

BUDIDAYA BERBASIS MIKROBA UNTUK AKUAKULTUR BERKELANJUTAN



ORASI ILMIAH GURU BESAR IPB

Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si
Guru Besar Tetap Fakultas Perikanan dan
Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

Gedung Andi Hakim Nasoetion IPB
24 Februari 2018

C-FPIK



AKUAKULTUR

Pangan



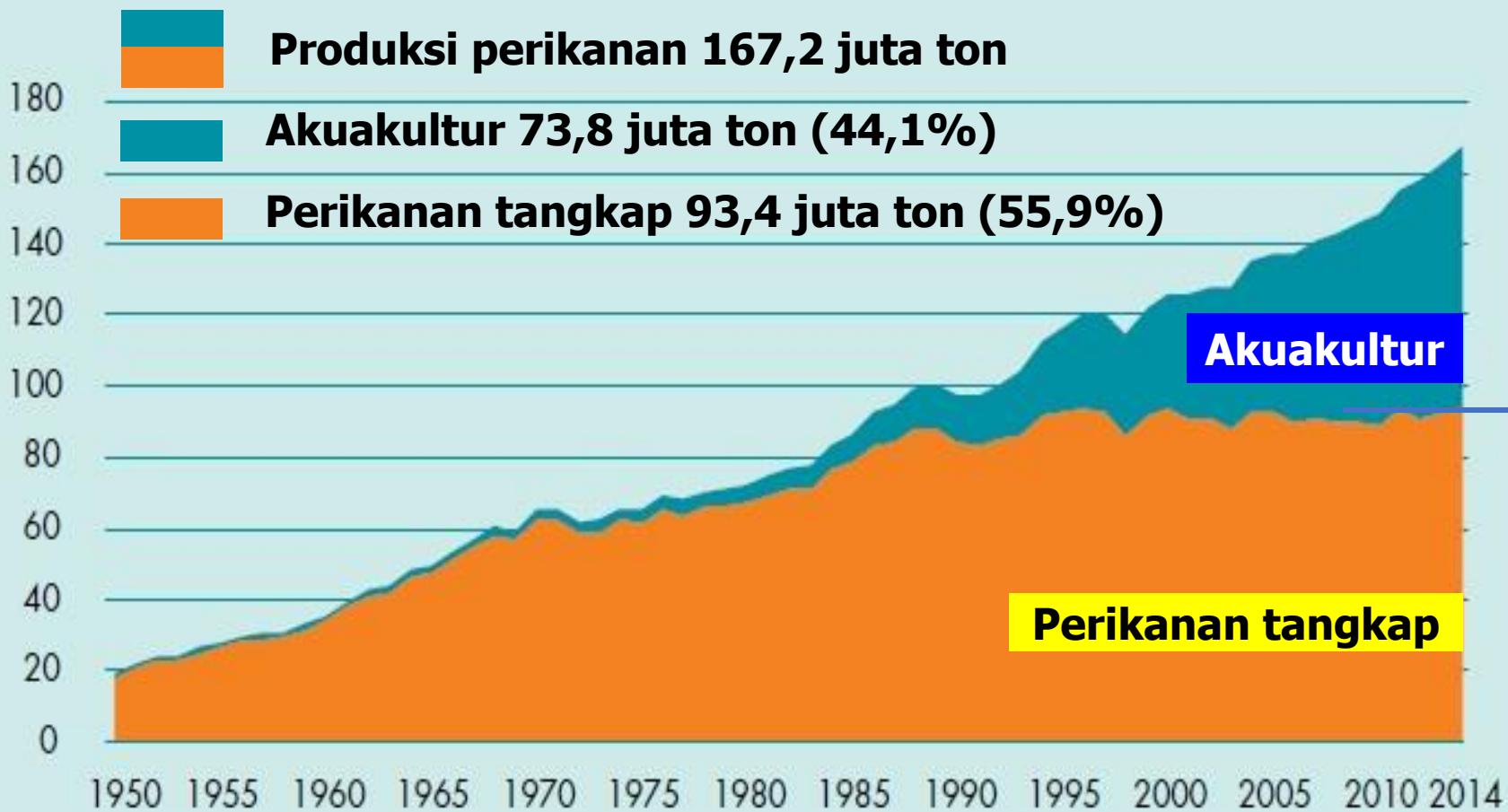
Sumber Protein Hewani



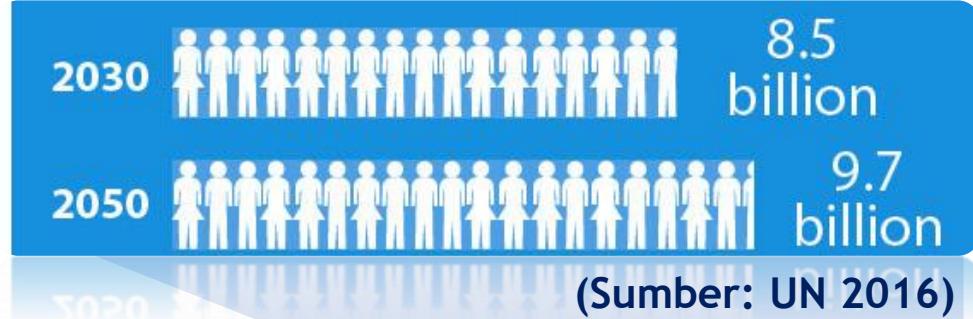
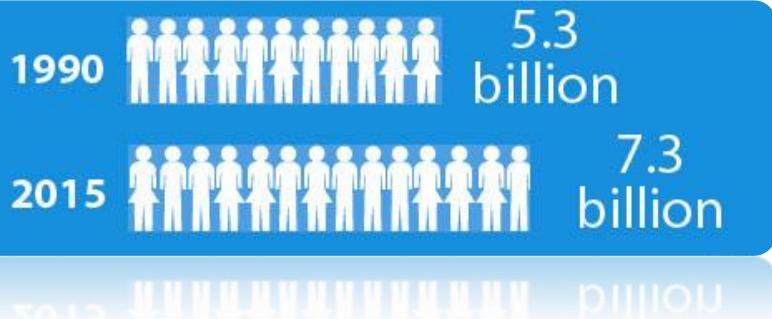
Non-Pangan

- Bahan baku industri
- Ikan hias
- Ikan umpan
- Rekreasi
- Restoking

WORLD CAPTURE FISHERIES AND AQUACULTURE PRODUCTION (Sumber: FAO 2016)



Beberapa tahun kedepan produksi akuakultur dunia yang terus tumbuh secara eksponensial, diperkirakan akan mendominasi produksi perikanan dunia.



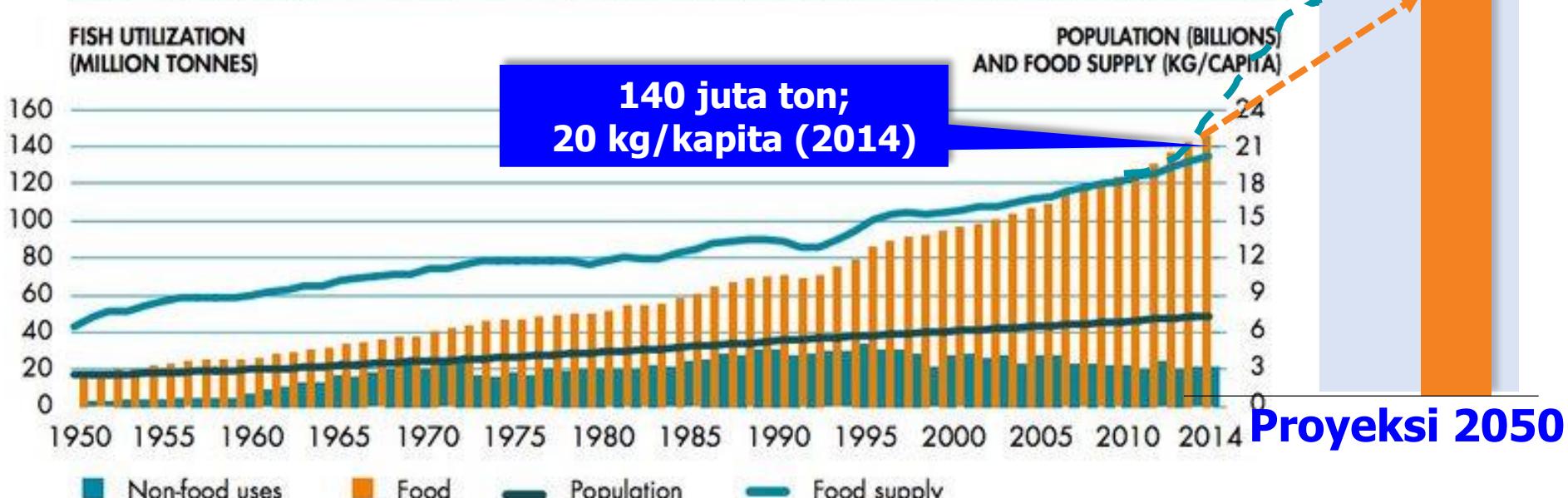
(Sumber: UN 2016)

Pada tahun 2050 dibutuhkan dua kali lipat jumlah produksi pada 2014.

