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Deteksi tingkat kandungan formalin Bandeng berbasis sensor formaldehida

Desain yang dipergunakan merupakan hasil dari perancangan pembuatan alat yang menjadi cetak biru (*blue print*) dalam pembuatannya. Adapun bentuk desain alat yang dirancang seperti yang terlihat pada Gambar 3. Pembuatan alat dimulai dari rancang bangun instrumen yang dilanjutkan dengan perancangan elektronik dan rancangan *software*. Pengujian dilakukan dua kali, uji pertama untuk mengetahui kesesuaian hasil pengukuran dengan program yang dibuat. Setelah pengujian pertama berhasil dilanjutkan dengan penyesuaian seluruh perangkat elektronik dengan desain *casing* alat dilanjutkan dengan uji coba kembali kinerja alat yang dibuat.



**Gambar 4.** Hasil rancang bangun detektor kandungan formalin

Pembuatan alat pengukur kandungan formalin memiliki tahapan diperlihatkan pada Gambar 4. Pembuatan alat dimulai dari rancang bangun instrumen yang dilanjutkan dengan perancangan elektronik dan rancangan software. Pengujian dilakukan dua kali, uji pertama untuk mengetahui kesesuaian hasil pengukuran dengan program yang dibuat. Setelah pengujian pertama berhasil dilanjutkan dengan penyesuaian seluruh perangkat elektronik dengan desain casing alat dilanjutkan dengan ujicoba kembali kinerja alat yang dibuat. Alat ini dapat mendeteksi dengan tiga kondisi dengan indikator masing masing LED yang terdapat pada alat ini, dimana indicator hijau menandakan aman yaitu objek yang di teliti tidak terdapat kandungan formalin, indikator kuning menandakan adanya kandungan formalin pada objek dengan ambang batas hati-hati dan indicator merah akan meyalakan apabila alat mendeteksi adanya kandungan formalin dengan ambang batas bahaya atau tidak layak konsumsi. Komponen yang dibutuhkan dalam teknologi ini tersaji dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Komponen dan bahan yang digunakan

No.	Uraian	Jumlah	Volume
1	Acrilic	1	Buah
2	Formaldehyde Sensor	1	Buah
3	Mikrokontroler Arduino	1	Buah
4	Jack Konektor 8 Pin	2	Buah
5	Kabel Jumper	80	Buah
6	Resistor 220 $\Omega$	10	Buah
7	Resistor 10 K $\Omega$	20	Buah
8	Trimpod 10 K $\Omega$	1	Buah
11	Female Header 10 pin	5	Buah
12	Pin Header 2x20	2	Buah
13	Pin Header 1x20	2	Buah
14	LED	3	Buah
15	Lipo 3s Battery	1	Buah
16	Sakelar	1	Buah

Adapun cara kerjanya yaitu, sinar inframerah yang ditransmisikan oleh sensor Formaldehyde Sensor akan menembus lapisan daging ikan dan dihamburkan oleh daging ikan. Energi hambur balik ini yang akan diterima oleh *photodiode* sebagai *receiver*. Perubahan hambur balik yang diterima pada saat mengenai daging ikan diukur, nilai perubahan hambur balik ini terus diukur seiring dengan perubahan tekstur daging ikan.

### Hasil Pengujian pada Ikan Bandeng

Pengujian ini berdasarkan pada kondisi umum ikan yang ditemukan dipasar pada saat penjualan batas toleransi Formaldehida (formalin adalah nama dagang zat ini) yang dapat diterima tubuh manusia dengan aman adalah dalam bentuk air minum, menurut *International Programme on Chemical Safety (IPCS)*, adalah 0,1 mg per liter atau dalam satu hari asupan yang dibolehkan adalah 0,2 mg. Sementara formalin yang boleh masuk ke tubuh dalam bentuk makanan untuk orang dewasa adalah 1,5 mg hingga 14 mg perhari. Berdasarkan standar Eropa, kandungan formalin yang masuk dalam tubuh tidak boleh melebihi 660 ppm (1000

ppm setara 1 mg/liter). Sementara itu, berdasarkan hasil uji klinis, dosis toleransi tubuh manusia pada pemakaian secara terus-menerus (*Recommended Dietary Daily Allowances/RDDA*) untuk formalin sebesar 0,2 miligram per kilogram berat badan. Misalnya berat badan seseorang 50 kilogram, maka tubuh orang tersebut masih bisa mentoleransi sebesar 50 dikali 0,2 yaitu 10 miligram formalin secara terus-menerus. Sedangkan standar *United State Environmental Protection Agency/USEPA* untuk batas toleransi formalin di udara, tercatat sebatas 0.016 ppm. Sedangkan untuk pasta gigi dan produk shampo menurut peraturan pemerintah di negara-negara Uni Eropa (EU Cosmetic Directive) dan ASEAN (ASEAN Cosmetic Directive) memperbolehkan penggunaan formaldehida di dalam pasta gigi sebesar 0.1% dan untuk produk sampo dan sabun masing-masing sebesar 0.2%. Peraturan ini sejalan dengan ketentuan yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan makanan (BPOM) di Indonesia (Keputusan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI No. HK.00.05.4.1745, Lampiran III "Daftar zat pengawet yang diizinkan digunakan dalam Kosmetik dengan persyaratan No. 38: Formaldehid dan paraformaldehid)" (Fahrudin, 2007)

Walaupun daya awetnya sangat luar biasa, formalin dilarang digunakan pada makanan. Di Indonesia, beberapa undang-undang yang melarang penggunaan formalin sebagai pengawet makanan adalah Peraturan Menteri Kesehatan No. 722/1988, Peraturan Menteri Kesehatan No. 1168/Menkes/PER/X/1999, UU No. 7/1996 tentang Pangan dan UU No. 8/1999 tentang Perlindungan Konsumen (Paisal, 2007).

Dari standar yang tertera pada penjelasan di atas, alat ini dapat mendeteksi dengan tiga kondisi dengan indikator masing-masing LED yang terdapat pada alat ini, dimana indicator hijau menandakan aman yaitu objek yang di teliti tidak terdapat kandungan formalin, indicator kuning menandakan adanya kandungan formalin pada objek dengan ambang batas hati-hati dan indikator merah akan meyalapa apabila alat mendeteksi adanya

kandungan formalin dengan ambang batas bahaya atau tidak layak konsumsi.

#### 1. Kondisi Ambang Batas Aman

Pada kondisi ini objek yang diteliti dalam hal ini ikan bandeng, sama sekali tidak mengandung bahan berbahaya yang mengandung HCHO atau formalin.



**Gambar 5.** Hasil deteksi ikan bandeng yang tidak terdapat kandungan formalin.

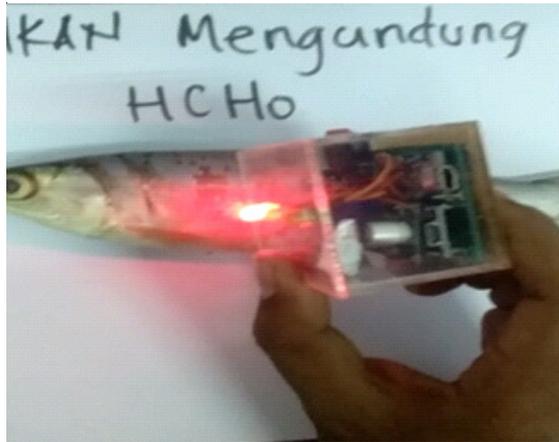
Dari hasil deteksi yang diperlihatkan pada Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa ikan bandeng tidak terdapat kandungan formalin hal ini dapat dilihat dari lampu indicator formaldehyde detector yang menyala berwarna hijau dan ini menandakan ikan aman untuk dikonsumsi.

#### 2. Kondisi Ambang Batas Hati-hati

Pada kondisi ini objek yang diteliti dalam hal ini ikan bandeng, mengandung bahan berbahaya yang mengandung HCHO atau formalin dengan ambang batas hati-hati sesuai dengan yang sudah ditentukan *United State Environmental Protection Agency* yaitu sebesar 0,016ppm. ikan bandeng yang terdapat kandungan formalin dengan ambang batas hati-hati dapat dilihat dari lampu indicator formaldehyde detector yang menyala berwarna hijau dan ini menandakan ikan masih aman untuk dikonsumsi.

### 3. Kondisi Ambang Batas Tidak Aman

Pada kondisi ini objek yang diteliti dalam hal ini ikan bandeng, mengandung bahan berbahaya yang mengandung HCHO atau formalin dengan ambang batas berbahaya sesuai dengan yang sudah ditentukan *United State Environmental Protection Agency* yaitu sebesar di atas 0,016ppm.



**Gambar 6.** Hasil deteksi ikan bandeng yang terdapat kandungan formalin

Dari hasil deteksi yang diperlihatkan pada Gambar 6., dapat diketahui bahwa ikan bandeng terdapat kandungan formalin dengan ambang batas berbahaya hal ini dapat dilihat dari lampu *indicator formaldehyde detector* yang menyala berwarna merah dan ini menandakan ikan tidak aman untuk dikonsumsi.

### **Manfaat Ekonomis dari *Formaldehyde Detector***

Selain dapat digunakan secara praktis dan dinamis *Formaldehyde Detector* memiliki nilai ekonomis untuk segala kalangan, di antaranya yaitu :

- 1). Membantu masyarakat dan industri pengolahan ikan dalam menentukan kandungan formalin pada ikan yang dijual.
- 2). Dengan menggunakan alat ini masyarakat dan industri pengolahan ikan tidak perlu memakan waktu yang cukup panjang untuk mengetahui kandungan formalin.

- 3). Alat ini dirancang dengan bentuk yang sangat praktis dan dapat disimpan dimana saja.
- 4). Alat ini dirancang dengan biaya yang cukup ekonomis dan dinamis serta dapat terjangkau untuk masyarakat tingkat menengah ke bawah.
- 5). Mempermudah pemerintah terkait untuk memonitoring makanan berbahaya yang beredar di pasaran.

## KESIMPULAN

Deteksi kandungan formalin merupakan aspek yang penting dalam bidang perikanan, karena ikan merupakan komoditi yang high perishable sehingga dalam penanganannya memerlukan waktu yang harus cepat. Alat ini, mampu memberikan hasil pengukuran yang lebih baik untuk ikan bandeng yang aman dikonsumsi atau tidak. Dari hasil penelitian alat "Formaldehyde Detector" menunjukkan kemampuan untuk dapat digunakan untuk mendeteksi adanya formalin pada ikan bandeng secara efektif, efisien, praktis dan mudah penggunaannya.

## DAFTAR PUSTAKA

### Buku:

- Irawan, Agus. 1997. *Pengawetan Ikan dan Hasil Perikanan*. Solo: CV Aneka. *United State Environmental Protection Agency Manual Book*.
- Penyuluhan Pertanian. 1979. *Pengawetan Bahan Makanan*, Jakarta: Departemen Pertanian.

### Jurnal:

- Bimo Aksono. 2010. *Karakterisasi Protein Spesifik Aeromonashydrophila Penyebab Penyakit Ulser pada Ikan*. *Jurnal Veteriner* September, Vol. 11 No. 3: 158-162.

- Elmiet, al. 2008. *A Miniaturized Gas-Chromatographic System for The Evaluation of Fish Freshness*. Sensors, 2008 IEEE, Lecce, 2008, pp. 1084-1087.
- Gholam, Hosseini. 2007. *Intelligent Processing of E-nose Information for Fish Freshness Assessment*. Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information, 2007. ISSNIP 2007. 3rd International Conference on, Melbourne, Qld. pp. 173-177.
- Gu, N. He. 2014. *A New Detection Method for Fish Freshness, Computational Intelligence and Design (ISCID)*. 2014 Seventh International Symposium on, Hangzhou, 2014.
- Itoh, H. 2010. *Multi-point ATP Sensing for Rapid Precise Fish Freshness Check*. Sensors, 2010 IEEE, Kona, HI, 2010, pp. 1967-1970.
- Peiyi, Zhu. 2015. "Fast Assessment of Freshness of White Shrimp via a Modified Unsupervised Discriminant Projection Technique". Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS), 2015 International Conference on, Changshu, 2015, pp. 318-322.
- R. Jarmin. (2012). "A Comparison on Fish Freshness Determination Method." System Engineering and Technology (ICSET). 2012 International Conference on, Bandung, 2012, pp. 1-6.
- S. Guney. 2013. *Fish Freshness Assessment by Using Electronic Nose," Telecommunications and Signal Processing (TSP)*. 2013 36th International Conference on, Rome, 2013, pp. 742-746.
- Siti, Rudiyaniti. 2009. *Pertumbuhan Dan Survival Rate Ikan (Cyprius Carpio Linn) pada berbagai Konsentrasi Regent 0,3 G*". Jurnal Saintek Perikanan Vol. 5, No. 1, 2009, 49 - 54.



# SISTEM LOGISTIK PERIKANAN PELAGIS DI SELAT SUNDA DALAM MEWUJUDKAN KETAHANAN PANGAN PERIKANAN DI PROVINSI BANTEN

*Ririn Irnawati, Asep Hamzah, Dini Surilayani, Hery Sutrawan  
Nurdin, Adi Susanto, Fahresa Nugraheni Supadminingsih  
PUI PT Inovasi Pangan Lokal, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jalan Raya Jakarta Km. 4 Pakupatan, Serang, Banten  
Korespondensi: ririn.irnawati@untirta.ac.id*

## ABSTRAK

*Provinsi Banten memiliki lokasi yang strategis dan potensi sumber daya ikan yang melimpah. Salah satu jenis sumber daya ikan yang produksinya cukup tinggi dan memiliki nilai ekonomis tinggi adalah ikan pelagis. Pengelolaan dan pengembangan perikanan pelagis dapat meningkatkan ekonomi wilayah karena mampu meningkatkan pendapatan serta pemenuhan gizi dan protein masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sistem logistik perikanan pelagis di kawasan Selat Sunda, Provinsi Banten. Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei-Oktober 2019 di pesisir Selat Sunda, Provinsi Banten, yang meliputi Kecamatan Sumur, Panimbang, Labuan, dan Cinangka. Sistem logistik perikanan dirumuskan dengan pendekatan Soft System Management (SSM). Distribusi ikan pelagis secara umum dibagi dalam dua kelompok, yaitu ikan kering (teri) dan ikan segar (ikan pelagis selain teri). Sistem*

*logistik teri perlu dilakukan perbaikan di cara penjemuran dan sortasi ikan, serta dibuat central warehouse. Untuk logistik ikan segar perlu dibangun pabrik es di dekat pusat-pusat pendaratan ikan dengan kapasitas yang memadai. Selain itu, perlu dilakukan sosialisasi dan pelatihan penanganan ikan dan penguatan lembaga nelayan.*

*Kata kunci: central warehouse, ikan segar, ikan teri, produktivitas, Selat Sunda*

## **LATAR BELAKANG**

Provinsi Banten memiliki potensi sumber daya ikan yang cukup melimpah dengan posisi yang sangat strategis di ujung barat Pulau Jawa. Karakteristik perairan Banten sangat unik karena berbatasan langsung dengan Samudra Hindia di wilayah selatan, Laut Jawa di bagian utara, serta percampuran massa air keduanya di Selat Sunda pada bagian barat (Sachoeamar & Yanagi, 2000; Kunarso, *et al.*, 2005; Salim & Sutanto, 2014). Kondisi tersebut menjadikan wilayah perairan Provinsi Banten subur dan menjadi pusat aktivitas penangkapan ikan baik bagi nelayan setempat maupun nelayan dari wilayah di sekitar Banten (Irnawati, *et al.*, 2018). Kelompok sumber daya ikan yang cukup melimpah jumlahnya adalah ikan pelagis dengan volume produksi tahun 2015 mencapai 28.451,7 ton atau sebesar 67% dari produksi total produksi ikan yang ada (DKP Banten, 2016a).

Potensi lestari ikan pelagis di perairan Provinsi Banten tahun 2015 mencapai 49.576,11 ton (DKP Banten 2016b) dengan pusat produksi utama di pesisir Selat Sunda terutama di Kecamatan Labuan dan Kecamatan Sumur. Teknologi penangkapan ikan pelagis di wilayah ini didominasi oleh bagan, jaring insang, payang dan *purse seine*. Perairan Selat Sunda memiliki potensi lestari perikanan pelagis sebesar 35% dari potensi Provinsi Banten dengan pemanfaatan yang belum optimal. Selat Sunda merupakan daerah penangkapan ikan yang sangat potensial sepanjang tahun dengan dugaan produktivitas tertinggi tahun 2016

mencapai 39.339-58.327 ton/m<sup>3</sup> (Akmal, *et al.*, 2017; Nurkhairani, *et al.*, 2018).

Ikan pelagis merupakan komoditas yang memiliki nilai ekonomi tinggi sehingga pengelolaan dan pengembangannya dapat meningkatkan ekonomi wilayah karena mampu meningkatkan pendapatan serta pemenuhan gizi dan protein masyarakat. Meskipun demikian, pengembangan perikanan pelagis di Banten masih menghadapi berbagai tantangan di antaranya fluktuasi produktivitas penangkapan, penyebaran pusat produksi dan konsumsi yang sangat luas, dominasi armada perikanan skala kecil, sarana dan prasarana masih terbatas, serta sistem produksi hulu-hilir (sistem logistik) yang belum terintegrasi. Permasalahan tersebut memerlukan perhatian dari seluruh *stakeholders* perikanan karena berpengaruh terhadap ketersediaan dan kesinambungan pasokan ikan, disparitas harga jual ikan, serta kualitas (mutu) ikan yang sampai ke tangan konsumen/unit pengolahan ikan.