35 kg/kapita

339,5 juta ton

WORLD FISH UTILIZATION AND SUPPLY



(Sumber: FAO 2016, diolah)

Sifat Produksi Akuakultur

- Terkontrol
- Banyak pilihan teknologi
- Skala dan intensitas usaha bervariasi
- Pilihan lokasi (perairan tawar, payau, dan laut)
- Pilihan komoditas akuakultur beragam



Kolam Air Deras



Tambak



Offshore



Ikan Nila



Udang Vaname



Abalon



Teripang

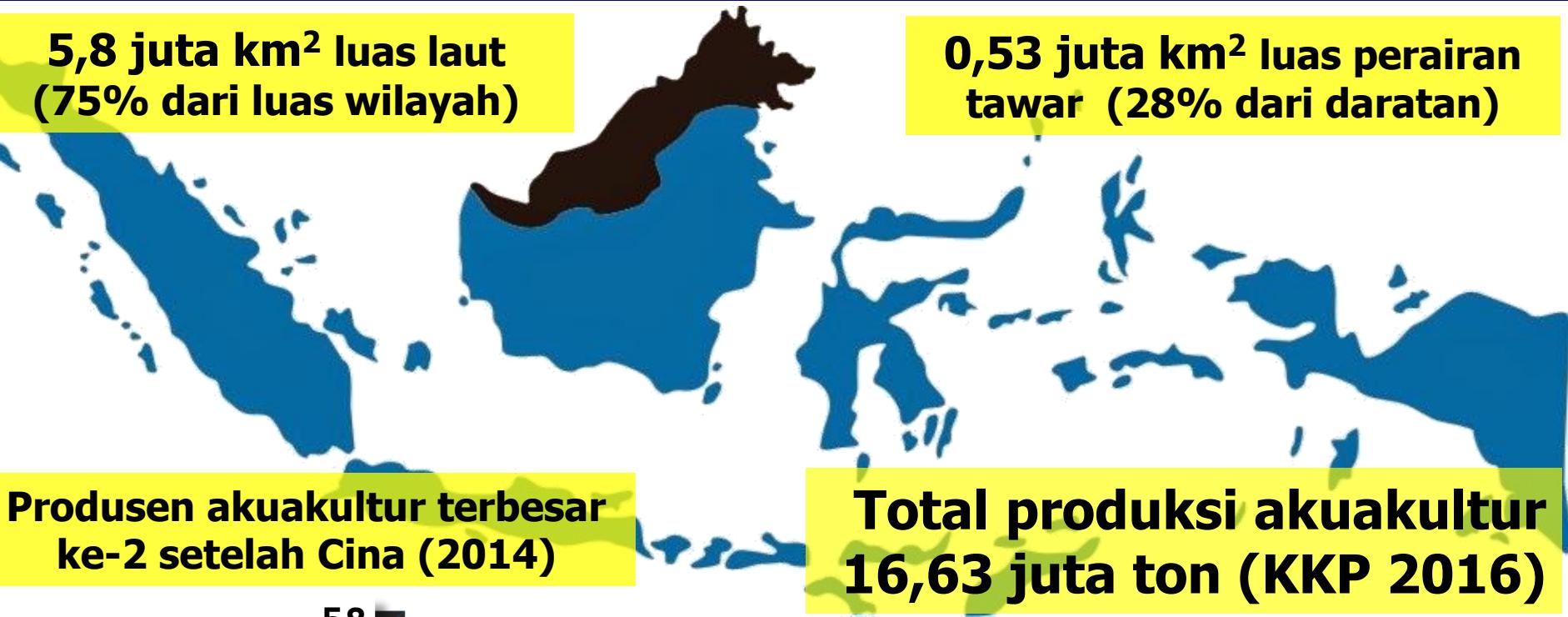


Rumput Laut

Potensi Akuakultur di Indonesia

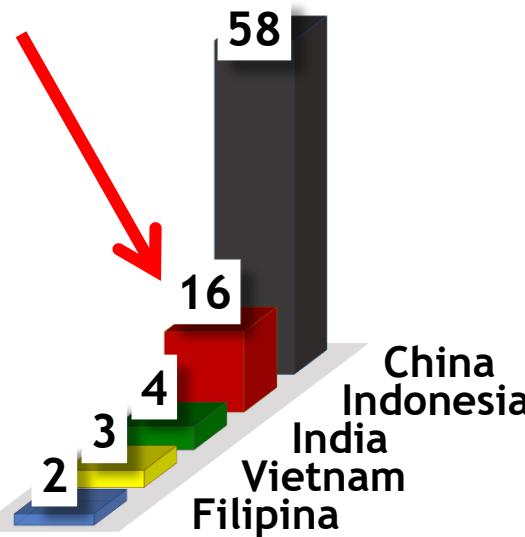
5,8 juta km² luas laut
(75% dari luas wilayah)

0,53 juta km² luas perairan tawar (28% dari daratan)



Produsen akuakultur terbesar ke-2 setelah Cina (2014)

Total produksi akuakultur 16,63 juta ton (KKP 2016)





AKUAKULTUR BERKELANJUTAN

Teknik Produksi
yang Efisien dan
Efektif

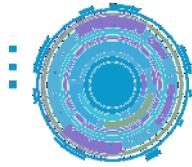
Pemanfaatan
dan Pelestarian
Sumberdaya

Perlindungan
terhadap limbah
eksternal & internal



Tidak merusak lingkungan, sesuai secara teknologi,
layak secara ekonomi, dan diterima secara sosial.

TANTANGAN AKUAKULTUR



Teknologi



SDM



Pasar



Legalitas



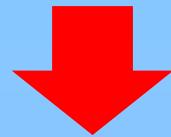
Lingkungan



Wabah Penyakit



Penyediaan pakan & benih berkualitas



Limbah
eksternal &
internal



Kehilangan produksi akuakultur global akibat serangan penyakit US\$ 6 miliar per tahun



Penyakit infeksi



Kehilangan 40% dari total produksi aquakultur global

(Stentiford *et al.* 2017)