Karakteristik komoditas perikanan yang mudah mengalami kerusakan (*perishable*) membutuhkan penanganan khusus melalui pengembangan sistem logistik perikanan. Produktivitas perikanan yang tinggi harus didukung dengan sistem logistik perikanan yang baik sehingga dapat memberikan manfaat ganda yang tinggi bagi pengembangan ekonomi wilayah. Bencana tsunami yang melanda kawasan pesisir Selat Sunda pada bulan Desember tahun 2018 telah berpengaruh terhadap aktivitas perikanan pelagis di kawasan ini. Sedikitnya 550 unit armada penangkapan yang berbasis di Labuan hingga Sumur rusak berat dan 50% nelayan belum melakukan aktivitas perikanan mereka kembali. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap produktivitas perikanan pelagis dan berdampak terhadap ketersediaan dan kelancaran arus distribusinya ke berbagai wilayah.

Dalam upaya mengembangkan dan memanfaatkan potensi perikanan pelagis di Selat Sunda khususnya usai tsunami 2018, maka diperlukan informasi terbaru tentang produktivitas,

keberlanjutan usaha dan jalur logistik perikanan pelagis yang akurat dan terperinci. Informasi tersebut sangat penting untuk perumusan strategi pengelolaan dan pengembangan perikanan pelagis di pesisir Selat Sunda. Penelitian ini diharapkan memberikan informasi yang utuh tentang usaha perikanan pelagis dan jalur logistiknya sehingga mendukung terwujudnya kedaulatan, kemandirian, dan ketahanan pangan perikanan di Provinsi Banten. Adanya jaminan ketersediaan, keterjangkauan, dan keberlanjutan usaha perikanan pelagis dalam memenuhi konsumsi masyarakat dan industri pengolahan ikan akan berkontribusi signifikan dalam mendukung terwujudkan ketahanan dan keamanan pangan nasional khususnya pada aspek penyediaan protein hewani yang sehat, bermutu dan halal.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain jalur logistik perikanan pelagis di Selat Sunda. Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkini, terperinci, dan akurat tentang keberlanjutan usaha perikanan pelagis pasca tsunami di Selat Sunda sebagai langkah nyata mengoptimalkan potensi perikanan pelagis di kawasan ini. Luaran penelitian ini dapat melengkapi informasi daerah potensial (*mapping potential areas*) yang dapat dikembangkan dalam upaya mewujudkan ketahanan pangan perikanan di Provinsi Banten melalui pengembangan sistem logistik perikanan yang berkelanjutan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei-Desember 2019 di pusat-pusat perikanan pelagis di sepanjang Selat Sunda Provinsi Banten. Lokasi utama yang menjadi wilayah studi adalah Kabupaten Pandeglang dan Kabupaten Serang. Wilayah Kabupaten Pandeglang meliputi Kecamatan Sumur, Panimbang dan Labuan sedangkan wilayah studi Kabupaten Serang berada di Kecamatan Cinangka.

## **Pengumpulan Data**

Penelitian ini dilakukan dengan metode survei. Pengumpulan data penelitian dilakukan melalui observasi, wawancara mendalam dan studi pustaka. Data primer yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah jenis dan dimensi alat tangkap ikan pelagis, jumlah armada penangkapan, produksi dan *trip* penangkapan, volume dan jenis ikan, jalur distribusi dan pemasaran ikan pelagis.

## **Analisis Data**

Sistem logistik perikanan pelagis dirumuskan berdasarkan pendekatan *Soft System Management* (SSM). Langkah pendekatan SSM adalah; (1) mengidentifikasi permasalahan logistik perikanan pelagis kecil, (2) pengungkapan masalah dan pembuatan *rich picture*, (3) membangun *root definition*, (4) menyusun model konseptual, (5) membandingkan model konseptual dengan dunia nyata, (6) menyusun rencana aksi perbaikan dan (7) pelaksanaan rencana aksi (Batubara, *et al.*, 2017). Hasil SSM selanjutnya diformulasikan sehingga menghasilkan desain sistem logistik yang ideal untuk perikanan pelagis di Selat Sunda. Pada penelitian ini pendekatan SSM yang dilakukan dibatasi hingga langkah keempat (menyusun model konseptual). Berdasarkan hasil observasi pada lima pusat perikanan tersebut, maka dapat dikelompokkan menjadi dua kegiatan distribusi yang dominan, yaitu distribusi ikan kering (teri) dan ikan segar (pelagis lainnya selain teri).

Penanganan logistik perikanan pelagis di pesisir Selat Sunda Provinsi Banten perlu dilakukan di setiap tahap, mulai dari tahap produksi hingga ke konsumsi, mulai dari ikan ditangkap hingga ikan sampai ke konsumen. Penanganan logistik perlu dilakukan mulai dari kegiatan penangkapan ikan di laut, bagaimana menjaga mutu ikan tetap baik setelah ikan dinaikkan ke geladak kapal dan disimpan dalam palka atau tempat penyimpanan ikan lainnya. Selanjutnya ketika kapal mendaratkan ikan di dermaga pelabuhan perikanan, ikan dibawa ke tempat pelelangan ikan untuk dilakukan penimbangan, pencatatan dana

tau pelelangan. Tahap selanjutnya ikan dibawa ke tempat pengepakan ikan, baik yang berada di lingkungan pelabuhan perikanan maupun di tempat pengepul ikan (bakul-bakul ikan), hingga ke tempat penyimpanan ikan. Dari tempat pengepakan atau penyimpanan atau tempat bakul, ikan kemudian dibawa didistribusikan ke tempat lain di dalam provinsi hingga ke luar provinsi seperti ke Jakarta. Distribusi ini bisa ke pasar-pasar ikan dan bisa ke pelabuhan perikanan yang lain, tergantung pada permintaan dan harga, hingga akhirnya sampai ke konsumen (baik individu maupun unit pengolahan ikan). Dalam kasus perikanan pelagis di pesisir Selat Sunda ini, banyak ikan-ikan segar yang dikirim ke Muara Baru dan Muara Angke. Baik ke pasar ikan di lingkungan pelabuhan maupun pasar ikan di Jakarta.

### **(1) Jalur Logistik Ikan Teri**

Ikan teri merupakan jenis ikan pelagis kecil yang dominan didaratkan di PPI Sumur dan PPI Carita. Potensi lestari ikan teri di Banten menurut Irnawati, *et al.*, (2018) sebesar 4.860,39 ton/tahun dengan musim penangkapan di Selat Sunda terjadi pada April dan Juni hingga September. Ikan teri yang dijual bisa dibedakan menjadi dua kondisi, yaitu dalam kondisi kering yang merupakan hasil produksi di PPI Sumur dan kondisi kering 80% yang merupakan hasil produksi di PPI Carita. Ikan teri dari dua lokasi tersebut umumnya dikirim ke pengusaha pengepul ikan teri di Jakarta, ke Pasar Muara Angke dan Muara Baru. Selain karena adanya keterikatan atas bantuan modal dari pengepul atau pengusaha, pemasaran ke daerah Jakarta juga dilakukan karena harga jual yang kompetitif dibandingkan dengan hanya dipasarkan ke pasar di sekitar pelabuhan. Distribusi ikan teri di PPI Sumur dan PPI Carita disajikan pada Gambar 5.

Ikan teri merupakan jenis ikan pelagis kecil yang dominan didaratkan di PPI Sumur dan PPI Carita. Potensi lestari ikan teri di Banten menurut Irnawati, *et al.*, (2018) sebesar 4.860,39 ton/tahun dengan musim penangkapan di Selat Sunda terjadi pada April dan Juni hingga September. Ikan teri yang dijual

bisa dibedakan menjadi dua kondisi, yaitu dalam kondisi kering yang merupakan hasil produksi di PPI Sumur dan kondisi kering 80% yang merupakan hasil produksi di PPI Carita. Ikan teri dari dua lokasi tersebut umumnya dikirim ke pengusaha pengepul ikan teri di Jakarta, ke Pasar Muara Angke dan Muara Baru. Selain karena adanya keterikatan atas bantuan modal dari pengepul atau pengusaha, pemasaran ke daerah Jakarta juga dilakukan karena harga jual yang kompetitif dibandingkan dengan hanya dipasarkan ke pasar di sekitar pelabuhan. Distribusi ikan teri di PPI Sumur dan PPI Carita disajikan pada Gambar 5.

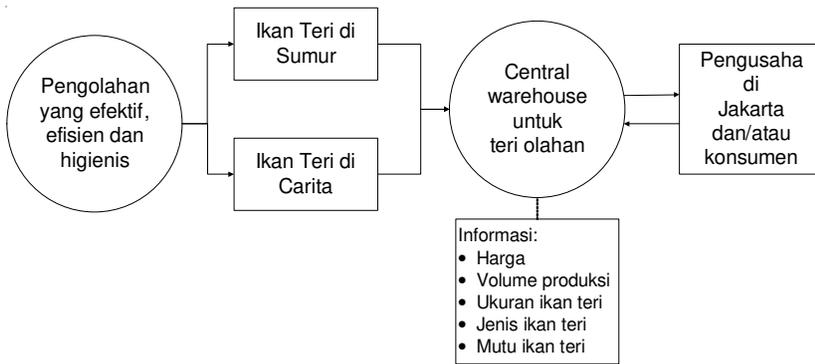
Dalam proses distribusi ikan teri, mulai dari proses pengolahan sampai ke konsumen, terdapat beberapa permasalahan, baik itu yang berada di PPI Sumur dan PPI Carita, di antaranya:

1. Produksi akan terhambat jika terjadi hujan atau cuaca mendung. Ikan teri yang dihasilkan dari proses ini, merupakan ikan teri dalam kondisi kering.
2. Higienitas produk, dimana di lokasi penjemuran ikan dan penyimpanan ikan dilakukan di ruang terbuka, yang menyebabkan kemungkinan terpapar debu dan adanya hewan di tempat penjemuran dan penyimpanan.
3. Alat transportasi yang terbatas, sehingga pengiriman ikan teri dilakukan secara berkelompok.
4. Ikan yang telah kering, masih disortasi secara manual tanpa memperhatikan kebersihan.
5. Banyak ikan kering tercecer dan terbuang selama proses penjemuran dan penyimpanan, sehingga produksi teri belum optimum.
6. Penjualan ikan teri masih mengandalkan keberadaan pengusaha yang memberikan dukungan modal. Hal ini semakin terlihat setelah bencana tsunami dimana pengusaha memberikan bantuan kapal, alat tangkap dan modal untuk proses penangkapan sampai pengolahan. Kondisi ini menyebabkan pemberi modal (pengusaha) yang lebih menentukan harga jual ikan teri.



Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, solusi yang bisa diberikan diantaranya adalah:

1. Perbaiki proses pengolahan sehingga mampu menghasilkan ikan teri dengan kualitas terbaik. Pengolahan ikan teri mampu dilakukan meskipun sedang musim hujan dengan cara membangun rumah kaca. Selain itu, pada proses pengolahan seringkali banyak ikan teri yang tercecer dan terbuang selama proses penjemuran, sehingga diperlukan wadah atau tempat penjemuran yang mampu menampung dan menghindarkan ikan teri terjatuh atau tercecer (pemakaian waring atau alas yang lebih rapat), sehingga *loss production* akibat proses yang selama ini berlangsung bisa dihindari.
2. Adanya sistem informasi pengiriman ikan teri (*central warehouse*) secara berkelompok. Sistem ini bisa berbentuk lembaga dimana anggotanya merupakan gabungan antara pengolah atau nelayan teri dari PPI Sumur dan PPI Carita. Pengiriman teri ke Jakarta dilakukan secara bersamaan menggunakan konsep *Less Container Load* (LCL) yaitu satu tempat pengiriman digunakan bersama-sama untuk menekan biaya distribusi. Di *central warehouse* ini, ikan teri dari PPI Sumur dan PPI Carita akan dikelompokkan berdasarkan jenis, ukuran dan mutu. Pengelompokkan ini akan menyebabkan volume produksi ikan teri menjadi lebih banyak, sehingga untuk pengiriman tidak membutuhkan waktu yang relatif lama. Sistem ini juga akan mendukung adanya kesamaan harga antara teri yang berasal dari PPI Sumur dan PPI Carita. Sehingga, ketika pengusaha atau konsumen memerlukan informasi mengenai Harga, volume produksi, ukuran, jenis dan mutu ikan teri, cukup mengakses *central warehouse*.



**Gambar 6.** Model konseptual jalur logistik ikan teri di Selat Sunda

Rekomendasi yang bisa diambil untuk pengembangan perikanan teri di Selat Sunda Provinsi Banten di antaranya:

1. Perlu adanya sosialisasi dan penyuluhan kepada nelayan dan pemilik tempat pengolahan teri (sobong) terkait penanganan dan pengolahan ikan teri yang efektif, efisien dan higienis, serta sortasi ikan berdasarkan mutu ikan teri yang dihasilkan.
2. Perlu dukungan dari pemerintah daerah, dinas/instansi terkait (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Banten dan Dinas Perikanan Kabupaten Pandeglang) serta swasta mengenai tempat yang tertutup yang memadai untuk proses pengeringan dan penyimpanan ikan teri.
3. Perlu dibentuk *central warehouse* sebagai bentuk sistem penjualan satu pintu, sehingga para pelaku (nelayan, pengolah, dan pembeli) dapat memperoleh kemudahan dalam penyediaan stok ikan teri dan pemasarannya, serta pembautan perjanjian kerjasama antar pelaku yang terlibat. Hal ini akan sangat bermanfaat untuk mendukung proses produksi dan pemasaran yang baik dan transparan.

## (2) Jalur Logistik Ikan Segar

Pemasaran dan logistik ikan segar dalam hal ini ikan pelagis kecil, berbeda dengan pemasaran dan logistik ikan teri. Jenis

ikan pelagis kecil yang dominan didaratkan di PP Labuan, PPI Sidamukti dan PPI Pasauran adalah layang, tembang, banyar dan tongkol. Ikan-ikan tersebut hampir semuanya dijual dalam bentuk segar, tidak dilakukan pengolahan seperti ikan teri yang 'diasin' dan dikeringkan sebelum dipasarkan. Ada beberapa jenis ikan yang diasinkan di PPP Lahuan, namun jumlah produksinya sangat sedikit dan hanya dipasarkan di sekitar pelabuhan. Ikan-ikan yang diasinkan ini merupakan ikan-ikan yang mutunya kurang bagus.

Ikan pelagis dari pesisir Selat Sunda ini dipasarkan ke berbagai daerah di dalam provinsi hingga keluar provinsi. Pemasaran dalam provinsi biasanya ikan dikirim ke Cilegon, Serang dan Tangerang, tergantung permintaan. Pemasaran keluar provinsi yang paling banyak dilakukan adalah ke Jakarta, tetapi kadang bisa sampai ke Bogor dan Sukabumi tergantung permintaan dan harga. Jika produksi ikan sedang sedikit atau sedang tidak musim ikan, maka ikan-ikan hasil tangkapan biasanya hanya dipasarkan di sekitar pelabuhan saja untuk mencukupi kebutuhan konsumen masyarakat lokal. Distribusi ikan pelagis kecil segar yang didaratkan di PPI Labuan, PPI Sidamukti dan PPI Pasauran disajikan pada Gambar 7.

Ikan segar di dalam proses distribusinya, mulai dari proses penangkapan hingga sampai ke konsumen, memiliki beberapa permasalahan, di antaranya:

1. Jumlah dan ketersediaan es yang terbatas di sekitar lokasi pendaratan ikan. Ini terjadi baik di PPI Sidamukti, PPP Labuan maupun PPI Pasauran. Nelayan dan pelaku perikanan pelagis mengatakan bahwa es sulit untuk diperoleh. Selain karena tidak adanya pabrik es di sekitar pelabuhan-pelabuhan perikanan tersebut, juga karena ketersediaan es yang didatangkan dari Kota Tangerang terbatas jumlahnya. Data dan informasi yang akurat mengenai jumlah stok es per hari yang didatangkan dari Tangerang belum diketahui.

2. Penggunaan tempat penyimpanan ikan dalam proses transportasi ikan, yang dalam hal ini berupa blong, tidak ideal. Hal ini dikarenakan nelayan dan pengepul ikan seringkali menggunakannya dengan kurang memperhatikan mutu ikan. Kapasitas blong yang besar (+100 kg) menyebabkan ikan yang berada di bagian paling bawah mengalami tekanan yang besar akibat tergencet oleh ikan-ikan yang ada di atasnya, sehingga ikan mengalami penurunan mutu sangat besar. Penggunaan dan penambahan es yang kurang sesuai jumlahnya dengan jumlah ikan, juga menyebabkan penurunan mutu ikan yang disimpan di dalam blong. Ketika es mencair, maka ikan-ikan akan tergenang oleh air, hal ini menambah penurunan mutu karena sistem rantai dingin tidak diterapkan dengan baik dalam proses distribusi ikan.
3. Penggunaan mobil bak terbuka dalam proses distribusi ikan kurang ideal karena akan menyebabkan es-es yang ada di dalam blong cepat mencair, sehingga menyebabkan mutu ikan menurun.
4. Ikan-ikan yang didistribusikan belum mengalami proses penanganan lebih lanjut seperti penyiangan (pembuangan insang dan jeroan), yang merupakan sumber bakteri-bakteri yang dapat menyebabkan penurunan mutu ikan.
5. Keterbatasan modal melaut menjadikan nelayan kurang memperhatikan mutu ikan karena kebutuhan perbekalan untuk membeli es balok juga terbatas.