Peran mikroba dalam akuakultur

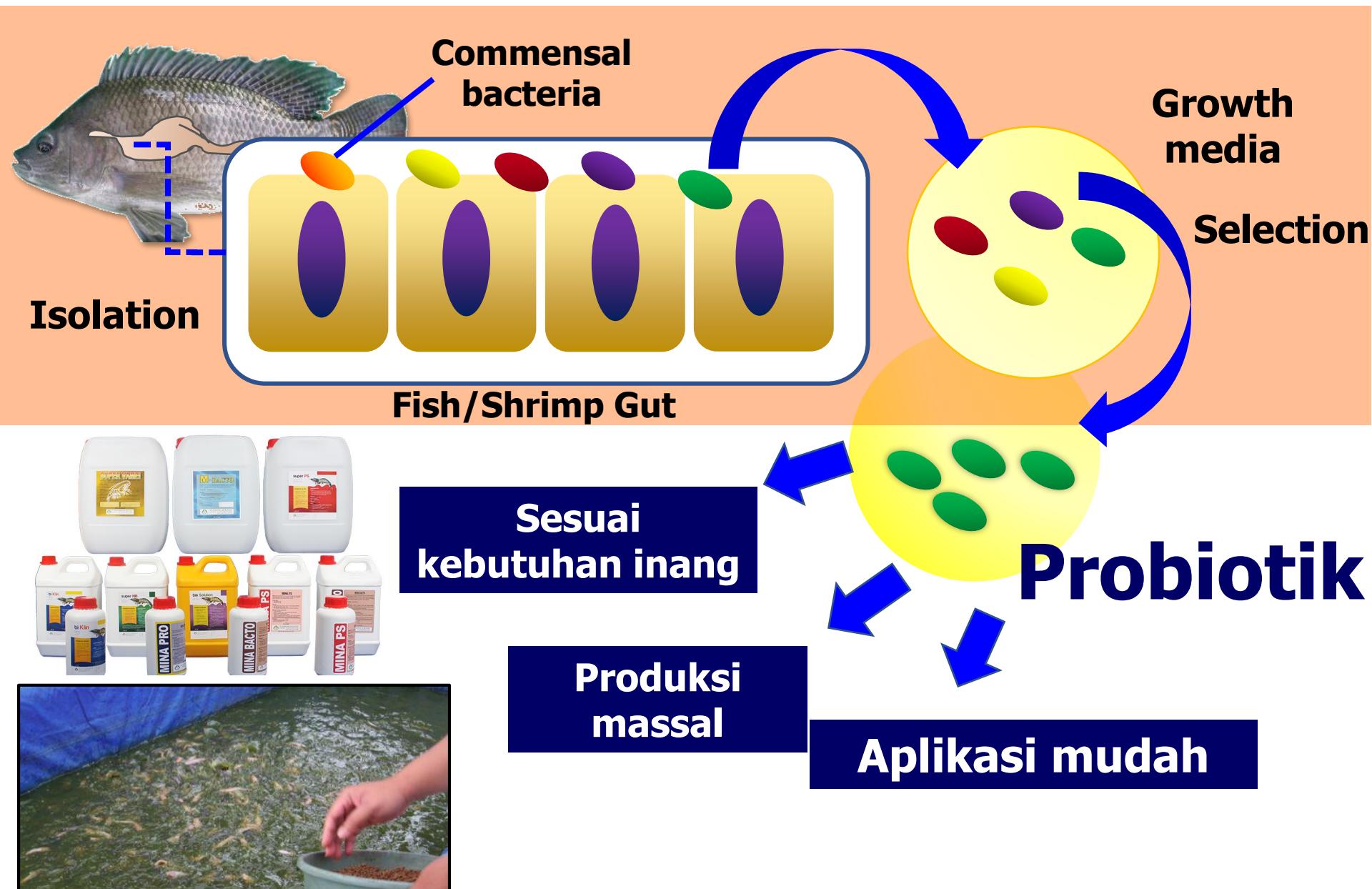


Dukungan Mikroba untuk Akuakultur Berkelanjutan Dapat Dicapai dengan:

- 1 Mengeksplorasi mikroba sebagai biokontrol patogen dan stimulan sistem imunitas**
- 2 Memanfaatkan mikroba sebagai promotor pertumbuhan**
- 3 Menggali potensi mikroba untuk meningkatkan performa reproduksi ikan dan udang**
- 4 Memanfaatkan mikroba untuk memperbaiki kualitas lingkungan budidaya**



Pemanfaatan mikroba sebagai probiotik



Definisi Probiotik

Mikroba hidup yang ditambahkan dan memberikan pengaruh menguntungkan bagi inangnya:

- 1. Memodifikasi komunitas mikroba**
- 2. Menghambat pertumbuhan bakteri patogen**
- 3. Memperbaiki nilai nutrisi pakan**
- 4. Memperbaiki kualitas lingkungan**
- 5. Meningkatkan respons imun**

Definisi Prebiotik

Bahan pangan yang tidak dapat dicerna inang tetapi memberikan efek menguntungkan bagi inangnya dengan cara merangsang pertumbuhan dan aktivitas sejumlah bakteri tertentu di usus sehingga meningkatkan kesehatan inang (Cerezuela *et al.* 2011)

Gibson *et al.* 2004

- 1 Resistan terhadap asam lambung, enzim-enzim pencernaan inang dan penyerapan gastrointestinal**
- 2 Mampu difermentasi oleh mikrobiota usus**
- 3 Secara selektif memodulasi pertumbuhan dan atau aktivitas bakteri menguntungkan**
- 4 Memberikan manfaat pada inang**

- Fructooligosaccharides (FOS)*
- Mannanoligosaccharides (MOS)*
- Galactooligosaccharides (GOS)*
- Arabino-xylooligosaccharides (XOS)*
- Isomaltooligosaccharides (ISO)*
- Short-chain fructooligosaccharides (scFOS)*
- Inulin

Probiotik + Prebiotik



Sinbiotik

Budidaya Berbasis Mikroba



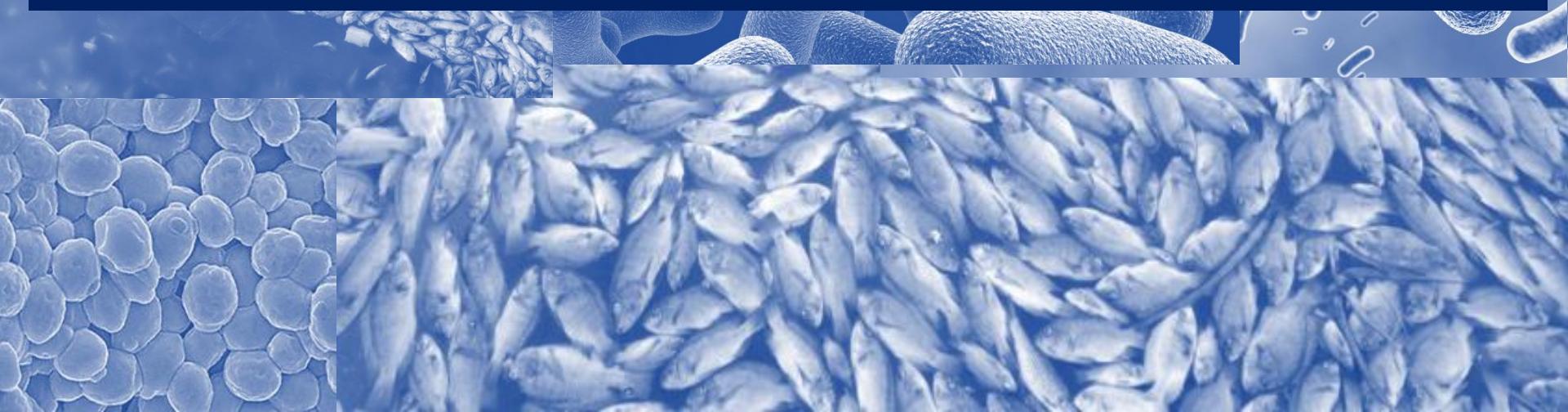
Modulasi Peran Mikroba dalam
Akuakultur dengan Probiotik
dan Prebiotik



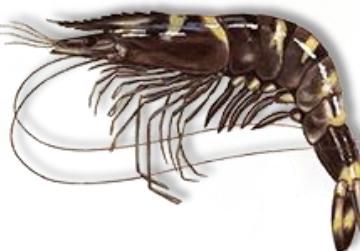
Akuakultur Berkelanjutan



Peran Probiotik dan Prebiotik dalam Pengendalian Penyakit



Aplikasi probiotik untuk pengendalian infeksi patogen pada berbagai komoditas akuakultur



Udang windu
Penaeus monodon

Meningkatkan kelangsungan hidup 31,7-36,7% pasca infeksi *V. harveyi*

Widanarni *et al.* (2008)



Kerapu macan
Epinephelus fuscoguttatus

Meningkatkan kelangsungan hidup 3,3-30% pasca infeksi *Vibrio*

Ilmiah *et al.* (2013)



Ikan lele
Clarias gariepinus

Meningkatkan kelangsungan hidup 25-52,3% pasca infeksi *Aeromonas hydrophila*

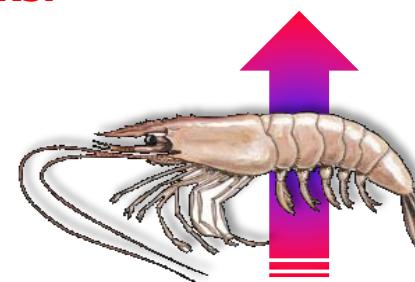
Ulkaq *et al.* (2014) dan Lusiastuti *et al.* (2016)



Ikan Nila
Oreochromis niloticus

Meningkatkan kelangsungan hidup 12,5-37,5% pasca infeksi *Streptococcus agalactiae*

(Utami *et al.* 2015)

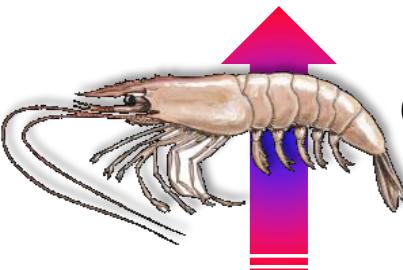


Udang vaname
Litopenaeus vanamei

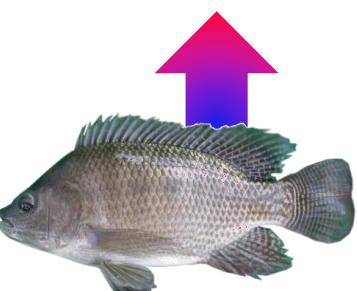
Meningkatkan kelangsungan hidup 13,3-36,7% pasca infeksi IMNV

(Widanarni *et al.* 2014)

Potensi probiotik untuk mencegah kehilangan produksi akibat serangan penyakit

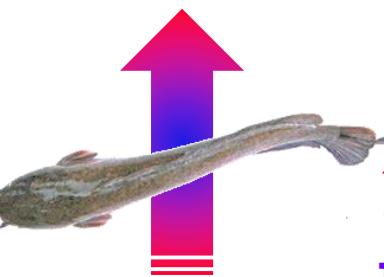


Meningkatkan kelangsungan hidup
13,30-36,7 % pasca infeksi IMNV
(Widanarni *et al.* 2014)



Meningkatkan kelangsungan hidup
25,0-52,3 % pasca infeksi
Streptococcus agalactiae
(Utami *et al.* 2015)

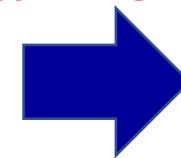
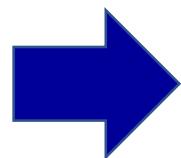
Kehilangan produksi yang dapat dihindari senilai
Rp 3,4-9,5 T*



Meningkatkan kelangsungan hidup
12,5-37,5% pasca infeksi
Aeromonas hydrophila
(Ulkhaq *et al.* 2014)

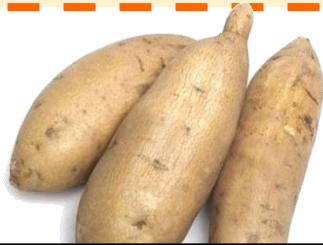
Kehilangan produksi yang dapat dihindari senilai
Rp 2,3-6,9 T*

Ikan lele
Clarias gariepinus



* Dihitung berdasarkan data produksi tahun 2014 (DJPB 2016)

Prebiotik untuk meningkatkan peran probiotik



Prebiotik dari **ekstrak ubi jalar**

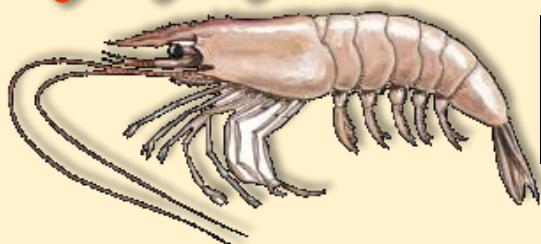
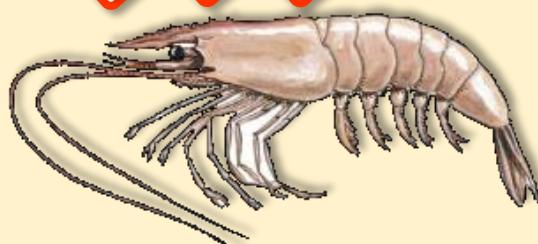
Inulin

FOS

GOS



Resistansi terhadap infeksi *Aeromonas hydrophila* meningkat



Zubaidah *et al.* 2015

Infeksi bakteri *V. harveyi*



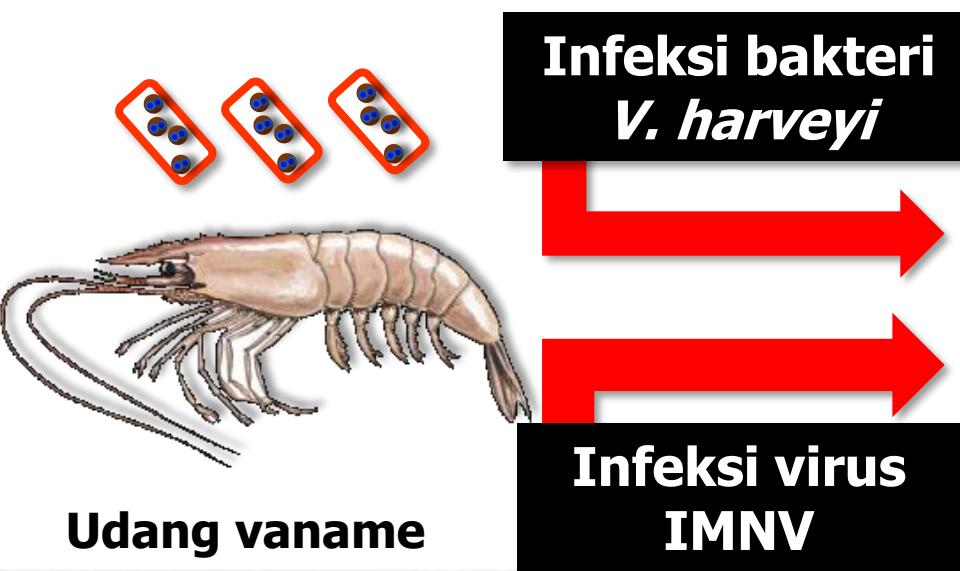
Infeksi virus WSSV

Febranti *et al.* 2016

Aplikasi Mikrokapsul Sinbiotik

- **Kelimpahan bakteri di usus**
- **Kinerja pertumbuhan**
- **Respons imun (total haemocyte count, respiratory burst, phenoloxidase, differential haemocyte)**
- **Resistansi yang lebih baik**