Penjualan ikan pelagis kecil di PPI Sidamukti, PPP Labuan, dan PPI Pasauran, masih mengandalkan langgan selaku pemberi modal. Setelah ikan hasil tangkapan terjual, maka nelayan akan memperoleh 50-60% bagian dari hasil penjualan. Pembayaran ini dilakukan jika dari pembeli sudah membayar kepada langgan atau setelah ikan terjual habis. Pada kondisi ini, ketika ikan hasil tangkapan nelayan dijual oleh langgan, nelayan tidak memperoleh uang sama sekali. Untuk kebutuhan perbekalan

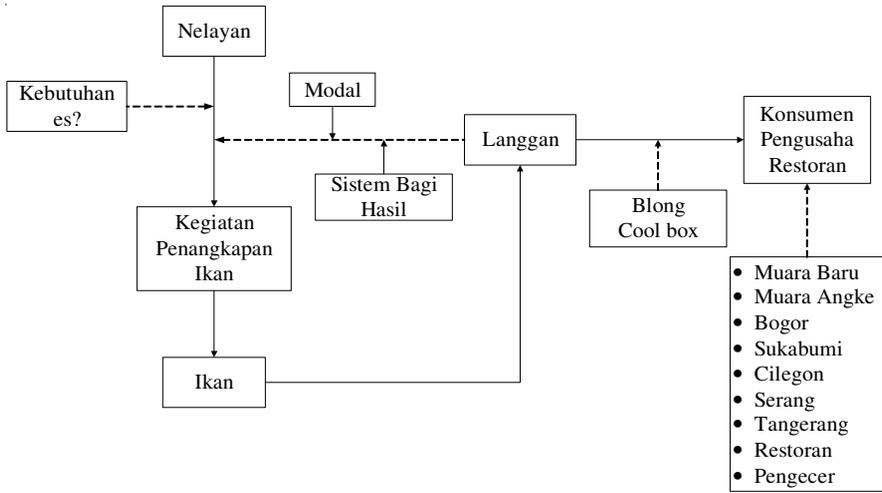
melaut, nelayan memperoleh semua biayanya dari langgan. Ketergantungan ini yang menyebabkan nelayan harus menjual ikan-nya ke langgan.

Pada proses distribusi ikan teri di PPP Labuan, PPI Sidamukti dan PPI Pasauran (Gambar 7), dapat dikelompokkan beberapa pelaku atau aktor yang memiliki peran dalam proses distribusi ikan pelagis kecil segar, seperti yang disajikan pada Tabel 11.

Berdasarkan permasalahan yang ada dalam distribusi dan logistik ikan pelagis kecil di pesisir Selat Sunda tersebut maka solusi yang bisa diberikan diantaranya adalah:

1. Penguatan lembaga kelompok nelayan. Lembaga atau kelompok ini bisa berupa KUB, maupun termasuk KUD didalamnya. Penguatan diarahkan pada pengelolaan keuangan dan unit usaha sehingga kebutuhan modal bisa diatasi oleh kelompok atau lembaga nelayan tersebut.
2. Pelatihan rantai dingin kepada nelayan dan langgan. Mutu ikan hasil tangkapan harus dijaga sejak ikan ditangkap agar penurunan mutu ikan hasil tangkapan tidak berlangsung cepat. Penurunan mutu harus dihambat dengan cara penanganan ikan dengan konsep C3Q, yaitu *Clean, Cold, Carefull* dan *Quick*, sehingga ikan yang dikonsumsi konsumen dapat berada pada kualitas mutu yang baik.

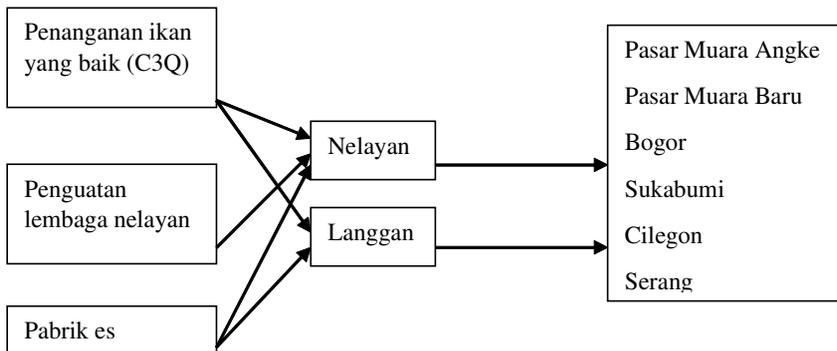
Pengadaan pabrik es sangat penting untuk segera dibangun di lokasi-lokasi yang dekat dengan pusat-pusat pendartaran ikan terutama di PPI Sidamukti, PPP Labuan dan PPI Pasauran. Selama ini untuk kebutuhan es dikirim dari luar pelabuhan (dari Kota Tangerang) dan jumlahnya belum mampu memenuhi kebutuhan nelayan dan pelaku usaha perikanan.



Gambar 7. Distribusi ikan segar di PPI Sidamukti, PPI Labuan dan PPI Pasauran

**Tabel 11.** Pelaku dan perannya dalam distribusi ikan pelagis kecil segar

Elemen CATWOE	Deskripsi
Customers	Langgan
	Pemilik restoran
	Pengecur
Actors	Nelayan
Transformation	· Nelayan memiliki lembaga / kelompok nelayan yang relatif kuat yang mampu mengikis peran langgan sedikit demi sedikit.
	· Nelayan dan langgan memiliki pemahaman yang baik dalam penanganan ikan hasil tangkapan, dengan konsep rantai dingin yang baik, sehingga penurunan mutu ikan hasil tangkapan dapat dihambat
	· Adanya pabrik es yang mampu memenuhi kebutuhan nelayan dan langgan.
Weltanschauung	· Memperbaiki proses penyimpanan ikan hasil tangkapan di Blong dan Box Storage
	· Penyediaan pabrik es dengan lokasi dekat pelabuhan perikanan sehingga memudahkan nelayan untuk memperoleh es.
	· Penguatan kelompok nelayan atau pengolah sehingga memiliki kekuatan modal dan bargaining power .
Owner	Langgan
Environmental Contrains	· Pelatihan penanganan dan penyimpanan ikan dengan konsep rantai dingin.
	· Penguatan lembaga kelompok nelayan.



**Gambar 8.** Model konseptual jalur logistik ikan segar

Ikan segar dalam pemasarannya menurut Aritonang dan Kadir (2008) membutuhkan perhatian khusus. Permasalahan yang timbul dalam sistem pemasaran komoditi perikanan dalam hal ini ikan segar seringkali memiliki saluran pemasaran yang panjang sehingga banyak juga pelaku (aktor) pemasaran yang terlibat dalam saluran pemasaran tersebut. Semakin panjang suatu saluran pemasaran maka akan berpengaruh juga terhadap turunnya mutu dari ikan yang dipasarkan tersebut karena waktu produk ikan untuk sampai ke konsumen akan lebih lama. Panjang pendeknya saluran pemasaran juga akan menentukan kualitas produk yang dipasarkan, margin dan efisiensi pemasaran.

Wahyuningsih, *et al.*, (2019) menyatakan bahwa produksi ikan tongkol di PPP Labuan merupakan mencapai 41.953 ton atau sebesar 22% dari total produksi ikan. Ikan tongkol ditangkap dengan alat tangkap *purse seine* dan payang. Saluran pemasaran ikan tongkol di PPP Labuan masih belum efisien, karena masih panjang dan banyaknya pedagang perantara dalam saluran distribusi yang terlibat. Semakin panjang saluran pemasaran, maka semakin turun mutu ikan tongkol. Penurunan mutu ikan tongkol diduga akibat cara penangkapan, penanganan yang kurang baik, pemberian es yang kurang di atas kapal dan waktu yang dibutuhkan untuk proses lelang lebih lama.

## SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah distribusi ikan pelagis secara umum dibagi dalam dua kelompok, yaitu ikan kering (teri) dan ikan segar (ikan pelagis selain teri). Sistem logistik teri perlu dilakukan perbaikan di cara penjemuran dan sortasi ikan, serta dibuat *central warehouse*. Untuk logistik ikan segar perlu dibangun pabrik es di dekat pusat-pusat pendaratan ikan dengan kapasitas yang memadai. Selain itu perlu dilakukan sosialisasi dan pelatihan penanganan ikan dan penguatan lembaga nelayan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada IsDB dan Untirta yang telah membiayai penelitian ini melalui skim PLUI tahun anggaran 2019.

## DAFTAR PUSTAKA

### Jurnal:

- Akmal SG, Fahrudin A, Agus SB. 2017. *Distribusi Spasial Kelimpahan Sumberdaya Ikan di Perairan Selat Sunda*. Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis 1(1): 25-31.
- Arinong, AR dan Kadir E. 2008. *Analisis Saluran dan Margin Pemasaran Kakao di Desa Timbuseng, Kecamatan Pattalassang, Kabupaten Gowa*. Jurnal Agrisistem 4(2): 87-93
- Batubara SC, Maarif MS, Marimin, Irianto HE. 2017. *Model Manajemen Rantai Pasok Industri Perikanan Tangkap Berkelanjutan di Propinsi Maluku*. Journal of Marine Fisheries 8(2):137-148.
- [DKP Banten] Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Banten. 2016a. *DKP dalam Angka*. Serang: Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Banten.
- \_\_\_\_\_. 2016b. *Kajian Potensi Perikanan Tangkap di Perairan Provinsi Banten*. Serang: Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Banten.

- Irnawati R., Surilayani D, Susanto A, Munandar A, Rahmawati A. 2018. *Potential Yield and Fishing Season of Anchovy (Stolephorus sp.) in Banten, Indonesia*. AACL Bioflux 11: 804-809.
- Kunarso, Ningsih NS, Supangat A. 2005. *Upwelling Characteristics Along The Southern Waters of Nusa Tenggara Timur and West Sumatera*. Ilmu Kelautan 10: 17-23.
- Nurkhairani Y, Supriatna, Susiloningtyas D. 2018. *Wilayah Potensi Ikan Pelagis pada Variasi Kejadian ENSO dan Normal di Selat Sunda*. Jurnal Geografi Lingkungan Tropik 2(1): 52-63.
- Sachoemar S. I., Yanagi T. 2000. *Seasonal variation in sea surface temperature around Java derived from NOAA AVHRR*. La mer 38: 65-75.
- Salim A dan Sutanto TE. 2014. *Model of Oil Spill Movement in The Waters of The Sunda Strait*. Cauchy 3: 99-107.
- Wahyuningsih D, Irnawati R, Surilayani D. 2019. *Saluran pemasaran dan mutu ikan tongkol (Euthynnus affinis) yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Pantai Labuan*. Jurnal Perikanan dan Kelautan 9(1): 111-124.

**Dokumen:**

- Permen [Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan] Nomor 5 Tahun 2014 tentang Sistem Logistik Ikan Nasional. 6 halaman.



## PROBIOTIK: SELEKSI DAN MEKANISME KERJANYA DALAM BUDIDAYA IKAN

*Achmad Noerkhaerin Putra*

*PUI PT Inovasi Pangan Lokal, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jalan Raya Jakarta Km. 4 Pakupatan, Serang, Banten*

*Korespondensi: putra.achmadnp@untirta.ac.id*

### ABSTRAK

*P*eningkatan produksi akuakultur melalui budidaya ikan secara intensif telah dilakukan untuk memenuhi kebutuhan ikan yang terus meningkat. Namun, budidaya ikan secara intensif menghasilkan permasalahan dalam akuakultur, yaitu munculnya serangan penyakit dan menurunnya kualitas air. Penggunaan probiotik pada budidaya ikan merupakan pendekatan yang ramah lingkungan dalam meningkatkan pertumbuhan, serangan penyakit dan kualitas air pemeliharaan ikan. Probiotik adalah mikroba tambahan yang memberikan pengaruh menguntungkan bagi inang melalui peningkatan nilai nutrisi pakan, respons terhadap penyakit atau memperbaiki kualitas lingkungan ambangnya. Mikroflora normal yang berasal dari saluran pencernaan dan media pemeliharaan memiliki peranan yang penting dalam proses pencernaan hewan dan telah menjadi sumber bakteri probiotik dalam akuakultur. Seleksi bakteri probiotik dilakukan untuk memperoleh bakteri yang dapat digunakan sebagai probiotik dalam akuakultur. Seleksi tersebut terdiri dari serangkain uji yaitu: Uji aktivitas enzim, uji fase pertumbuhan, uji ketahanan asam lambung dan garam empedu, uji aktivitas antagonis-

*tic, uji penempelan, uji patogenitas dan indentifikasi bakteri. Pada dasarnya mekanisme kerja probiotik adalah: (1) menekan populasi mikroba melalui kompetisi dengan memproduksi senyawa-senyawa antimikroba atau melalui kompetisi nutrisi dan tempat pelekatan di dinding intes-tinum, (2) merubah metabolisme mikrobial dengan meningkatkan atau menurunkan aktivitas enzim, dan (3) menstimulasi imunitas melalui peningkatan kadar antibodi atau aktivitas makrofag, (4) Memperbaiki kualitas air dengan cara mengeliminasi amoniak dan nitrit melalui proses nitrifikasi dalam lingkungan ikan.*

*Kata kunci: Akuakultur, ikan, mekanisme kerja, probiotik*

### **Definisi Probiotik**

Indonesia adalah negara dengan produksi akuakultur terbesar kedua di dunia setelah Cina dengan produksi akuakultur sebesar 9,3 juta ton pada tahun 2018 (FAO, 2020). Peningkatan produksi akuakultur melalui budidaya ikan secara intensif telah dilakukan untuk memenuhi kebutuhan ikan yang terus meningkat. Namun, budidaya ikan secara intensif menghasilkan permasalahan, yaitu munculnya serangan penyakit dan menurunnya kualitas air (Zhang, *et al.*, 2018). Aplikasi probiotik dalam akuakultur dianggap sebagai pendekatan yang ramah lingkungan jika dibandingkan dengan penggunaan antibiotik secara konvensional yang dapat menyebabkan patogen menjadi resisten (Akinbowale, *et al.*, 2006) dan meningkatnya residu antibiotik di perairan (Cabello, 2006).

Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang dapat menguntungkan *host*-nya dengan menstimulus populasi mikroorganisme (Fuller, 1989). Definisi yang tidak jauh berbeda disampaikan oleh Verschuere, *et al.*, (2000), probiotik adalah mikroba tambahan yang memberikan pengaruh menguntungkan bagi inang melalui peningkatan nilai nutrisi pakan, respons terhadap penyakit atau memperbaiki kualitas lingkungan ambangnya. Menurut Nayak (2010), probiotik adalah mikroba tambahan yang

dapat memberikan efek menguntungkan inangnya. Probiotik dapat berfungsi sebagai suplemen makanan untuk meningkatkan pertumbuhan ikan dan respons imun, telah menerima beberapa perhatian dalam budidaya (Gatesoupe, 1999; Irianto & Austin, 2002). Probiotik dalam akuakultur didefinisikan sebagai mikroba hidup, mati atau komponen sel mikroba yang diberikan melalui suplementasi pakan atau media pemeliharaan yang dapat meningkatkan resistensi penyakit, status kesehatan, kinerja pertumbuhan, pemanfaatan pakan dan respons stres dari inangnya (Merrifield, *et al.*, 2010).

Pemberian probiotik dilakukan dengan menambahkan langsung pada wadah budidaya atau proses pengayaan melalui pakan. Proses pengayaan dapat dilakukan pada pakan alami dan pakan buatan (Muliani, *et al.*, 2016). Probiotik juga aman digunakan karena tidak menyebabkan resistensi patogen seperti antibiotik (Guo, *et al.*, 2009). Beberapa kriteria yang perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan produk probiotik dengan pengaruh positif yang optimal bagi inangnya menurut Schrezenmeir & Vrese (2001), Irianto (2003), Kumar, *et al.*, (2007) dan Kesarcodi-Watson, *et al.*, (2008), adalah sebagai berikut:

1. Spesies bakteri probiotik sebaiknya merupakan mikroflora normal usus sehingga bakteri tersebut lebih mudah menyesuaikan diri dengan lingkungan usus dan dapat mencapai lokasi di mana efek dibutuhkan berlangsung.
2. Bersifat non patogenik dan non toksik bagi inang.
3. Toleran terhadap asam lambung dan garam empedu.
4. Memiliki kemampuan untuk menempel dan melakukan kolonisasi.
5. Memiliki aktivitas antagonistik terhadap mikroba patogen.
6. Terbukti memiliki pengaruh yang menguntungkan bagi inangnya baik secara *in vitro* maupun secara *in vivo*.
7. Memiliki kemampuan untuk bertahan selama proses pengolahan dan selama waktu penyimpanan.

8. Produk probiotik diharapkan memiliki jumlah sel hidup yang besar (107 sampai 109).
9. Probiotik dapat disiapkan sebagai produk sel hidup pada skala industri. Selain itu, probiotik dapat terjaga stabilitas dan sintasannya untuk waktu yang lama pada waktu penyimpanan maupun di lapangan.

### **Seleksi Probiotik**

Mikroflora normal dalam saluran pencernaan memiliki peranan yang penting dalam proses pencernaan hewan (Singh, *et al.*, 2008). Berbagai strain bakteri dalam saluran pencernaan mempunyai kemampuan merubah substrat-substrat makanan menjadi metabolit potensial dengan menghasilkan enzim-enzim pencernaan sehingga metabolit-metabolit potensial tersebut dapat dimanfaatkan oleh inangnya (Lisal, 2005). Adanya kemampuan bakteri yang diisolasi dari saluran pencernaan ikan tersebut untuk memproduksi enzim proteolitik, amilolitik, selulitik dan lipolitik, tentunya telah membuktikan bahwa bakteri memiliki pengaruh yang menguntungkan terhadap proses pencernaan pada ikan.

Seleksi bakteri probiotik dilakukan untuk memperoleh bakteri yang dapat digunakan sebagai probiotik dalam akuakultur. Seleksi tersebut terdiri dari serangkaian uji yaitu: Uji aktivitas enzim, uji fase pertumbuhan, uji ketahanan asam lambung dan garam empedu, uji aktivitas antagonistik, uji penempelan, uji patogenitas dan indentifikasi bakteri. Uji aktivitas enzim dilakukan dengan menumbuhkan bakteri yang berasal dari saluran pencernaan ikan atau lingkungan budidaya pada media agar yang ditambahkan pati (mengukur aktivitas amilolitik dari bakteri kandidat probiotik), susu skim atau kasein (mengukur aktivitas proteolitik dari bakteri kandidat probiotik) dan olive oil atau minyak zaitun (mengukur aktivitas lipolitik dari bakteri kandidat probiotik). Bakteri kandidat probiotik dengan aktivitas enzim tertinggi selanjutnya diukur fase pertumbuhannya. Fase

pertumbuhan bakteri terdiri dari empat fase, yaitu fase awal dimana bakteri mulai tumbuh, fase eksponensial yaitu pertumbuhan bakteri yang cepat, fase mendatar atau statis dimana jumlah bakteri yang tumbuh sama dengan jumlah bakteri yang mati dan fase penurunan pertumbuhan bakteri. Bakteri kandidat probiotik yang dapat mencapai fase eksponensial tercepat dengan rentang waktu fase ekponensial yang panjang merupakan bakteri kandidat probiotik yang akan digunakan pada pengujian bakteri selanjutnya. Fase eksponensial dipilih karena pada masa ini bakteri memiliki pertumbuhan yang tinggi dan kemampuan terbaik dalam memproduksi senyawa metabolit.

Tahapan selanjutnya dari proses seleksi bakteri probiotik adalah uji ketahanan terhadap asam lambung dan garam empedu. Uji ini menggambarkan ketahanan bakteri probiotik dalam kondisi asam dan basa pada saluran pencernaan ikan. Bakteri kandidat probiotik ditumbuhkan pada kondisi asam (pH 2,5) dengan penambahan HCL dan kondisi basa (pH 7,5) dengan penambahan NaOH. Pengamatan dilakukan setiap 1 jam selama 8 jam. Hasil uji ditentukan berdasarkan selisih antara jumlah koloni pertumbuhan bakteri pada perlakuan kontrol dengan jumlah koloni pada perlakuan asam dan basa. Bakteri kandidat probiotik dengan selisih terkecil menunjukkan bakteri tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam bertahan pada kondisi asam dan basa. Fase yang selanjutnya dari seleksi probiotik adalah uji aktivitas antagonistik dengan bakteri patogen. Bakteri patogen yang digunakan biasanya adalah *Aeromonas hydrophila* untuk bakteri yang berasal dari ikan air tawar dan *Vibrio harveyi* untuk bakteri yang berasal dari air payau atau laut. Bakteri patogen ditumbuhkan pada media agar dan kertas cakram dicelupkan pada kultur bakteri kandidat probiotik dan diletakan pada media agar yang telah ditebar patogen sebelumnya dan diinkubasi selama 24 jam. Aktivitas antagonistic dari bakteri kandidat probiotik akan terlihat dengan adanya zona bening yang terbentuk disekitar kertas cakram. Diameter zona bening

terbesar menunjukkan kemampuan yang baik bakteri kandidat probiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen.

Uji penempelan atau adhesi adalah uji selanjutnya dari selek-si bakteri probiotik. Uji ini dimaksudkan untuk aplikasi probiotik dalam pakan. Probiotik yang diberikan melalui pakan harus mampu melakukan kolonisasi atau menempel di usus sehingga bakteri tersebut dapat membantu proses pencernaan pakan. Uji penempelan dilakukan menggunakan lempeng baja steril. Sebanyak 25 ml isolate bakteri kandidat probiotik ditumbuhkan pada Erlenmeyer dan lempeng baja diletakan tegak lurus kedalam Erlenmeyer tersebut dan diinkubasi selama 24 jam. Jumlah koloni bakteri pada lempeng baja selanjutnya dihitung koloninya dan dibandingkan dengan jumlah koloni diluar lempeng baja. Koloni yang tumbuh pada lempeng baja menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu melakukan kolonisasi. Tahapan seleksi terakhir probiotik adalah uji patogenitas. Bakteri kandidat probiotik disuntikan pada ikan kemudian diamati selama satu minggu. Bakteri yang tidak menyebabkan kematian pada ikan akan digunakan sebagai probiotik.

### **Mekanisme Kerja Probiotik**

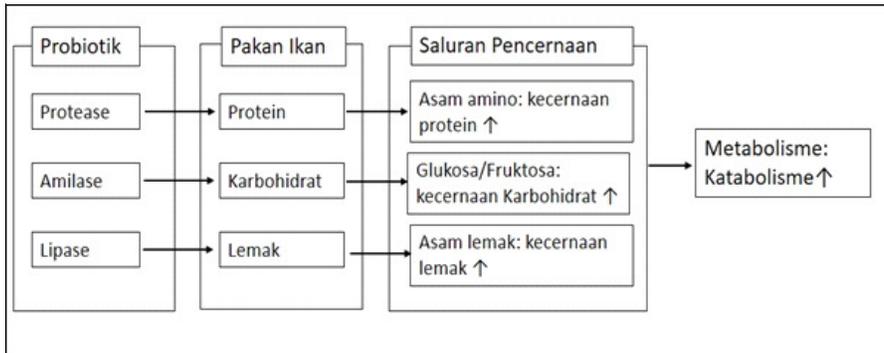
Beberapa peneliti telah melaporkan mekanisme kerja probiotik dalam akuakultur. Menurut Irianto (2003), pada dasarnya ada tiga model kerja probiotik yaitu: (1) menekan populasi mikroba melalui kompetisi dengan memproduksi senyawa-senyawa antimikroba atau melalui kompetisi nutrisi dan tempat pelekatan di dinding intestinum, (2) mengubah metabolisme mikrobial dengan meningkatkan atau menurunkan aktivitas enzim, dan (3) menstimulasi imunitas melalui peningkatan kadar antibodi atau aktivitas makrofag. Sementara Verschuere, *et al.*, (2000), menjabarkan beberapa kemungkinan model kerja probiotik yaitu: (1) produksi senyawa penghambat, (2) menghasilkan exogenous enzim, (3) kompetisi senyawa kimia atau ketersediaan energi, (4) kompetisi tempat penempelan, (5) peningkatan res-

pons imun. Menurut Wang & Zhong (2007) dan Wang, *et al.*, (2008) mekanisme kerja dari probiotik adalah memperbaiki kualitas air dengan mengeliminasi senyawa yang berbahaya dalam perairan. Mekanisme kerja probiotik berikutnya adalah meningkatkan kinerja pertumbuhan dengan meningkatkan nilai nutrisi pakan melalui peningkatan aktivitas enzim pencernaan di saluran pencernaan ikan dan udang (Ziaei, *et al.*, 2006; Wang, 2007; El-Dakar, *et al.*, 2007; Keysami, *et al.*, 2007; Taoka, *et al.*, 2007; Ghosh, *et al.*, 2008; Suzer, *et al.*, 2008; Singh, *et al.*, 2008).

Probiotik memiliki mekanisme dalam menghasilkan beberapa enzim exogenous untuk pencernaan pakan seperti amilase, protease, lipase dan selulase (Bairage, *et al.*, 2002; Taoka Y, *et al.*, 2007; Wang 2007 & Wang, *et al.*, 2008). Peningkatan enzim pencernaan mencerminkan tingkat perkembangan saluran pencernaan ikan dan kemampuannya dalam mencerna pakan (Darafsh, *et al.*, 2019). Menurut Dawood & Khosio (2016), protease, lipase dan amilase merupakan enzim-enzim utama yang membantu pencernaan makanan didalam saluran pencernaan ikan. Enzim exogenous tersebut akan membantu enzim endogenous di inang untuk menghidrolisis nutrisi pakan. Mohapatra, *et al.*, (2012) menyatakan pemberian probiotik dapat merangsang sekresi endogenous enzim pada saluran pencernaan ikan.

Enzim protease akan mencerna protein menjadi asam amino, enzim lipase akan mencerna karbohidrat menjadi glukosa atau fruktosa dan enzim lipase akan mencerna lemak menjadi asam lemak. Hal ini akan meningkatkan ketersediaan nutrisi yang siap diserap dari saluran pencernaan untuk masuk ke pembuluh darah, dan akan diedarkan ke seluruh bagian tubuh dan jaringan yang membutuhkan dalam proses metabolisme selanjutnya. Semakin tinggi nutrisi pakan yang tercerna, semakin besar pula kemungkinan nutrisi tersebut dimanfaatkan oleh ikan untuk pertumbuhannya dan menurunkan porsi nutrisi yang akan terbuang ke lingkungan, sehingga secara tidak langsung dapat menekan laju penurunan mutu lingkungan. Selain itu, ikan

akan lebih sedikit mengeluarkan porsi energi untuk mencerna karena kerja probiotik dalam menghasilkan exogenous enzim di dalam saluran pencernaan ikan, sehingga energi yang digunakan oleh ikan untuk tumbuh menjadi lebih besar. Secara ringkas, mekanisme kerja probiotik dalam peningkatan pemanfaatan pakan untuk pertumbuhan ikan tersaji seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Mekanisme kerja probiotik dalam peningkatan nilai nutrisi pakan

Wang (2007) melaporkan bahwa penambahan probiotik *Bacillus Coagulans* dalam pakan terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas enzim pencernaan seperti protease, lipase dan amilase pada saluran pencernaan udang putih (*penaeus vannamei*). Ghosh, *et al.*, (2008), dalam penelitiannya berusaha membandingkan dosis probiotik *B. subtilis* untuk melihat pertumbuhan dan sistem kekebalan tubuh ikan *Poecillia Reticula* (Peters), *P. Sphenops* (Valencieennes), *Xiphophorus helleri* (Hekkel) dan *X. Maculatus* (Gunther). Dosis probiotik yang digunakan adalah  $5 \times 10^8$ ,  $5 \times 10^7$ ,  $5 \times 10^6$  dan  $5 \times 10^5$  sel/g pakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan pertumbuhan, aktivitas enzim amilase dan protease serta meningkatkan sistem kekebalan tubuh ikan uji terhadap infeksi *Aeromonas Hydrophila*.

Hasil yang sama juga terjadi pada penambahan *Bacillus* sp. pada pakan alami, terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan

melalui peningkatan aktivitas enzim pencernaan, pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup indian white shrimp (*Fenneropenaeus indicus*), juvenil ikan beronang (*Siganus rivulatus*), udang galah (*Macrobrachium Rosenbergii*) dan larva *Penaeus vannamei* (Ziaei et al. 2006; El-Dakar et al. 2007; Keysami, et al., 2007). Hasil penelitian Suzer, et al., (2008), menunjukkan bahwa penambahan *Lactobacillus Spp.* Pada pakan alami (rotifer dan artemia) dan lingkungan dapat meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas enzim pencernaan seperti tripsin, amilase, lipase dan askalin phosphatase pada ikan gilthead sea bream (*Sparus aurata L.*). Mesalhy, et al., (2008a), dalam penelitiannya berusaha mengevaluasi beberapa probiotik dengan dosis tertentu untuk melihat tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan dan respons imun pada ikan nila (*Oreochromis Niloticus*) terhadap infeksi *A. Hydrophila*. Perlakuan yang diberikan dalam penelitian ini adalah dua jenis probiotik yang berbeda yaitu *B. pumilus* (dosis 106 dan 1012 sel/g pakan) dan probiotik komersial Organic Green™ (dosis 106 dan 1012 sel/g pakan) serta perlakuan kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis probiotik tersebut menghasilkan hasil yang relatif sama dalam meningkatkan tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan dan respons imun ikan nila terhadap infeksi *A. hydrophila* dibandingkan dengan kontrol.

Taoka, et al., (2007) melaporkan bahwa pemberian probiotik komersial pada ikan nila terbukti dapat meningkatkan aktivitas enzim amilase dan protease dalam saluran pencernaan. Bakteri yang diisolasi dari saluran pencernaan ikan memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan sebagai probiotik, karena mikroorganisme tersebut antara lain dapat menghasilkan beberapa enzim exogenous dan dapat hidup dengan baik dalam saluran pencernaan ikan, sehingga dapat membantu predigestion pakan ikan. Hasil penelitian Mesalhy, et al., (2008b), melaporkan bahwa bakteri probiotik yang berhasil diisolasi dari

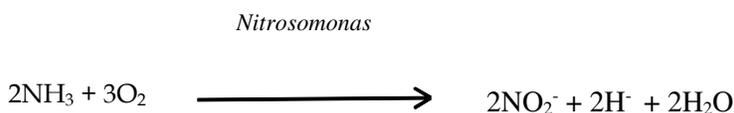
saluran pencernaan ikan nila adalah *B. Firmus*, *B. Pumilus* dan *Citrobacter Freundi*.

Pendekatan pemberian probiotik baik pada media pemeliharaan (Chummpol, *et al.*, 2017) ataupun pakan (Zhao, *et al.*, 2019) telah dilakukan untuk meminimalisir terjadinya serangan patogen dan penurunan kualitas air. Kualitas air yang baik merupakan faktor yang sangat penting bagi pertumbuhan ikan dan dalam sistem akuakultur, ammonia merupakan salah satu senyawa yang bersifat racun yang menurunkan kualitas air pemeliharaan ikan. (Kir *et al.*, 2019). Ammonia berasal dari sisa pakan dan feces ikan (Randall & Tsui, 2002) atau dari proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme (Kir, *et al.*, 2016). Pakan merupakan sumber utama nitrogen di dalam air pada sistem akuakultur (Yusoff, *et al.*, 2001). Amonia berasal dari sisa pakan dan sisa proses metabolisme. Amonia di dalam air terdapat dalam dua bentuk, yakni ( $\text{NH}_4^+$ ) dan ( $\text{NH}_3$ ). Keberadaan amonia dalam air memengaruhi pertumbuhan ikan karena dapat mereduksi masukan oksigen yang disebabkan oleh rusaknya insang. Amonia juga dapat terserap ke dalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan (Effendi, 2003). Pembentukan senyawa-senyawa beracun terjadi akibat adanya akumulasi bahan organik dan anorganik di perairan (Djokosetiyanto, *et al.*, 2006). Amonia keberadaannya dipengaruhi berbagai faktor yaitu sumber amonia, tanaman air, konsentrasi oksigen terlarut dan suhu (Widayat, *et al.*, 2010).

De Schryver, *et al.*, (2008) menyatakan bahwa ikan hanya menyerap 25% pakan yang diberikan dan 75% sisanya sebagai limbah di dalam air. Pemecahan bahan organik oleh mikroba pada proses amonifikasi dapat menghasilkan amoniak ( $\text{NH}_3$ ) dalam perairan. Feses dan sisa pakan yang terakumulasi dalam air dapat meningkatkan konsentrasi amoniak yang bersifat toksik bagi ikan (Effendi, 2003). Menurut Floyd, *et al.*, (2005), amoniak dalam perairan dapat menyebabkan ikan rentan terhadap infeksi bakteri dan menyebabkan kematian pada ikan sehingga me-

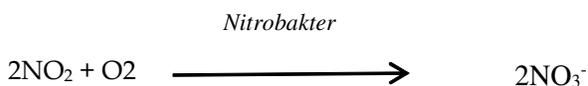
ngakibatkan tingkat kelangsungan hidup yang rendah. Media budidaya yang tercemar oleh limbah dari sisa pakan, ekskresi ikan, dan feses menyebabkan kualitas air menurun dan ikan menjadi stres sehingga mudah terserang penyakit seperti infeksi bakteri, jamur atau virus. Salah satu penyakit yang sering menyerang ikan lele adalah penyakit Motile Aeromonas Septicaemia (MAS) yang disebabkan oleh bakteri *A. hydrophila* (Vivas et al., 2004).

Umumnya amonia akan mengalami perombakan menjadi nitrit dan nitrat yang disebut dengan proses nitrifikasi (Sidik, 2002). Proses nitrifikasi digolongkan dalam dua tahap, tahap pertama nitrifikasi yakni oksidasi amonia menjadi nitrit dibantu oleh bakteri *Nitrosomonas* dengan reaksinya sebagai berikut:



Sedangkan tahap dua yakni oksidasi nitrit menjadi nitrat dibantu oleh bakteri *Nitrobacter* dengan reaksinya sebagai berikut:

Nitrobakter



Senyawa nitrat hasil akhir dari proses nitrifikasi dimanfaatkan oleh organisme dan tumbuhan air dalam proses biosintesis yang akan menghasilkan nitrogen organik (Djokosetiyanto, et al., 2006).