Aplikasi sinbiotik untuk pengendalian ko-infeksi *V. harveyi* & IMNV

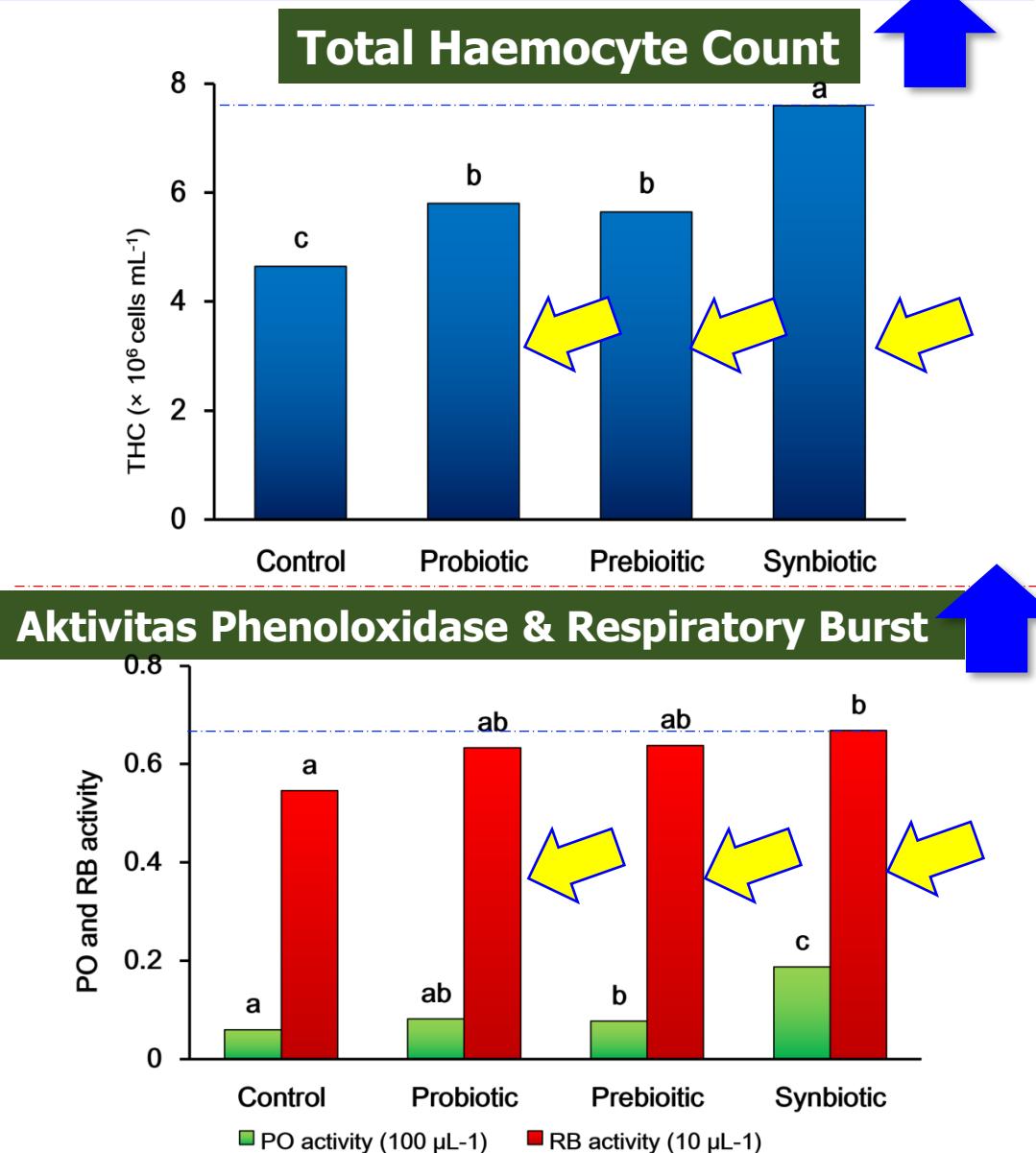
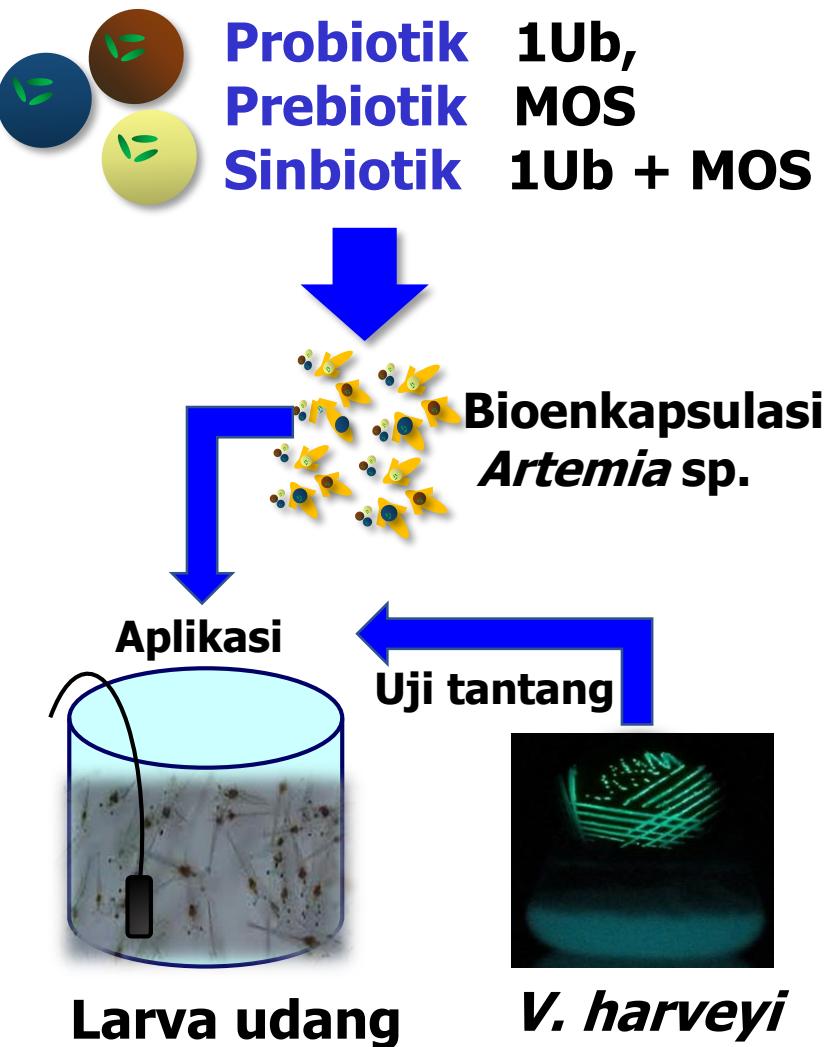


- **Kinerja pertumbuhan lebih baik** (Konversi pakan turun dari 1,7 menjadi 1,1 - 1,4)
- **Respons imun lebih baik**
- **Resistansi lebih baik** (Kelangsungan hidup meningkat 36 - 53%)



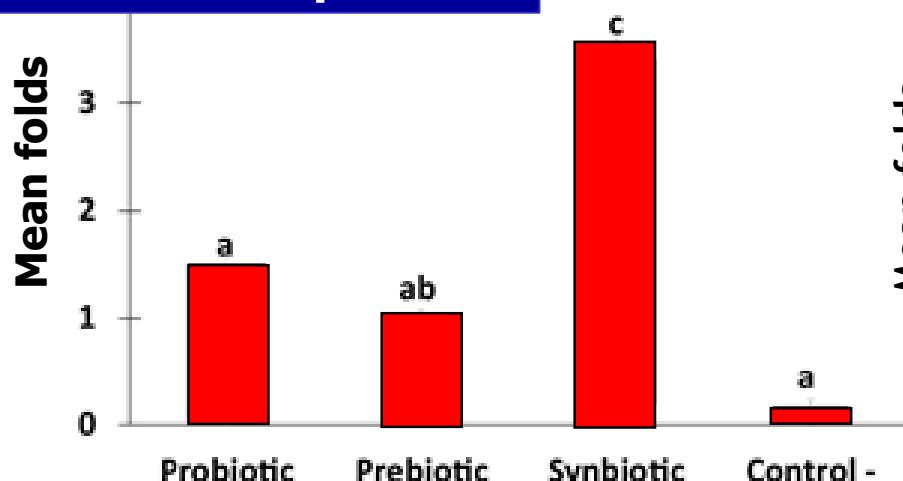
Paten No
IDP000040882
tahun 2016

Aplikasi probiotik, prebiotik & sinbiotik untuk pengendalian vibriosis pada larva udang