Lusiastuti, et al., (2016) melaporkan bahwa probiotik *Bacillus* ND2 yang berasal dari pencernaan usus ikan nila dapat digunakan untuk menekan kadar amoniak dalam perairan. Selain itu juga bakteri *A. hydrophilla* tidak berpengaruh nyata terhadap kadar amonia. Berdasarkan penelitian Aquarista, et al., (2012), pemberian probiotik ke dalam media pemeliharaan ikan lele

memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai amonia bila dibandingkan tanpa pemberian probiotik. Dengan penambahan probiotik ke dalam kolam pemeliharaan maka akan terjadi penguraian bahan organik di dalam kolam sehingga hasil dari bahan organik yang akan menjadi amonia dapat ditekan konsentrasinya sehingga konsentrasi amoniak akan lebih rendah bila dibandingkan dengan tanpa pemberian probiotik.

Mohapatra, *et al.*, (2012), menyatakan bahwa aplikasi probiotik dapat mengeliminasi amoniak dan nitrit melalui proses nitrifikasi dalam lingkungan ikan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Yang *et al.* (2011), yang menyebutkan bahwa bakteri jenis *Bacillus Sp.*, adalah jenis bakteri heterotrof yang mampu melakukan proses nitrifikasi dan denitrifikasi sehingga dapat merubah amonia menjadi nitrogen dalam kondisi *aerobic*. Hasil yang sama telah dilaporkan oleh Banerjee, *et al.*, (2010), total ammonia nitrogen dan nitrit pada media pemeliharaan shrimp *Penaeus monodon* pada perlakuan probiotik menghasilkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan *control*. Nimrat, *et al.*, (2011), menambahkan bahwa aplikasi probiotik pada media pemeliharaan Pacific White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) menghasilkan nilai ammonia yang lebih kecil dibandingkan dengan *control*. Devaraja, *et al.*, (2013) juga menyatakan bahwa pemberian probiotik *Bacillus Pumilus* telah menurunkan konsentrasi total amoniak nitrogen pada postlarvae *Penaeus monodon* dibandingkan dengan *control*. Mahmud, *et al.*, (2016) juga menemukan bahwa penambahan dua jenis probiotik (*pondplus* dan *aquaphoto*) pada air mampu menekan nilai ammonia pada pemeliharaan ikan tilapia dan pangasius.

Mekanisme probiotik selanjutnya adalah meningkatkan sistem imun ikan terhadap serangan patogen. probiotik telah menurunkan tingkat kematian ikan dan memperbaiki sistem imun ikan terhadap serangan penyakit (Heo, *et al.*, 2013). Menurut Ibrahim (2015), probiotik memproduksi komponen penghambat untuk menekan pertumbuhan bakteri patogen dalam perairan.

Hong, *et al.*, (2004) melaporkan bahwa *Bacillus* merupakan salah satu jenis bakteri yang banyak dimanfaatkan sebagai probiotik dalam akuakultur karena kemampuannya dalam menghasilkan enzim pencernaan dan komponen antimikroba yang dapat menghambat patogen. Menurut Djauhari, *et al.*, (2016), penambahan probiotik dapat meningkatkan sistem imun cellular ikan sehingga resistensi ikan terhadap infeksi patogen meningkat. Zorrieh-zahra, *et al.*, (2016), menyatakan bahwa mekanisme kerja probiotik dalam menekan pertumbuhan bakteri pathogen adalah menghambat kolonisasi bakteri pathogen dengan menghasilkan senyawa bacteriostatic seperti bacteriocins, hydrogen peroksida, protease dan lysozyme. Selain itu, probiotik mampu meningkatkan respons imun melalui modulasi fisiologis (Adel, *et al.*, 2017).

Peningkatan sistem imun ikan terlihat dari meningkatnya nilai indeks fagositosis dalam darah ikan uji. Indeks fagositosis adalah nilai persen (%) leukosit yang memfagosit (menelan) patogen untuk mengetahui kemampuan leukosit dalam melakukan mekanisme fagositosis terhadap patogen (Ulkhag, *et al.*, 2014). Aktivitas fagosit merupakan suatu kegiatan sel-sel fagosit untuk melakukan fagositosis dalam suatu sistem kekebalan non spesifik, dengan melibatkan sel mononuklier (monosit dan makrofag), granulosit (neutrofil), dan limfosit (Rozza & Johnny, 2008). Balcazar, *et al.*, (2006) menyatakan bahwa aktivitas fagosit merupakan perlawanan awal sebagai respon inflamasi sebelum produksi antibodi. Lusiastuti, *et al.*, (2013) melaporkan bahwa indeks fagositosis dalam darah ikan lele yang diberi penambahan probiotik *B. Firmus* lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pemberian probiotik. Hal ini disebabkan karena probiotik dapat merangsang kemampuan indeks fagositosis terhadap antigen sehingga dapat meningkatkan ketahanan tubuh ikan. Probiotik dapat bertindak sebagai pemicu yang efektif bagi sel fagositik sehingga dapat meningkatkan aktivitas fagositosis.

Titer antibodi merupakan salah satu parameter yang umum digunakan sebagai indikator adanya pembentukan respons

kekebalan spesifik setelah pemberian vaksin. Hasil pengukuran titer antibodi dapat diketahui berdasarkan kemampuan antibodi di dalam serum dalam melakukan aglutinasi terhadap antigen patogen. Menurut Taukhid, *et al.*, (2014), tingginya nilai titer antibodi tidak sepenuhnya menggambarkan level proteksi mutlak terhadap patogen target, tetapi secara umum bahwa semakin tinggi nilai titer antibodi mengindikasikan adanya pembentukan respons tanggap kebal terhadap kemampuan menangkal patogen target. Pengukuran titer antibodi hanya dilakukan setelah uji tantang hal ini karena antibodi spesifik akan memberikan kekebalan saat kondisi ideal, yaitu dua atau tiga minggu setelah rangsangan (Anderson, 1974). Suplementasi probiotik dapat meningkatkan kemampuan tubuh ikan dalam menghasilkan antibodi, sehingga ikan lebih tahan terhadap serangan penyakit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adel, M., Yeganeh, S., Dawood, M., A., O., Safari, R., & Radhakrishnan, S. 2017. *Effects of Pediococcus Pentosaceus Supplementation on Growth Performance, Intestinal Microflora and Disease Resistance of White Shrimp, Litopenaeus Vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 23(6), 1401-1409.
- Akinbowale, O., L., Peng, H., & Barton, M., D. 2006. *Antimicrobial Resistance in Bacteria Isolated from Aquaculture Source in Australia*. *Journal of Applied Microbiology*, 100(5), 1103-1113.
- Anderson DP. 1974. *Fish Immunology*. Washington: TFH Publication Inc Ltd. 239 p.
- Aquarista F, Iskandar, dan Subhan U. 2012. *Pemberian Probiotik dengan Carrier Zeolit pada Pembesaran Ikan Lele Dumbo (Clarias Gariepinus)*. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(4): 1-8.
- Balcazar JL, Vendrell D, de Blas I, Ruiz-Zarzuola I, Girones O, Muzquiz JL. 2006. *Immune Modulation by Probiotic Strains: Quantification of Phagocytosis of Aeromonas Salmonicida by Leukocytes Isolated from Gut of Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss) Using a Radiolabelling Assay*. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis* 2006;29(5e6):335-343.

- Bairagi A, Ghosh KS, Sen SK, Ray AK. 2002. *Enzyme Producing Bacterial Flora Isolated from Fish Digestive Tracts*. *Aquaculture Internatioal*, 10: 109-121.
- Banerjee S, Khatoon H, Shariff M, Yusoff F Md. 2010. *Enhancement of Penaeus Monodon Shrimp Postlarvae Growth and Survival without Water Exchange Using Marine Bacillus Pumilus and Periphytic Microorganism*. *Fisheries Science* 76: 481-487.
- Cabello, F., C. 2006. *Heavy Use of Prophylactic Antibiotics in Aquaculture: A Growing Problem for Human and Animal Health and for The Environment*. *Environmental Microbiology*, 8(7), 1137-1144.
- Chumpol S, Kantachote, Nitoda T, Kanzaki H. 2017. *The Roles of Probiotic Purple Nonsulfur Bacteria to Control Water Quality and Prevent Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) for Enhancement Growth with Higher Survival in White Shrimp (Litopenaeus vannamei) during Cultivation*. *Aquaculture* 473: 327-336.
- Darafsh, F., Soltani, M., Abdolhay, H., A., & Mehrejan, M., S. 2019. *Improvement of Growth Performance, Digestive Enzymes and Body Composition of Persian Sturgeon (Acipenser Persicus) Following Feeding on Probiotic: Bacillus licheniformis, Bacillus Subtilis and Saccharomyces Cerevisiae*. *Aquaculture Research*, 51(3), 957-964.
- Dawood, M., A., O., & Koshio, S. 2016. *Recent Advances in The Role Probiotics and Prebiotics in Carp Aquaculture: A Review*. *Aquaculture*, 454, 243-251.
- De Schryver P, Carb R, Defoirdt T, Boon W and Verstaerte. 2008. *The Basic of Biofloc Technology: The Added Value for Aquaculture*. *Aquaculture* 227: 125-137.
- Devaraza T, Banerjee S, Yusoff F, Shariff M, Khatoon H. 2013. *A Holistic Approach for Selection of Bacillus Spp., as a Bioremediator for Shrimp Postlarvae Culture*. *Turkish Journal of Biology* 37: 92-100.

- Djauhari, R., Widanarni, Sukenda, Suprayudi, M., A., & Zairin Jr., M. 2016. *Characterization of Bacillus Sp., NP and its Application as Probiotic for Common Carp (Cyprinus Carpio)*. Research Journal of Microbiology, 11(4-5), 101-111.
- Djokosetiyanto D, Sunarma A, dan Widanarni. 2006. *Perubahan amonia (NH<sub>3</sub>N-N), Nitrit (NO<sub>2</sub>-N) dan Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) pada Media Pemeliharaan Ikan Nila Merah (Oreochromis sp.) di dalam Sistem Resirkulasi*. Jurnal Akuakultur Indonesia. 5: 13-20.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- El-Dakar AY, Shalaby SM, Saoud IP. 2017. *Assesing The Use of a Dietary Probiotic/Prebiotic as an Enhancer of Spinefoot Rabbitfish Siganus Rivulatus Survival and Growth*. Aquaculture Nutrition, 13: 407-412.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action*.
- Floyd RF, Waston C, Petty D and Pouder DB. 2005. *Amonia in Aquatic System*. Departement of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institue of Food and Agricultural Scieinces. University of Florida. 14 p.
- Fuller R. 1989. *Probiotics in Man and Animals*. Journal of Applied Bacteriology 66, 365–378.
- Ghosh, K., Sen, S.K. & Ray, A.K. 2002. *Characterization of Bacilli Isolated From Gut of Rohu, Labeo Rohita, Fingerlings and its Significance in Digestion*. Journal Application Aquaculture 12: 33–42.
- Heo, W-S, Kim, Y-R, Kim, E-Y, Bai, S., C., & Kong, I-S. 2013. *Effects of Dietary Probiotic, Lactococcus Lactis Subsp. Lactis I2, Supplementation on The Growth and Immune Response of Olive Flounder (Paralichtys Olivaceus)*. Aquaculture, 376-379: 20-24.
- Hong HA, Duc LH, and Cutting SM. 2004. *The Use of Bacterial spore Formers as Probiotics*. FEMS Microbiology Reviews. 29 : 813-835.

- Ibrahem MD. 2015. *Evolution of Probiotic in Aquatic World: Potential Effect, The Current Status in Egypt and Recent Prospective*. Journal of Advanced Research. 6: 765-791.
- Irianto, A. & Austin, B. 2002. *Probiotics in Aquaculture*. J. Fish Dis., 25, 633-642.
- Irianto A. 2005. *Patologi Ikan Teleostei*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 256 hlm.
- Kir M, Topuz M, Sunar MC, Topuz H. 2016. *Acute Toxicity of Ammonia in Meagre (Argyrosomus Regius ASSO, 1801) at Different Temperatures*. Aquaculture Research 47 (11): 3593-3598.
- Kir M, Sunar MC, Gok MG. 2019. *Acute Ammonia Toxicity and The Interactive Effects of Ammonia and Salinity on The standard Metabolism of European Sea Bass (Dicentrarchus Labrax)*. Aquaculture 511: 734273.
- Kumar, N., R., Raman, R., P., Jadhao, S., J., Brahmchari, R., K., Kumar, K., & Dash, G. 2013. *Effect Of Dietary Supplementation of Bacillus Licheniformis on Gut Microbiota, Growth and Immune Response in Giant Freshwater Prawn, Macrobrachium Rosenbergii (De Man, 1879)*. Aquaculture International, 21, 387-403.
- Lisal. 2005. *Konsep Probiotik dan Prebiotik untuk Modulasi Mikrobota Usus Besar*. Medical Nusantara, 26: Oktober-Desember.
- Lusiastuti AM, Sumiati T, dan Hadie W. 2013. *Probiotik Bacillus Firmus untuk Pengendalian Penyakit Aeromonas Hydrophila pada Budidaya Ikan Lele Dumbo, Clarias Gariepinus*. Jurnal Riset Akuakultur 8(2): 253-264.
- Mahmud S, Ali ML, Alam MA, Rahman M, Jorgensen NOG. 2016. *Effect of Probiotic and Sand Filtration Treatments on Water Quality and Growth of Tilapia (Oreochromis Niloticus) and Pangas (Pangasianodon Hypophthalmus) in Earthen Ponds of Southern Bangladesh*. Journal of Applied Aquaculture 28 (3): 199-212.
- Merrifield DL 2010. *The Current Status and Future Focus of Probiotic and Prebiotic Applications for Salmonids*. Aquaculture 302: 1-18.

- Mesalhy SA, John G, Mohamed. 2008. *Effect of Probiotic on The Survival, Growth and Challenge Infection in Tilapia Nilotica (Oreochromis Niloticus)*. *Aquaculture Research* 39: 647-656.
- Mohapatra, S., Chakraborty, T., Prusty, A., K., Das, P., Paniprasad, K., & Mohanta, K., N. 2012. *Use of Different Microbial Probiotics in The Diet of Rohu, Labeo Rohita Fingerling: Effect on Growth, Nutrient Digestibility and Retention, Digestive Enzyme Activities and Intestinal Microflora*. *Aquaculture Nutrition*, 18(1), 1-11.
- Muliani M, Ayuzar E, dan Rizal M. 2016. *Pengkayaan Artemia Sp., dalam Larvokultur Ikan Komet (Carassius Auratus)*. *Berkala Perikanan Terubuk* 44(1): 17-32.
- Nayak S. K.. 2010. *Review Article: Role of Gastrointestinal Microbita in Fish*. *Aquaculture Research* 41: 1553-1573.
- Nimrat S, Boonthai T, Vuthiphandchai V. 2011. *Effects of Probiotic Forms, Compositions of and Mode of Probiotic Administration on Rearing of Pacific White Shrimp (Litopenaeus Vannamei) Larvae and Postlarvae*. *Animal Feed Science and Technology* 169: 244-258.
- Randall DJ & Tsui TKN. 2002. *Ammonia toxicity in fish*. *Marine Pollution Bulletin* 45: 17-23.
- Rozza D dan Johnny F. 2008. *Aplikasi Bakterin sebagai Immunostimulan untuk Pencegahan Infeksi Viral Nervous Necrosis (VNN) pada Benih Ikan Kerapu Bebek, Cromileptes altivelis*. *Jurnal Perikanan*. 5 (2) : 139-148.
- Schrezenmeir J & Vrese M. 2001. *Probiotics, Prebiotics and Synbiotic- Approaching a Definition*. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73: 2; 361-364.
- Sidik AS. 2002. *Pengaruh Padat Penebaran Terhadap Laju Nitrifikasi dalam Budidaya Ikan Sistem Resirkulasi Tertutup*. *Jurnal Akuatultur Indonesia* 1: 47-51.

- Suzer C, Coban D, Kamaci HO, Saka S, Firat, K Otgucuoglu O. & Kucuksari, H. 2008. *Lactobacillus Spp.*, Bacteria as Probiotics in Gilthead Sea Bream (*Sparus Aurata*, L.) Larvae: Effects on Growth Performance and Digestive Enzyme Activities. *Aquaculture*, 280, 140–145.
- Taoka Y, Maeda H, Yoon jo & Sakata T. 2007. Influence of Commercial Probiotics on The Digestive Enzyme Activities of Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Science* 55 (2): 183-189.
- Ulkhag MF, Widanarni, dan Lusiastuti AM. 2014. Aplikasi Probiotik *Bacillus* untuk Pencegahan Infeksi *Aeromonas Hydrophila* pada Ikan Lele. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 13(2): 105-114.
- Verschuere L, Rombaut G, Sorgeloos P, Verstraete W. 2000. Probiotic Bacteria as Biological Control Agents in Aquaculture. *Microbiological and Molecular Biology Review*, 64: 655-671.
- Vivas J, Carracedo B, Riano J, Razquin BE, Lopez- Fierro P, Acosta F, Naharro G, dan Vilena AJ. 2004. Behavior of an *Aeromonas Hydrophila aroA* Live Vaccine in Water Microcosms. *Applied and Environmental Microbiology* 70(5): 2702- 2708.
- Wang Bo-Yan. 2007. Effect of Probiotics on Growth Performance and Digestive Enzyme Activity of The Shrimp *Penaeus Vannamei*. *Aquac.*, 269: 259-264.
- Wang Bo-Yan, Rong Li, Lin Junda. 2008. *Probiotics in Aquaculture: Challenges and Outlook*. *Aquaculture* 281, 1-4.
- Widayat W, Suprihatin dan Herlambang A. 2010. Penyisihan Amonia dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku PDAM-IPA Bojong Renged dengan Proses Biofiltrasi Menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon. *Jurnal Air Indonesia*. 6: 64-76
- Yang XP, Wang SM, Zhang DW, and Zhou LX. 2011. Isolation and Nitrogen Removal Characteristics of an Aerobic Heterotrophic Nitrifying–Denitrifying Bacterium, *Bacillus subtilis* A1. *Biore-source Technology*. 102: 854-862.

- Zhang, C., Zhang, J., Fan, W., Huang, M., & Liu, M. 2018. *Effects of Dietary Lactobacillus Delbrueckii on Growth Performance, Body Composition, Digestive and Absorptive Capacity, and Gene Expression of Common Carp (Cyprinus Carpio Huanghe Var)*. *Aquaculture Nutrition*, 25(1), 166-175.
- Zhao, C., Zhu, J., Hu, J., Dong, X., Sun, L., Zhang, X., & Miao, S. 2019. *Effects of Dietary Bacillus Pumilus on Growth Performance, Innate Immunity and Digestive Enzymes of Giant Freshwater Prawns (Macrobrachium Rosenbergii)*. *Aquaculture Nutrition*, 25(3), 712-720.
- Zorriehzahra MJ, Delshad ST, Adel M, Tiwari R, Karthik K, Dharma K. Lazado CC. 2016. *Probiotics as Beneficial microbes in Aquaculture: An Update on Their Multiple Modes of Action: A Review*. *Veterinary Quarterly* 36: 228-241.

## SINTESA BIOPLASTIK ANTIBAKTERI DENGAN PENAMBAHAN NAOH PADA BLOKOMPOSIT KITOSAN DAN $TiO_2$

*Indar Kustiningsih, Devi Abriyani, Asep Ridwan, Dhena Ria  
Barleany*

*PUI PT Inovasi Pangan Lokal, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jalan Raya Jakarta Km. 4 Pakupatan, Serang, Banten  
Korespondensi: indarkustiningsih@untirta.ac.id*

### ABSTRAK

**K**ebutuhan manusia akan plastik yang sukar untuk dikurangi apalagi dihindari, menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan adalah pembuatan plastik biodegradable anti bakteri menggunakan kitosan- $TiO_2$  dan NaOH. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan sintesa biokomposit berbahan kitosan dan nanopartikel  $TiO_2$  serta mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi  $TiO_2$  pada pembuatan film kitosan melalui pengujian mekanik, morfologi, FTIR, uji biodegradable, uji organoleptik dan kemampuan antibakteri. Adapun pembuatan biokomposit ini dilakukan dengan pencetakan pada plat kaca dengan variasi sampel berbahan kitosan (Cs), kitosan dan pati dengan penambahan  $TiO_2$  sebesar 0,1 gr (Cs-0,1Ti); 0,2 gr (Cs-0,2Ti); 0,3 gr (Cs-0,3Ti) serta kitosan dengan NaOH. Homogenisasi campuran ini menggunakan metode sonikasi. Hasil uji kuat tarik menunjukkan penambahan 0,1 gram  $TiO_2$  lebih tinggi dibanding

variasi penambahan TiO<sub>2</sub> lainnya. Sedangkan untuk uji terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan bahwa penggunaan biokomposit kitosan-TiO<sub>2</sub> terbukti mampu mereduksi bakteri seluruhnya setelah inkubasi selama 24 jam. Hasil ini menunjukkan lebih efektifnya penggunaan biokomposit dengan penambahan TiO<sub>2</sub> dibanding tanpa penambahan TiO<sub>2</sub>.

*Kata kunci: Biodegradable, Chitosan, Staphylococcus Aureus, TiO<sub>2</sub>*

## PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan yang elastis, ringan, tidak mudah pecah, bersifat transparan, tahan air dan mudah dibawa sehingga banyak dimanfaatkan sebagai kemasan makanan. Namun dibalik itu semua, plastik secara konvensional dibuat dari sumber daya fosil yang berdampak pada pencemaran lingkungan, karena akan membutuhkan waktu hingga ratusan tahun untuk dapat terurai. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan solusi dari permasalahan ini dengan memanfaatkan penggunaan plastik *biodegradable* sebagai kemasan makanan dari bahan alam terbarukan seperti kitosan, kefiran, kanji dan WPI (*whey protein isolate*).

Kefiran adalah polisakarida mikroba dan larut dalam air yang diperoleh dari biji-bijian gandum. Bahan ini banyak digunakan karena sifatnya yang mikrobial dan merupakan polisakarida *water-soluble*, namun memiliki *tensile strength* yang rendah. Selain kefiran, beberapa peneliti memilih menggunakan kanji karena memiliki keunggulan seperti harganya murah, berlimpah, dan terbarukan, namun sifat barriernya lemah dan sifat mekaniknya sedikit lebih lemah daripada jenis plastik *nonbiodegradable* konvensional lainnya. Sumber bahan lain yang berasal dari protein adalah *Whey Protein Isolate* (WPI). Bahan ini merupakan biopolimer yang dapat membentuk film transparan, lembut, elastis dan tidak larut dalam air, namun memiliki *Water Vapour Permeability* (WVP) yang tinggi dan sifat mekaniknya lemah. Selain

ketiga bahan tersebut, dapat digunakan pula kitosan yang merupakan biopolimer alami terbesar setelah selulosa, memiliki sifat *biodegradable* yang baik, nontoksik, biokompatibilitas, memiliki sifat anti mikroba dan harganya murah, namun kitosan memiliki kelemahan dalam hal sifat mekaniknya jika dibandingkan dengan plastik konvensional dari sumber daya fosil. Dari perbandingan keempat bahan yang telah banyak digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* menunjukkan bahwa kitosan menjadi salah satu kandidat yang dapat dipertimbangkan dengan beberapa keunggulan yang dimiliki daripada bahan lain, sementara kelemahan dalam hal sifat mekaniknya dapat diperbaiki dengan penggunaan konsep nanokomposit.

Pembuatan nanokomposit dilakukan dengan menginkorporasi nanofiller seperti silika, tanah liat, dan titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dalam kitosan yang memungkinkan tidak hanya memperbaiki sifat mekanik dan barrier tetapi juga memberikan fungsi lain dalam aplikasi *food packaging*. Nanofiller yang banyak dipelajari untuk aplikasi *food packaging* dapat dikelompokkan dalam beberapa tipe meliputi nanopartikel, nanofibril, dan nanotubes.

Inkorporasi dengan tanah liat memiliki kelebihan seperti ketersediaannya banyak, biaya murah, performa bagus dan kemampuan proses yang baik, namun plastik yang dihasilkan lemah dalam hal kekuatan mekaniknya. Selain tanah liat, dapat pula digunakan silika yang memiliki kelebihan dapat menaikkan *tensile strength* dan menghasilkan plastik yang kedap air. Selain kedua bahan tersebut, dapat digunakan pula inkorporasi dengan Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) yang menunjukkan kelebihan seperti menaikkan *tensile strength*, harganya murah, stabilitas yang baik, memiliki aktivitas fotokatalitik, sifat antibakteri dan nontoksik.

Perbandingan ketiga nanofiller yang dapat digunakan, penggunaan  $\text{TiO}_2$  menawarkan hasil yang sesuai dengan harapan yaitu menaikkan *tensile strength* plastik *biodegradable* berbahan kitosan. Selain itu, inkorporasi dengan  $\text{TiO}_2$  menunjukkan sifat

antimikroba yang sangat baik dibandingkan nanofiller yang lain, yaitu meningkatkan keamanan makanan dengan mengontrol pertumbuhan dan invasi bakteri dengan membunuh bakteri dan mikroorganisme patogen dalam makanan.

TiO<sub>2</sub> merupakan senyawa fotokatalisis yang banyak dikembangkan untuk menguji kemampuannya dalam membunuh virus, bakteri, fungi, alga dan sel kanker. Tsuang, *et al.*, (2008) telah membuktikan sifat antibakteri TiO<sub>2</sub> dapat membunuh *Staphylococcus aureus* dengan fotokatalisis TiO<sub>2</sub> selama penyinaran. Adapun beberapa peneliti lain telah menggunakan bakteri *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Penicillium expansum* dan *Salmonella choleraesuis*.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan bahan kitosan dan TiO<sub>2</sub> yaitu, Visurraga *et al.* (2010) menggunakan kitosan dan *nanotubes* TiO<sub>2</sub> menghasilkan bioplastik semi transparan yang dapat membunuh bakteri gram positif atau negatif. Haldorai, *et al.*, (2014), menggunakan kitosan (DD 85%) dan nanopartikel TiO<sub>2</sub> menghasilkan bioplastik yang dapat membunuh bakteri *E. coli* sampai 100% selama 24 jam. Mazin C., *et al.*, (2015), serta Mallakpour dan Madani (2015) membuat bioplastik dengan Kitosan (DD 75-85%) dan nanopartikel TiO<sub>2</sub> menghasilkan kenaikan *tensile strength* bioplastik dibandingkan tanpa penambahan TiO<sub>2</sub>.

Berbagai penelitian yang telah dilakukan, terlihat bahwa bioplastik dengan bahan kitosan dan TiO<sub>2</sub> menghasilkan kenaikan *tensile strength* dan aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan tanpa penambahan TiO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan plastik antibakteri dari biokomposit berbahan kitosan dan TiO<sub>2</sub> yang memiliki kekuatan mekanik dalam hal ini adalah *tensile strength* seperti plastik pada umumnya dan dapat membunuh bakteri *Staphylococcus Aureus*.

Di sisi lain, penggunaan plastik antibakteri dari biokomposit kitosan-TiO<sub>2</sub> dimaksudkan agar memperpanjang, memperbaiki dan meningkatkan kualitas suatu produk dengan tidak

menggunakan bahan tambahan makanan yang biasa ditambahkan dalam makanan dengan tujuan tertentu. Bahan tambahan makanan (*food additives*) adalah bahan yang digunakan pada proses produksi, pembuatan, pengemasan, transportasi atau penyimpanan makanan. Bahan ini secara umum tidak dikonsumsi sebagai makanan dan tidak termasuk dalam bahan utama pembuatan makanan. Bahan ini dengan sengaja ditambahkan pada bahan makanan untuk memperbaiki atau menjaga cita rasa, warna, tekstur, penampilan, kontrol asam atau basa, dan juga memperpanjang waktu tinggal dengan mencegah bakteri tumbuh.

Namun pada kenyataannya, penggunaan *food additives* menunjukkan permasalahan yang serius pada kesehatan manusia terutama pada wanita hamil, anak-anak, dan juga dewasa yang mengkonsumsi makanan mengandung *food additives*, seperti beberapa *additives* dapat menyebabkan reaksi toksik dan efek karsinogenik

Efek penggunaan *food additives* dapat langsung terasa atau baru terasa setelah jangka panjang pemakaian rutin. Beberapa dampak yang segera terasa seperti sakit kepala, perubahan pada tingkat energi, tingkah laku dan respon imun. Efek jangka panjang penggunaan *food additives* dapat meningkatkan resiko kanker. Contoh *food additives* yaitu Natrium benzoat, Tatrazin, *Sunset yellow*, *Quinoline yellow*, *Carmosine* dan *Allura red*.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif dalam menangani permasalahan pencemaran lingkungan juga menghindari penggunaan bahan kimia berbahaya serta meningkatkan kualitas kemasan makanan, dimana memiliki kemampuan untuk mengurangi pertumbuhan bakteri sehingga makanan dapat lebih tahan lama meskipun tidak disimpan dalam lemari pendingin juga tidak perlu ditambahkan *food additives* berbahaya sehingga kesehatan dapat lebih terjaga.

## METODE PENELITIAN

### Material

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Bakteri *Staphylococcus aureus*, Kitosan dengan DD 85-89% dibeli dari Biochitosan Indonesia, Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Degussa P-25, NA (Nutrient Agar), Asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH) 1%, dan akuades.

### Pembuatan Bioplastik

Sebanyak 1 gram kitosan dimasukkan ke dalam 1% (v/v) asam asetat glasial 100 ml. Dilanjutkan pengadukan menggunakan *overhead stirrer* selama tiga jam pada temperatur ruang. Lalu, larutan dihomogenkan selama 30 menit. Selanjutnya, ditambahkan nanopartikel TiO<sub>2</sub> dengan variasi komposisi TiO<sub>2</sub> = 0 gr; 0,1 gr; 0,2 gr; 0,5 gr; 1 gr. selanjutnya larutan diaduk menggunakan *overhead stirrer* selama empat jam pada temperatur ruang. Larutan dihomogenkan selama satu jam. Larutan dituangkan ke dalam plat kaca dan dikeringkan pada temperatur 80°C. Setelah didapat bioplastik, maka dilakukan karakterisasi SEM, FTIR, uji kekuatan mekanik, uji aktivitas antibakteri dan analisa biodegradasi plastik.

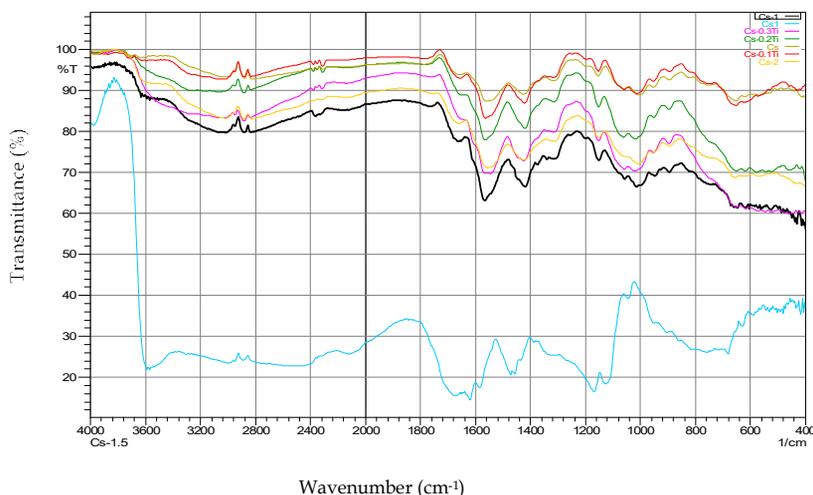
### Uji Aktivitas Antibakteri

*Staphylococcus Aureus* terlebih dahulu diremajakan. Selanjutnya dilakukan sterilisasi media NA (Nutrient Agar) dan bioplastik dengan variasi yang telah ditentukan. Kemudian melakukan *serial dillution Staphylococcus Aureus* menggunakan pelarutan 10<sup>3</sup> dan 10<sup>4</sup>. Setelah itu, melakukan pleting atau menuangkan media dan bakteri pada petri dish. Inkubasi selama 24 jam pada tempat gelap dan dengan penyinaran UV. Setelah inkubasi, dihitung jumlah koloni bakteri dengan metode *Colony Forming Units (CFU)*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Gugus Fungsi dengan Spektrofotometer FTIR

Analisa gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) bertujuan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi dari bioplastik setelah ditambahkan  $\text{TiO}_2$  sehingga mengetahui pencampuran yang terjadi. Analisis dengan spektrofotometer infra merah dilakukan pada sampel Cs dan Cs-Ti untuk kemudian dibandingkan hasilnya.



Gambar 1. Spektrum FTIR Cs dan Cs-Ti

Tabel 1. Analisis FTIR Cs dan Cs-Ti

No	Gugus Fungsi	Panjang Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	
		Pustaka	Hasil Percobaan
<b>Cs<sup>[51]</sup></b>			
1.	O-H & N-H	3200-3500	3419,79
2.	C-H	2850-2960	2924,09
3.	C=O	1550-1950	1616,35
4.	C-O	1000-1300	1257,59
5.	C-N	1030-1230	1039,63
<b>Cs-Ti<sup>[52]</sup></b>			
1.	-OH overlapping together with -NH <sub>2</sub>	3300-3600	3439,08
2.	R-NH-R	1650-1600	1600,92
3.	-OH deformation	1535-1400	1442,75
4.	Cs-TiO <sub>2</sub>	450-950	947,05

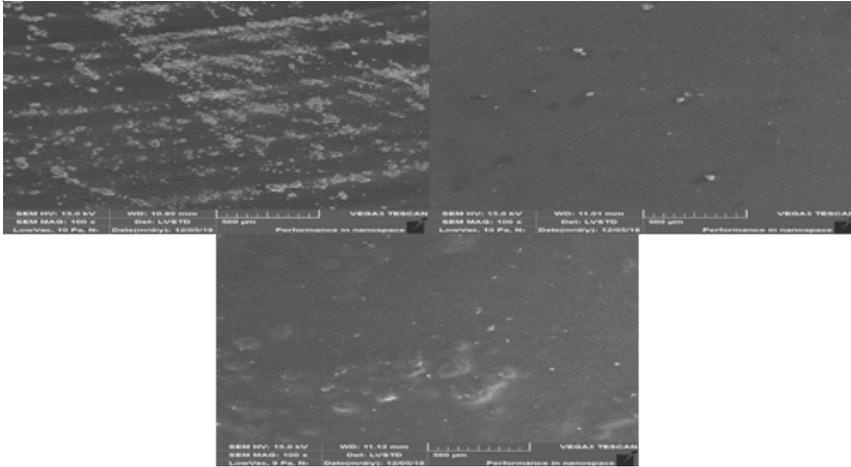
Gambar 1 menunjukkan kemiripan spektrum yang dihasilkan. Kemiripan ini menunjukkan bahwa sebagian besar gugus fungsional yang dimiliki oleh Cs juga dimiliki oleh bioplastik Cs dengan penambahan NaOH dan Cs-Ti. Penambahan NaOH yang berpengaruh pada pH bioplastik terlihat tidak berpengaruh secara signifikan pada spectrum FTIR karena keduanya memiliki gugus OH, hanya massa Cs yang terlalu sedikit dengan pH yang sama menyebabkan spectrum berada pada posisi terbawah dibandingkan yang lain. Hal ini dapat terjadi karena massa Cs yang terlalu sedikit menyebabkan Cs terhidrolisis dalam larutan basa.