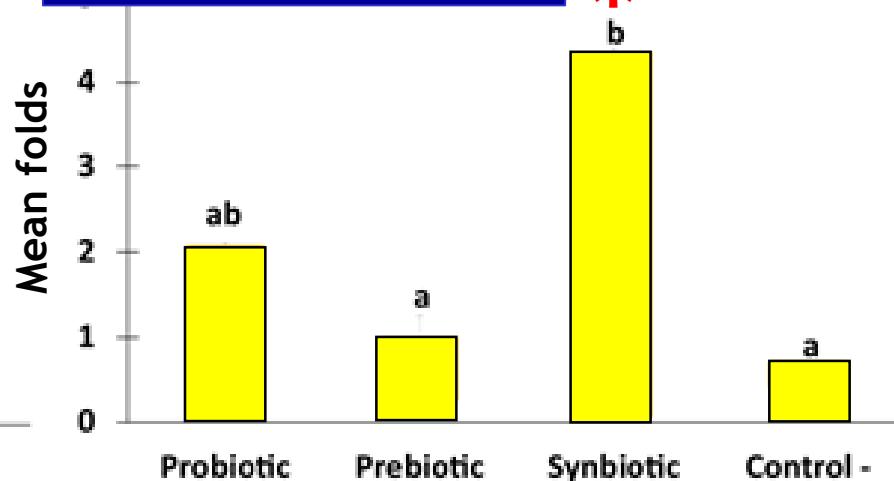


Probiotik, prebiotik & sinbiotik meningkatkan ekspresi gen imunitas larva udang

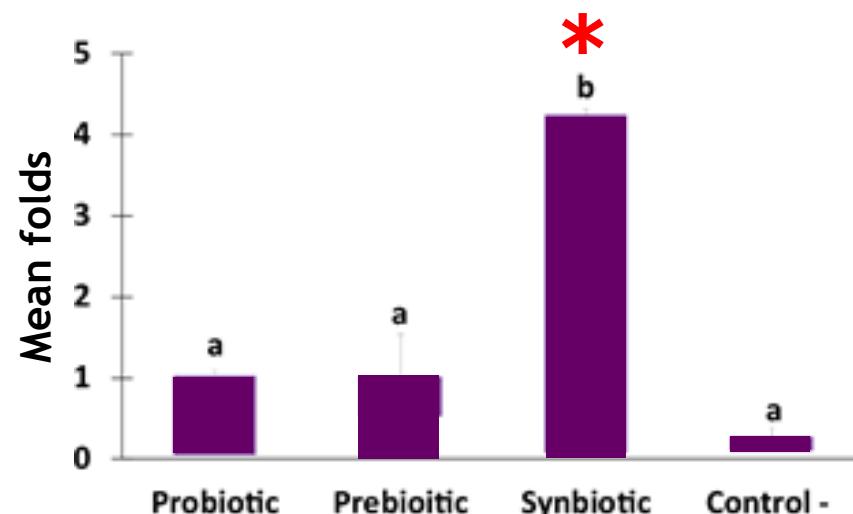
Gen Serine protein



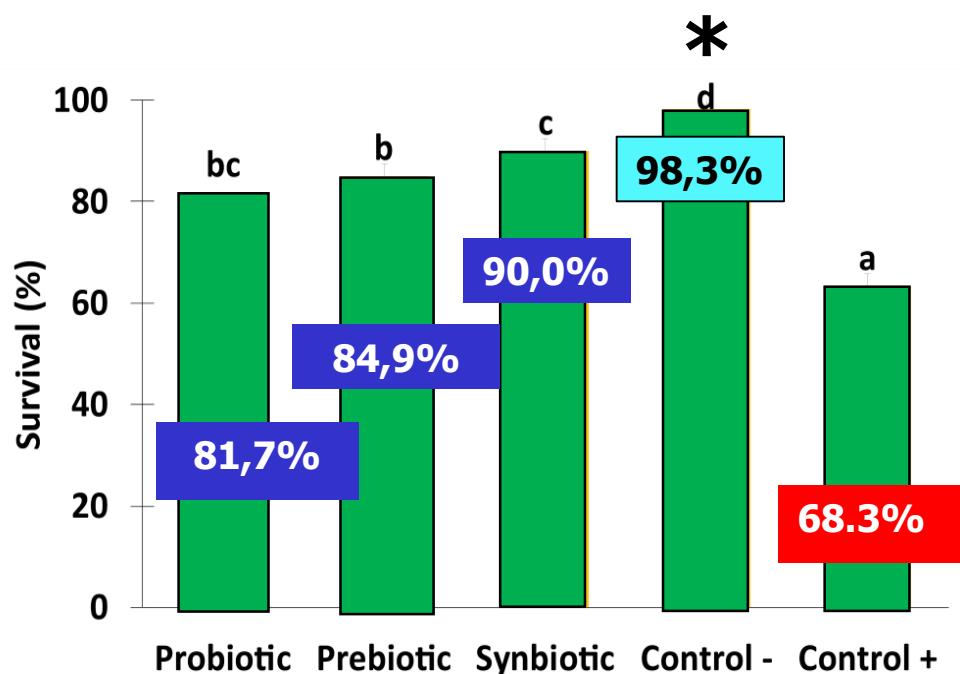
Gen Peroxinectin



Gen Lippopolysaccharida and β -1,3-glucan-binding protein



Kelangsungan hidup

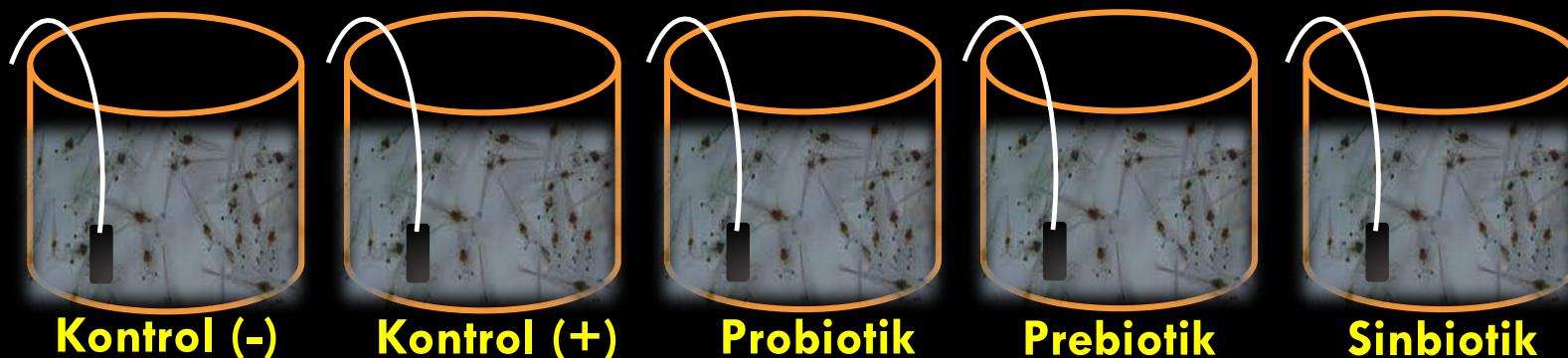


Meningkatkan kelangsungan hidup 13,4 - 21,7 % pascainfeksi *V. harveyi*



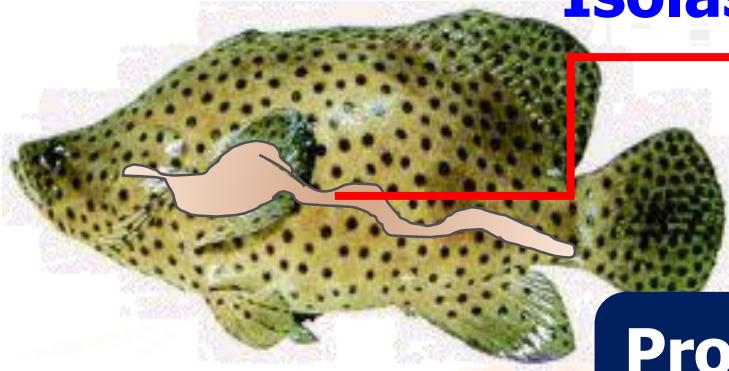
Kehilangan produksi yang dapat dihindari senilai Rp 137 - 222 M*

* Dihitung berdasarkan data produksi tahun 2014 (DJPB 2015)



Peran Probiotik dan Prebiotik sebagai Promotor Pertumbuhan





Isolasi

- ❖ RM3 (*Ewingella americana*)
- ❖ RM4 (*Vibrio alginolyticus*)
- ❖ RM5 (*Sphingomonas paucimobilis*)
- ❖ RM7 (*Pseudomonas fluorescens*)

Probiotik

Prebiotik dari ubi jalar

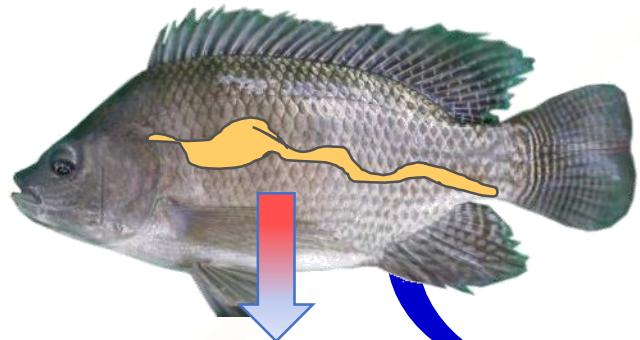
Sinbiotik

Kerapu bebek

Marlida *et al.* (2014a,b)