Jika dua bahan dicampur (Cs dan  $\text{TiO}_2$ ), maka dapat terbentuk campuran fisik dan bahkan dapat terjadi interaksi kimia yang ditandai dengan perubahan karakteristik pada puncak spektrum hasil analisis bioplastik pada FTIR. Dibandingkan dengan CS murni, ikatan hydroxyl, amino dan gugus amida mengalami perubahan pada spektrum Cs-Ti. Perubahan ini menunjukkan adanya interaksi diantara CS dan nanopartikel  $\text{TiO}_2$ . Interaksi Cs dan  $\text{TiO}_2$  ditandai dengan terbentuknya ikatan Cs- $\text{TiO}_2$  pada range 450-950.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa spectrum Cs memiliki gugus fungsi O-H dan N-H memiliki puncak serapan pada panjang gelombang  $3419,79 \text{ cm}^{-1}$ , gugus C-H pada panjang gelombang  $2924,09 \text{ cm}^{-1}$ , gugus C=O pada panjang gelombang  $1616,35 \text{ cm}^{-1}$ , gugus C-O pada panjang gelombang  $1257,59 \text{ cm}^{-1}$ , dan gugus C-N pada panjang gelombang  $1039,63 \text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan spektrum Cs-Ti merupakan gabungan puncak-puncak gugus kitosan dan  $\text{TiO}_2$ . Hal ini menunjukkan adanya proses ikatan silang antara kitosan dan  $\text{TiO}_2$ . Gugus fungsi O-H tumpang tindih dengan N-H pada panjang gelombang  $3439,08 \text{ cm}^{-1}$ , gugus R-NH-R pada panjang gelombang  $1600,92 \text{ cm}^{-1}$ , gugus deformasi O-H pada panjang gelombang  $1442,75 \text{ cm}^{-1}$ , gugus deformasi Cs- $\text{TiO}_2$  pada panjang gelombang  $947,05 \text{ cm}^{-1}$ .

### **Analisa Scanning Electron Microscope (SEM)**

Analisa SEM bertujuan untuk mengetahui morfologi dan struktur mikroskopis permukaan bioplastik yang dihasilkan. Hasil analisa SEM dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Analisa SEM bioplastik (a) Cs (b) Cs-OH (c) Cs-0,1 Ti (d) Cs-0,2 Ti (e) Cs-0,3 Ti

Perbedaan morfologi bioplastik disajikan pada Gambar 2. Bioplastik dengan bahan Kitosan (a) menunjukkan morfologi yang homogen, halus dan terlihat bersih tanpa granula. Penambahan NaOH pada bioplastik (b) menunjukkan adanya warna gelap terang mengindikasikan adanya interaksi antara Cs dan NaOH sehingga mengubah sedikit morfologinya. Sementara penambahan  $\text{TiO}_2$  pada bioplastik Cs-OH membuat morfologi bioplastik memiliki sebaran granula tak beraturan yang menunjukkan adanya sebaran  $\text{TiO}_2$  dalam matriks. Mikrograf SEM dari bioplastik menunjukkan bentuk yang tak beraturan dari sebaran  $\text{TiO}_2$  dalam matriks.

Pada Gambar 2(c) menunjukkan permukaan bioplastik dengan sebaran granula dan nampak kurang sempurna. Ketidakteraturan permukaan bioplastik disebabkan adanya penambahan  $\text{TiO}_2$  dalam matriks kitosan. Namun, komposisi Cs-OH dengan penambahan 0,2gram  $\text{TiO}_2$  (gambar 2(d)) menunjukkan

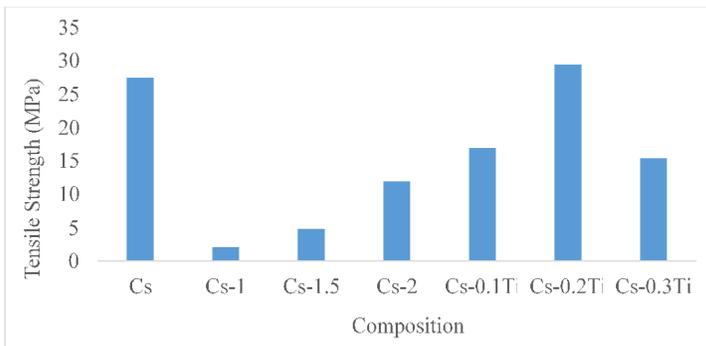
morfologi lebih homogen dibanding penambahan  $\text{TiO}_2$  lainnya. Sedangkan komposisi Cs-OH dengan penambahan 0,3gram  $\text{TiO}_2$  (gambar 2(e)) menunjukkan struktur morfologi yang kurang homogen.

### ***Analisa Tensile Strength dan Elongasi***

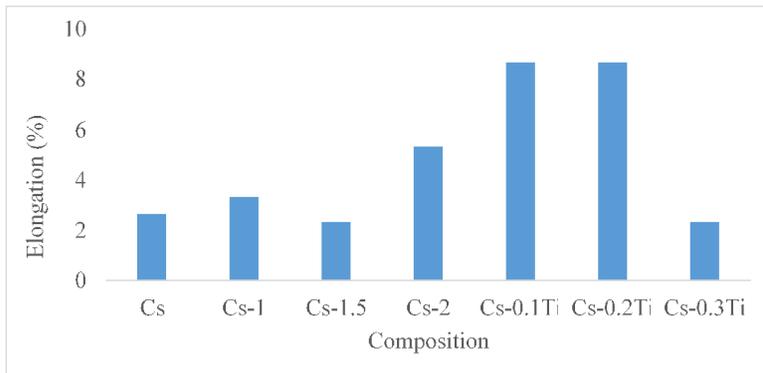
Salah satu sifat fisik yang cukup berpengaruh dalam pemanfaatan bioplastik adalah kekuatan mekaniknya, dalam hal ini adalah *Tensile Strength* (TS) dan elongasi (E). *Tensile strength* adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu<sup>[41]</sup>. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Adapun hasil pengujian TS dan E pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  pada nilai *Tensile Strength* dan Elongasi

No	Mixture	<i>Tensile Strength</i> (MPa)	Elongasi (%)
1	Cs	27.48	2.65
2	Cs-1	2.07	3.33
2	Cs-1.5	4.79	2.33
3	Cs-2	11.93	5.33
4	Cs-0.1 Ti	16.93	8.67
5	Cs-0.2 Ti	29.46	8.67
6	Cs-0.3 Ti	15.39	2.33



(a)



(b)

**Gambar 3.** (a) Hasil analisa *Tensile Strength* (b) Elongasi

Penambahan NaOH pada bioplastik menyebabkan menurunnya TS yang dihasilkan, namun hasil berbeda ditunjukkan apabila penambahan NaOH disertai dengan penambahan  $\text{TiO}_2$ . Pengaruh penambahan NaOH yang disertai penambahan  $\text{TiO}_2$  terhadap TS menunjukkan semakin tingginya TS bioplastik dan nilai TS tertinggi pada saat penambahan 0,2 gram  $\text{TiO}_2$  hingga pH 4. Penambahan  $\text{TiO}_2$  yang terlampaui banyak justru menyebabkan bioplastik menjadi semakin kaku dan nilai TS semakin kecil. Hal ini terjadi karena semakin tinggi penambahan  $\text{TiO}_2$  menyebabkan susunan kitosan yang semula homogen menjadi berubah susunan molekulnya menjadi tidak teratur.

Selanjutnya pengaruh penambahan NaOH pada nilai E yang dihasilkan menunjukkan hasil tertinggi saat 2 gram Cs ditambahkan NaOH hingga pH 4. Sedangkan pengaruh penambahan NaOH dan  $\text{TiO}_2$  mendapatkan nilai E tertinggi pada penambahan NaOH dengan  $\text{TiO}_2$  0,1 gram maupun 0,2 gram  $\text{TiO}_2$  dimana memiliki nilai E yang sama yakni mencapai 8,67%.

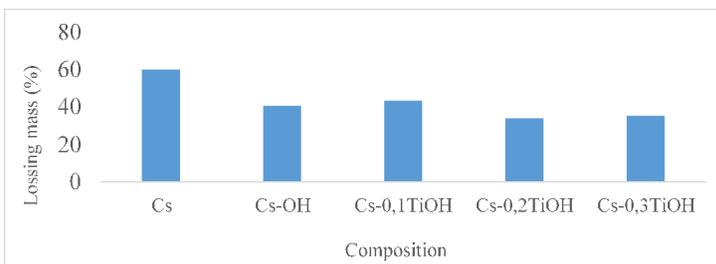
### **Analisa Biodegradasi**

Analisa biodegradasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan degradabilitas suatu polimer. Analisa dilakukan dengan cara menimbun sampel pada campuran tanah dan kompos. Penam-

bahan kompos bertujuan untuk mempercepat terurainya (terdegradasi) sampel bioplastik. Metode yang paling sederhana untuk mengkarakterisasi terjadinya biodegradasi suatu polimer adalah dengan cara menghitung kehilangan massa dan degradabilitas material polimer. Pada penelitian ini dilakukan uji biodegradasi dengan sampel berukuran 4 x 4 cm dan dilakukan penimbangan setiap minggunya. Data yang diperoleh berupa massa bioplastik seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan persentase kehilangan massa pada tabel 4.

**Tabel 3.** Hasil Pengamatan terhadap Penurunan Massa Bioplastik

Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan massa (%)
Cs	0.05	0.02	60
Cs-OH	0.061	0.0362	40.66
Cs-0.1 TiOH	0.1105	0.0625	43.44
Cs-0.2 TiOH	0.0788	0.0521	33.88
Cs-0.3 TiOH	0.0791	0.0511	35.39



**Gambar 4.** Hasil Analisa Biodegradasi Bioplastik

Tabel 3 menunjukkan semakin berkurangnya massa bioplastik dan kehilangan massa setelah dilakukan penimbunan selama 2 bulan. Secara visual hasil penguburan bioplastik mengalami perubahan, bioplastik hasil penguburan berwarna kecoklatan dan terlihat mengkerut bahkan tampak robek untuk bioplastik berbahan kitosan tanpa penambahan  $\text{TiO}_2$ . Hal ini jelas berbeda dengan kondisi awal bioplastik yang masih halus,

berwarna jernih untuk kitosan murni dan putih saat ditambahkan  $\text{TiO}_2$ , tidak mengkerut dan tidak robek. Tingkat biodegradasi plastik dapat dilihat dari presentase penurunan berat bahan bioplastik setelah dikubur selama periode tertentu.

Penambahan  $\text{TiO}_2$  terlihat tidak menghambat proses degradasi seperti yang terlihat dalam Gambar 4, penurunan massa tetap terjadi meskipun ada penambahan  $\text{TiO}_2$ . Penurunan massa terjadi dikarenakan komposisi bioplastik adalah bahan alam yang mudah dicerna oleh mikroba. Namun, penurunan massa cenderung lama dan sedikit seiring dengan semakin banyaknya komposisi  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan. Hal ini mengakibatkan persentase kehilangan massa semakin kecil dan menunjukkan bahwa bioplastik Cs-Ti membutuhkan waktu yang lama untuk dapat terdegradasi seluruhnya.

Aktivitas antibakteri dari bioplastik menjadi salah satu alasan lamanya bioplastik dapat terdegradasi. Hal ini disebabkan oleh proses biodegradasi yang melibatkan bakteri pengurai dan pembusuk, sedangkan bioplastik Cs-Ti memiliki sifat antibakteri yang efektif dalam membunuh mikroorganisme.

### **Analisa Sifat Antibakteri Bioplastik**

Fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  menunjukkan kemampuan dalam membunuh bakteri gram negatif dan bakteri gram positif, termasuk endospore, jamur, alga, protozoa dan virus. Analisa sifat antibakteri bioplastik menggunakan bakteri gram positif yakni *Staphylococcus aureus*. Hasil analisa sifat antibakteri bioplastik dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Analisa Uji Aktivitas Antibakteri

Sampel	Dengan Penyinaran UV		Tanpa Penyinaran	
	CFU (mL <sup>-1</sup> )	Survival Ratio (%)	CFU (mL <sup>-1</sup> )	Survival Ratio (%)
Kontrol	2,9 x 10 <sup>5</sup>	100	2,9 x 10 <sup>5</sup>	100
Cs	2 x 10 <sup>4</sup>	6,9	2 x 10 <sup>4</sup>	3,45
TiO <sub>2</sub>	0	0	0	0
Cs-0,1 Ti	0	0	0	0
Cs-0,2 Ti	0	0	0	0
Cs-0,3 Ti	0	0	0	0
Cs-0,4 Ti	0	0	0	0
Cs-0,5 Ti	0	0	0	0

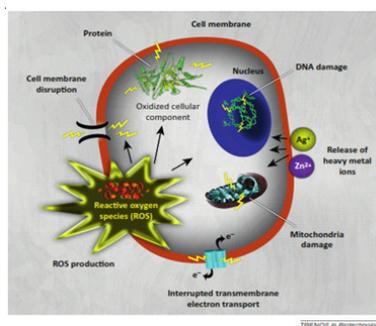
Bioplastik CS murni menunjukkan kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri terlihat dari penurunan yang terjadi pada Tabel 4, tetapi tidak dapat mengurangi bakteri *S. aureus* sampai nol. Salah satu sifat antimikroba CS adalah gugus amino bermuatan positif yang berinteraksi dengan membran sel mikroba bermuatan negatif, yang menyebabkan hancurnya protein dan konstituen intraseluler dari mikroorganisme. CS telah terbukti lebih efektif terhadap bakteri gram negatif daripada bakteri gram-positif.

Fotokatalisis TiO<sub>2</sub> terbukti efektif dalam membunuh bakteri *s.aureus* yang di tambahkan. Kelangsungan hidup bakteri *S. Aureus* secara signifikan terganggu karena adanya penambahan nanopartikel TiO<sub>2</sub>. Perhitungan CFU yang dilakukan setelah inkubasi 24 jam dibawah penyinaran UV maupun tanpa penyinaran UV telah menunjukkan hasil yang sama, yakni berhasil membunuh seluruh bakteri *S. Aureus* yang ditambahkan. Hasil yang diperoleh memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tsuang, *et al.*, (2008) dan Visurraga, *et al.*, (2010). Hal ini menunjukkan dengan atau tanpa penyinaran UV, nanopartikel TiO<sub>2</sub> dapat membunuh bakteri seluruhnya.

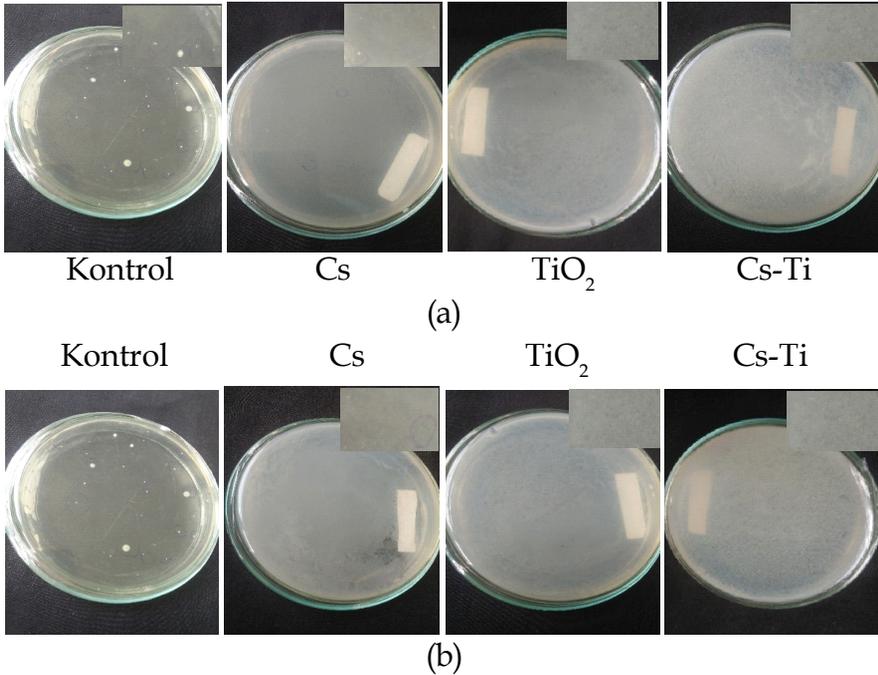
Penyebab dengan adanya pencahayaan UV dan kehadiran TiO<sub>2</sub> mampu membunuh bakteri seluruhnya adalah karena CS-

Ti bermuatan positif berinteraksi dengan membran bakteri lipid bermuatan negatif mempengaruhi permeabilitas sel, menghalangi pertumbuhan sel dan kelangsungan hidup sehingga menyebabkan kematian bakteri<sup>[5]</sup>. Organisme biologis dibunuh oleh berbagai spesies reaktif seperti hidroksil radikal, hidrogen peroksida, atau superoksida, yang dihasilkan pada proses fotokatalitik nanopartikel  $\text{TiO}_2$ . Saat nanopartikel  $\text{TiO}_2$  disinari dengan UV akan mengalami generasi elektron pada pita konduksi dan membentuk hole ( $h^+$ ) pada pita valensi. Interaksi *hole* dengan molekul air akan menghasilkan radikal hidroksil “OH. Radikal “OH merupakan zat pengoksidasi dari senyawa organik. Dari proses fotokatalisis ini dapat dibebaskan spesies radikal reaktif “OH dan “O<sub>2</sub> yang merupakan zat oksidatif kuat untuk mendegradasi senyawa organik dari komposisi dinding sel bakteri.