Parameter	Perlakuan				
	RM3	RM4	RM5	RM7	Kontrol
BWG (g)	44.55±4.18 ^c	54.51±1.73 ^{ab}	49.12±5.06 ^{bcd}	55.95±3.96 ^a	36.78±2.36 ^d
SGR (% hari ⁻¹)	1.97±0.18 ^{bcd}	2.22±0.03 ^a	2.01±0.14 ^b	2.32±0.02 ^a	1.79±0.10 ^c
FCR	1.28±0.24 ^a	0.99±0.01 ^b	1.13±0.08 ^{ab}	0.99±0.04 ^b	1.27±0.07 ^a
PR (%)	40.56±6.13 ^{bcd}	55.76±3.13 ^a	43.38±1.84 ^{bcd}	44.83±4.94 ^b	36.81±3.04 ^c

Suplementasi RM4 & RM7 meningkatkan kinerja pertumbuhan



Bacillus sp. NP5 (amilolitik)



Isolasi probiotik
dari ikan nila



- ❖ Aktivitas amilase, kecernaan karbohidrat, dan pertumbuhan meningkat

Putra dan Widanarni (2015)

Djauhari *et al.* (2016)

Bacillus sp. NP5



Prebiotik



Ikan mas

Parameter	Kontrol	10^6 CFU mL^{-1}	10^8 CFU mL^{-1}	$10^{10} \text{ CFU mL}^{-1}$
SR (%)	$86.50 \pm 7.51^{\text{a}}$	$90.00 \pm 3.46^{\text{ab}}$	$96.50 \pm 4.04^{\text{bc}}$	$100.00 \pm 0.00^{\text{c}}$
DGR (% hari $^{-1}$)	$1.40 \pm 0.04^{\text{a}}$	$1.52 \pm 0.30^{\text{a}}$	$2.33 \pm 0.85^{\text{b}}$	$2.91 \pm 0.19^{\text{b}}$
FCR	$2.55 \pm 0.11^{\text{a}}$	$1.72 \pm 0.13^{\text{b}}$	$1.66 \pm 0.24^{\text{b}}$	$1.54 \pm 0.01^{\text{b}}$

Pertumbuhan, kelangsungan hidup & rasio konversi pakan lebih baik dibanding kontrol & perlakuan lain.

Suplementasi pakan mengandung probiotik sebagai promotor pertumbuhan pada berbagai jenis ikan

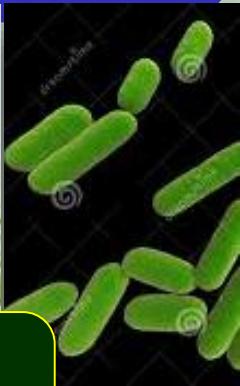
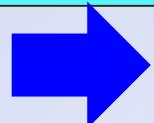
Ikan uji	Isolat Probiotik	Peningkatan kinerja	Artikel
Udang vaname	K9 (protease), Z3 (lipase), M2 (amilase) S3 (protease, amilase, lipase)	Aktivitas enzim, kecernaan nutrien, pertumbuhan	Widanarni <i>et al.</i> 2015
Lele	<i>Bacillus megaterium</i> PTB 1.4	Aktivitas enzim, kecernaan nutrien, pertumbuhan	Afrilasari <i>et al.</i> 2016
Gurami	<i>Bacillus clausii</i> UG3 (selulase)	Aktivitas enzim, kecernaan nutrien, pertumbuhan	Mulyasari <i>et al.</i> 2016



Pemanfaatan bakteri probiotik untuk *predigest* bahan baku pakan

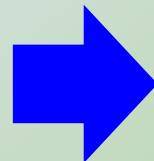
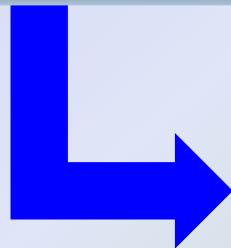
Pre-Digest

B. Clausii UG3



Daun Singkong

Kualitas nutrien & kecernaan tepung daun singkong meningkat

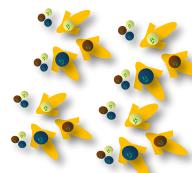
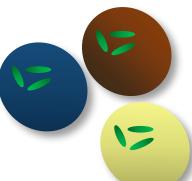


Pemanfaatan tepung daun singkong hasil *predigest* hingga **level 30%** tidak mengurangi pertumbuhan & status kesehatan ikan nila.

(Mulyasari 2017)

Aplikasi probiotik, prebiotik & sinbiotik pada larva udang melalui bioenkapsulasi *Artemia* sp.

Probiotik 1Ub,
Prebiotik MOS
Sinbiotik 1Ub + MOS



Artemia sp.

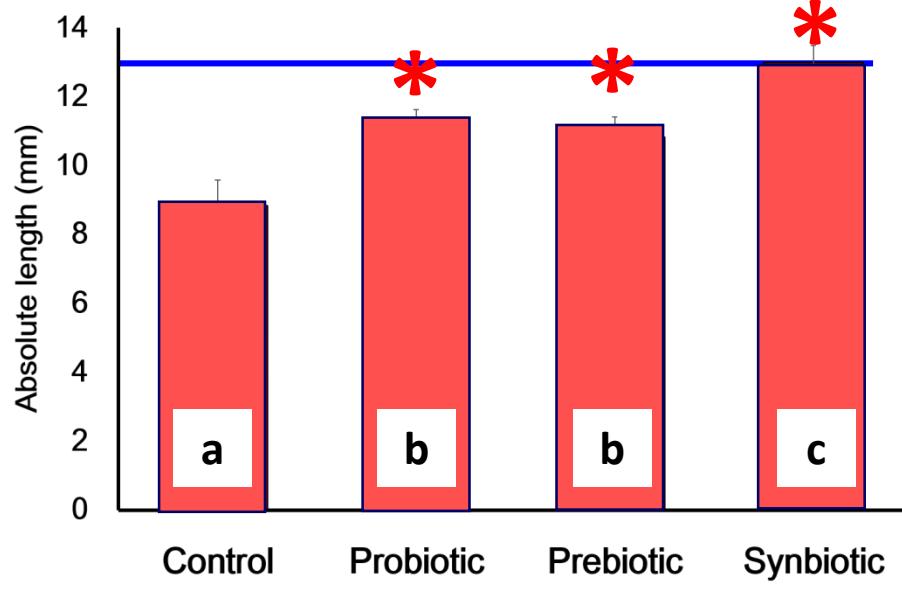


Hamsah *et al.* 2017a

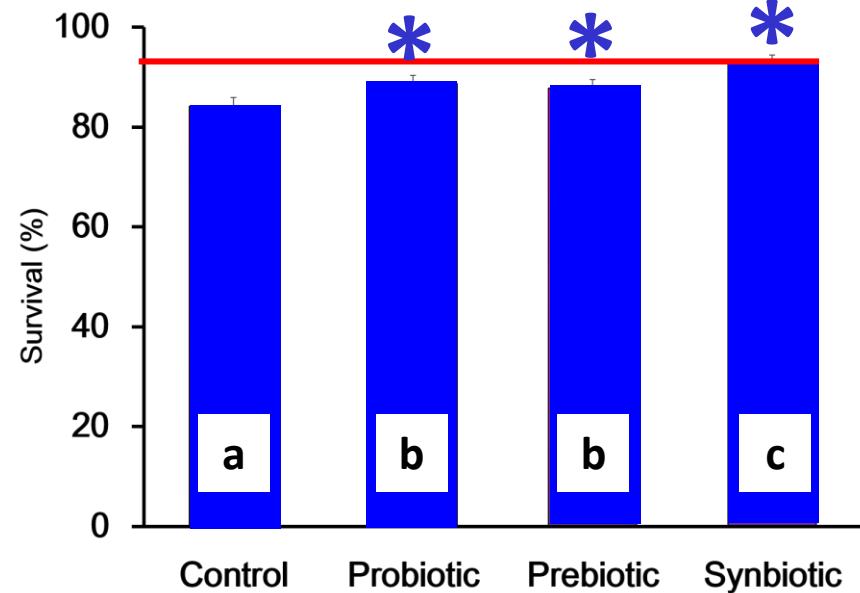
Meningkatkan :
Asam lemak butirat
Asam lemak linoleat
Asam lemak linolenat
EPA, DHA