Saat tidak adanya penyinaran UV tapi tetap dilakukan penambahan  $\text{TiO}_2$  menunjukkan bahwa nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dapat membunuh bakteri seluruhnya, namun belum diketahui dengan jelas bagaimana mekanismenya. Wyda (2012) mengasumsikan mekanisme yang terjadi sama seperti pada Ag yang sama-sama memiliki aktivitas antibakteri karena Ag memiliki muatan positif yang dapat berinteraksi dengan muatan negatif pada bakteri. Sehingga tanpa penyinaran UV,  $\text{TiO}_2$  juga dapat bertindak sebagai antibakteri. Secara umum, skema mekanisme nanopartikel dalam membunuh bakteri dapat dilihat pada Gambar 5. Sedangkan representatif uji antibakteri dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 5.** Skema Mekanisme Nanopartikel dalam Membunuh Bakteri



**Gambar 6.** Representatif Uji Analisa Antibakteri (a) tanpa penyinaran UV  
(b) dengan penyinaran UV

Gambar 6 menunjukkan bahwa setelah inkubasi 24 jam, jumlah bakteri variabel kontrol terus mengalami penurunan. Pada petri dish Cs murni, bakteri hanya muncul beberapa koloni saja, bahkan sudah tidak terlihat adanya bakteri *S. aureus* pada petri dish  $\text{TiO}_2$  dan petri dish Cs-Ti pada semua variasi penambahan  $\text{TiO}_2$ . Adapun mekanisme proses fotokatalisis pada  $\text{TiO}_2$  secara umum adalah sebagai berikut:

Electron-Hole Pair Formation

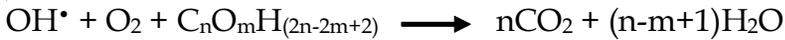


(conduction band electron and valence band hole)

Electron removal from the conduction band



### Oxidation of organic compounds



### Nonproductive Radical Reactions



## KESIMPULAN

Bioplastik dapat disintesis dengan campuran kitosan dan  $\text{TiO}_2$  dengan adanya interaksi antara matriks kitosan dan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  seperti terlihat pada hasil pengujian FTIR. Morfologi permukaan bioplastik kitosan- $\text{TiO}_2$  menunjukkan adanya sebaran granula yang mengindikasikan bahwa nanopartikel  $\text{TiO}_2$  berukuran 25 nm tersebar dalam matriks. *Tensile strength* dan elongasi menurun seiring penambahan nanopartikel  $\text{TiO}_2$ , penambahan 0,1 gr  $\text{TiO}_2$  menunjukkan hasil yang lebih baik dibanding variasi penambahan  $\text{TiO}_2$  lainnya. Bioplastik kitosan- $\text{TiO}_2$  terbukti secara efektif membunuh bakteri *Staphylococcus aureus* seluruhnya dengan atau tanpa pencahayaan UV. Bioplastik dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  menjadi sulit terdegradasi dibanding bioplastik berbahan kitosan saja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrulia, Wyda. 2012. *Uji Aktivitas Antibakteri Kitosan-TiO2 pada Tekstil Terhadap Eschericia Coli*.
- Askeland., D. R. 1985. *The Science and Engineering of Material*. Alternate Edition, PWS Engineering, Boston, USA.
- Avella, M., De Vlieger, J. J., Errico, M. E., Fischer, S, Vacca, P. & Volpe, M. G. 2005. *Biodegradable Starch/Clay Nanocomposite Films for Food Packaging Applications*. Food Chemistry, 93(3): 467-74.

- Azeredo, H.M.C.D., 2009. *Nanocomposites for Food Packaging Applications*. Food Research International 42, 1240-1253.
- Azeredo, H.M.C.D., Mattoso, L.H.C. and McHugh, T.H., 2011. *Nanocomposites in Food Packaging – A Review*.
- Bourtoom, T. 2008. *Edible Film and Coatings; Characteristics and Properties*, Int. Food Res. J., 15 (3), 1-12.
- Cai, R., Kubota, Y., Shuin, T., Sakai, H., Hashimoto, K., Fujishima, A. 1992. *Induction of Cytotoxicity by Photo Excited TiO<sub>2</sub> Particles*. Cancer Res. 52, 2346-2348.
- Cárdenas, G., Diaz V, J., Meléndrez, M. F., & Cruzat C, C. 2008. *Physicochemical Properties of Edible Films From Chitosan Composites Obtained by Microwave Heating*. Polymer Bulletin 61, 737-748.
- Casariogo, A., Souza, B. W.S., Cerqueira, M.A., Teixeira, J. A., Cruz, L., Diaz, R., & Vicente, A. A. 2009. *Chitosan/Clay Films Properties as Affected by Biopolymer and Clay Micro/Nanoparticles" Concentrations*. Food Hydrocolloids, 23, 1895-1902.
- Castillo, L. A., López, O. V., Ghilardi, J., Villar, M. A., Barbosa, S. E. & García, M. A. 2015. *Thermoplastic Starch/Talc Bionanocomposites. Influence of Particle Morphology on Final Properties*. Food Hydrocolloids, Vol. 51, 432-440.
- Chawengkijwanich, Chamorn dan Hayata, Yasuyoshi. 2008. *Development of TiO<sub>2</sub> Powder-coated Food Packaging Film and Its Ability to Inactivate Escherichia Coli in Vitro and in Actual Test*. International Journal of Food Microbiology 123, 288-292.
- Cheng, Y. K., Yeang, Q. W., Mohamed, A. R. & Tan, S. H. 2014. *Study on Reusability of Multiwalled Carbon Nanotubes in Biodegradable Chitosan Nanocomposites*. Polym. Plast. Technol. Eng., 53, 1236-1250.
- Cohen, S. M., Murasaki, G., Fukushima, S. and Greenfield, R. E. 1982. *Effect of Regenerative Hyperplasia on The Urinary Bladder: Carcinogenicity of Sodium Saccharin and N-[4-(5-Nitro-2-furyl)-2-tiazolyl] formamide*. Cancer Research 42: 65-71.
- Damara. 2011. *Bahaya Bahan Plastik*. Mojokerto: Pusat Pendidikan Lingkungan Hidup.

- Dar, Hamid Y., S. Chaturvedi, K. Srivastava, Z. Azam, R. Anupam, R. K. Mondal, G. B. Tomar, A. K. Singh, P. K. Mishra and R. K. Srivastavia. 2017. *Immunomodulatory Effect of Food Additives - Review Article*. International Journal of Immunotherapy and Cancer Research 3(2): 019-031.
- Fox, M.A., Dulay, M.T. 1993. *Heterogeneous Photocatalysis*. Chem. Rev. 93, 341-357.
- Gautam, R. B. dan Kumar, Satish. 2015. *Developments in Nanoparticle Embedded Biodegradable Polymers for Packaging and Storage of Fruits and Vegetables*. Journal of Food Research and Technology, 3(2): 43-61.
- Ghanbarzadeh, B., Oleyaei, S.A. & Almasi, Hadi. 2014. *Nano-Structured Materials Utilized in Biopolymer based Plastics for Food Packaging Applications*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition.
- Goudarzi, V., Ghahfarrokhi, I. S. dan Qazvini, A. B. 2016. *Preparation of Ecofriendly UV-Protective Food Packaging Material by Starch/TiO<sub>2</sub> Bio-nanocomposite: Characterization*. International Journal of Biological Macromolecules.
- Gumiero, M., Donatella P., Andrea P., Alessandro S., Lucilla L., Giuseppe C. dan Rosanna T. 2012. *Effect of TiO<sub>2</sub> Photocatalytic Activity in a HDPE-based Food Packaging on the Structural and Microbiological Stability of a Short-ripened Cheese*. Food Chemistry.
- Hajipour, M.J., Fromm, K.M., Ashkarran, A.A., Aberasturi, D.J., Larramendi, I.R., Rojo, T., Serpooshan, V., Parak, W.J. & Mahmoudi, M. 2012. *Antibacterial Properties of Nanoparticles*. Trends In Biotechnology Vol 30 (10).
- Haldorai, Yuvaraj dan Jae-Jin Shim. 2014. *Novel Chitosan-TiO<sub>2</sub> Nanohybrid: Preparation, Characterization, Antibacterial, and Photocatalytic Properties*. Polymer Composites.
- Huang, Z., Maness, P. C., Blake, D.M., Wolfrum, E. J., Smolinski, S. L. & Jacoby, W. A. 2000. *Bactericidal Mode of Titanium dioxide Photocatalysis*. J Photochem Photobiol A Chem, 130: 163-70.

- I. Shahabi-Ghahfarrokhi, F. Khodaiyan, M. Mousavi, H. Yousefi. 2015. *Preparation of UV-Protective Kefiran/nano-ZnO Nanocomposites: Physical and Mechanical Properties*. International journal of biological macromolecules 72: 41-46.
- Kanmani, P., Rhim, J.-W., 2014. *Properties and Characterization of Bionanocomposite Film Prepared with Various Biopolymers and ZnO Nanoparticles Carbohydrate Polymers*. Food Hydrocolloids 106: 190-199.
- Kolaei, M. H., Khodaiyan, F., Pourahmad, R. & Ghahfarrokhi, I. S. 2016. *Development of Ecofriendly Bionanocomposite: Whey Protein Isolate/Pullulan Films with Nano-SiO<sub>2</sub>*. International Journal of Biological Macromolecules 86: 139-144.
- Legaesse A., Muluken A and Getasew, A. 2015. *A Survey on Awareness of Consumers About Health Problems of Food Additives in Packaged Foods and Their Attitude Toward Consumption of Packaged Foods: A Case Study at Jimma University*. International Food Research Journal 23(1): 35-380.
- Lei, T. ; Guo, Y. ; Wang, Y. ; Ning, D. ; Luo, X., 2014. *Effects of Pectinase in Meal Type Diets on Ileal Amino Acid Digestibility and Metabolizable Energy of Broilers*. Chinese J. Anim. Nutr., 26 (2): 453-465.
- Maghfiroh, Sumarni, Woro., dan Susatyo, Eko B. 2013. *Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Kitosan Termodifikasi PVA dan Sorbitol*. Indonesian Journal of Chemical Science. 2 (1).
- Mallakpour, S. dan Madani, M. 2015. *Effect of Functionalized TiO<sub>2</sub> on Mechanical, Thermal and Swelling Properties of Chitosan-Based Nanocomposite Films*. Polymer-Plastics Technology and Engineering.
- Matsunaga, T., Tomoda, R., Nakajima, T., Wake, H. 1985. *Photoelectrochemical Sterilization of Microbial Cells By Semiconductor Powders*. FEMS Mikrobiol Lett 29(1-2): 211-214.

- Mazin C., Thanshif, A., Anandapadmanabhan, Ashfaq, Mujeeb, A., dan Lobo, A. G. 2015. *Study on the Effect of Nano TiO<sub>2</sub> on Mechanical Properties of Chitosan*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering.
- Muhammad Nur Iman Bin Amir. 2016. *Chitosan-Titanium Dioxide (Cs-TiO<sub>2</sub>) Catalyst Synthesized on Glass Substrate For Photodegradation*.
- Paspaltsis, I., Kotta, K., Lagoudaki, R., Grigoriadis, N., Poulis I. & Sklaviadis T. 2006. *Titanium dioxide Photocatalytic Inactivation of Prions*. J Gen Virol 87 (10) : 3125-3130.
- Nishiyama, M., Hosokawa, J., Yoshihara, K., Kubo, T., Kabeya, H., Endo, T. dan Kitagawa, R. 2015. *Biodegradable Plastics Derived from Cellulose Fiber and Chitosan*. Shikoku National Industrial Research Institute, 2217-14 Hayashi-cho, Takamatu, 761-03 Japan.
- Othman, S. H. 2014. *Bio-nanocomposite Materials for Food Packaging Applications: Types of Biopolymer and Nano-sized Filler*. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2: 296 – 303.
- Rafieian, F., Shahedi, M., Keramat, J., 2014. *Thermomechanical and Morphological Properties of Nanocomposites Films from Wheat Gluten Matrix and Cellulose Nanofibrils*. Journal of Food Science 79, N100-N107.
- Rhim, J. W., Park, H.M., & Hac, C. S. 2013. *“Bio-nanocomposites for Food Packaging Applications”*. Progress in Polymer Science, 38, 1629-1652.
- Piermaria, J., A. Bosch, A. Pinotti, O. Yantorno, M.A. Garcia and A.G. Abraham. 2011. *Kefiran Films Plasticized with Sugars and Polyols: Water Vapor Barrier and Mechanical Properties In Relation to Their Microstructure Analyzed by ATR/FT-IR Spectroscopy*. Food Hydrocolloids 25(5), 1261-1269.
- Polonio, M. L. and Peres, F. 2009. *Food Additives Intake and Health Effects: Public Health Challenges In Brazil*. Cad Sade Publica 25: 1653-1666.

- Reddy, N. dan Yang, Y. 2010. *Citric Acid Cross-linking of Starch Films*. Food Chemistry 118(3): 702711.
- Srinivasa, P. C. dan Tharanathan, R. N. 2007. *Chitin/Chitosan – Safe, Ecofriendly Packaging Materials with Multiple Potential Uses*. Department of Biochemistry and Nutrition, Central Food Technological Research Institute, Mysore, India.
- Tsuang, Y.H., Sun, J.S., Huang, Y.C., Lu, C.H., Chang, W.H.S. & Wang, C.C. 2008. *Studies of Photokilling of Bacteria Using Titanium Dioxide Nanoparticles*. Artif Organs Vol. 32 (2).
- Visurraga, J. D., Meléndrez, M. F., García, A., Paulraj, M. & Cárdenas, G. 2010. *Semitransparent Chitosan-TiO<sub>2</sub> Nanotubes Composite Film for Food Package Applications*. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 116, 3503-3515.
- Wihodo, M and C.I. Moraru. 2013. *Physical and Chemical Methods Used to Enhance The Structure and Mechanical Properties of Protein Films: A Review*. Journal of Food Engineering 114 (3): 292-302.
- Wang Hong-jiang, Sun Cheng & Huang Li-qiang. 2010. *Preparation and Properties of Whey Protein Packaging Film*.
- Wróblewska, Barbara. 2009. *Influence of Food Additives and Contaminants (Nickel and Chromium) on Hypersensitivity and Other Adverse Health Reactions – A Review*. Polish Journal of Food and Nutrition Science 59(4): 287-294.
- Zheng, L. Y., Zhu, J. F. 2003. *Carbohydrate Polymer*. 54, 527.
- Zhou, J. J., Wang, S. Y. & Gunasekaran, S. 2009. *Preparation and Characterization of Whey Protein Film Incorporated with TiO<sub>2</sub> Nanoparticles*. Journal of Food Science, Vol. 74 (7).
- Zolfi, M., Khodaiyan, F., Mousavi, M. & Hashemi, M. 2014. *Development and Characterization of the Keran-Whey Protein Isolate-TiO<sub>2</sub> Nanocomposite Films*. International Journal of Biological Macromolecules.

## PROFIL PENULIS



**Nama** : Yus Rama Denny M., S.Si., M.Si., Ph.D.  
**Fakultas** : Ilmu Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
**Program Studi** : Pendidikan Fisika  
**Institusi** : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
**Email** : yusramadenny@gmail.com



**Nama** : Dr. Ririn Irnawati, S.Pi., M.Si.  
**Fakultas** : Pertanian  
**Program Studi** : Perikanan  
**Institusi** : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
**Email** : ririn.irnawati@untirta.ac.id



**Nama** : Achmad Noerkhaerin Putra, S.Pi., M.Si.  
**Fakultas** : Pertanian  
**Program Studi** : Perikanan  
**Institusi** : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
**Email** : putra.achmadnp@untirta.ac.id



**Nama** : Dr. Indar Kustiningsih, S.T., M.T.  
**Fakultas** : Teknik  
**Program Studi** : Teknik Kimia  
**Instansi** : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
**Email** : indarkustiningsih@yahoo.com