Hamsah *et al.* 2017b

Pertumbuhan

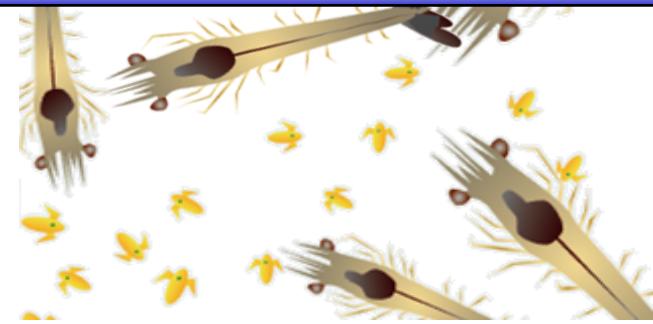
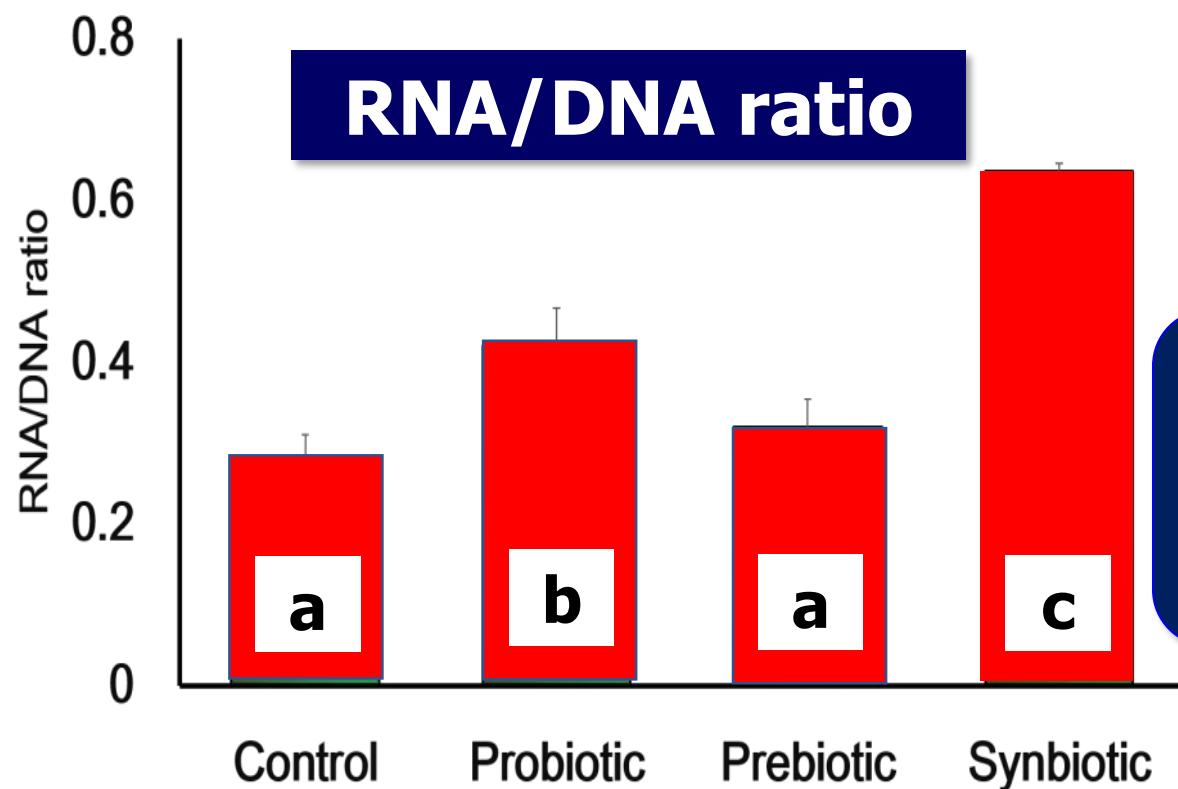


Kelangsungan hidup



Pemberian *Artemia* sp. hasil bioenkapsulasi meningkatkan aktivitas enzim pencernaan larva udang

Perlakuan	Aktivitas Enzim (U/mL/menit)			
	Protease	Lipase	Amilase	Mananase
Kontrol	0.011±0.0004 ^a	0.037±0.0015 ^a	0.576±0.004 ^a	0.070±0.001 ^a
Probiotik	0.022±0.0044 ^b	0.041±0.0005 ^c	0.788±0.006 ^c	0.119±0.052 ^{ab}
Prebiotik	0.013±0.0016 ^a	0.044±0.0005 ^b	0.613±0.008 ^b	0.109±0.004 ^{ab}
Sinbiotik	0.033±0.0007 ^c	0.047±0.0010 ^d	0.853±0.008 ^d	0.148±0.004 ^b



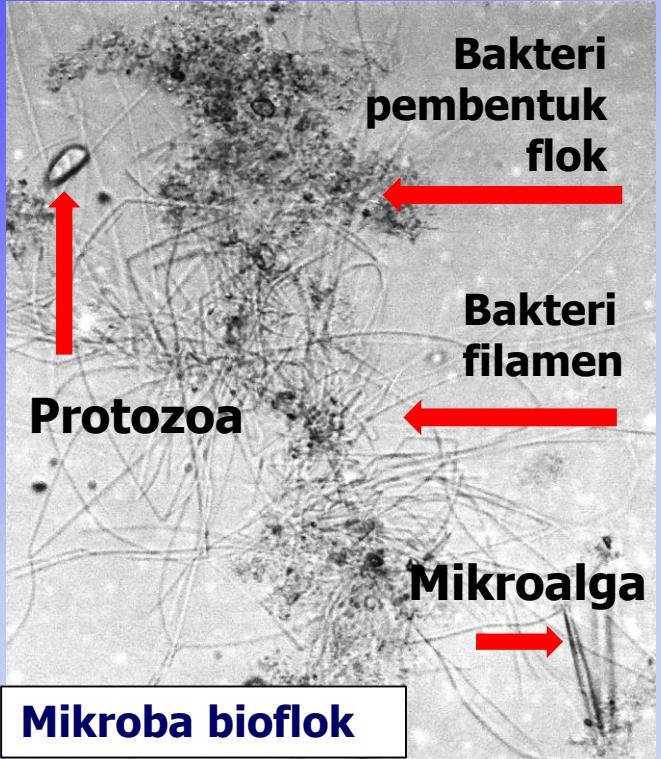
Pemberian *Artemia* sp. hasil bioenkapsulasi meningkatkan rasio RNA/DNA larva udang

Hamsah et al. 2017b

Peran Probiotik dan Prebiotik dalam Meningkatkan Kinerja Reproduksi



Peran bioflok dalam meningkatkan kinerja reproduksi

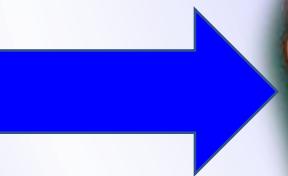


Widanarni et al. (2012)

- Meningkatkan **indeks kematangan gonad (IKG)** dan **fekunditas** induk nila **Ekasari et al. (2013)**
- Mempercepat **rematurasi** induk lele dumbo **Nadio (2015)**

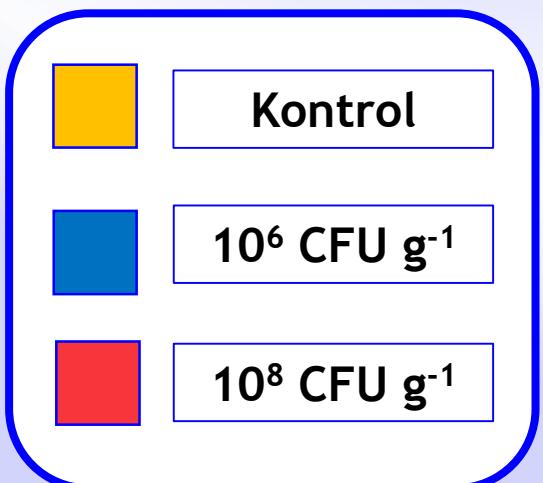
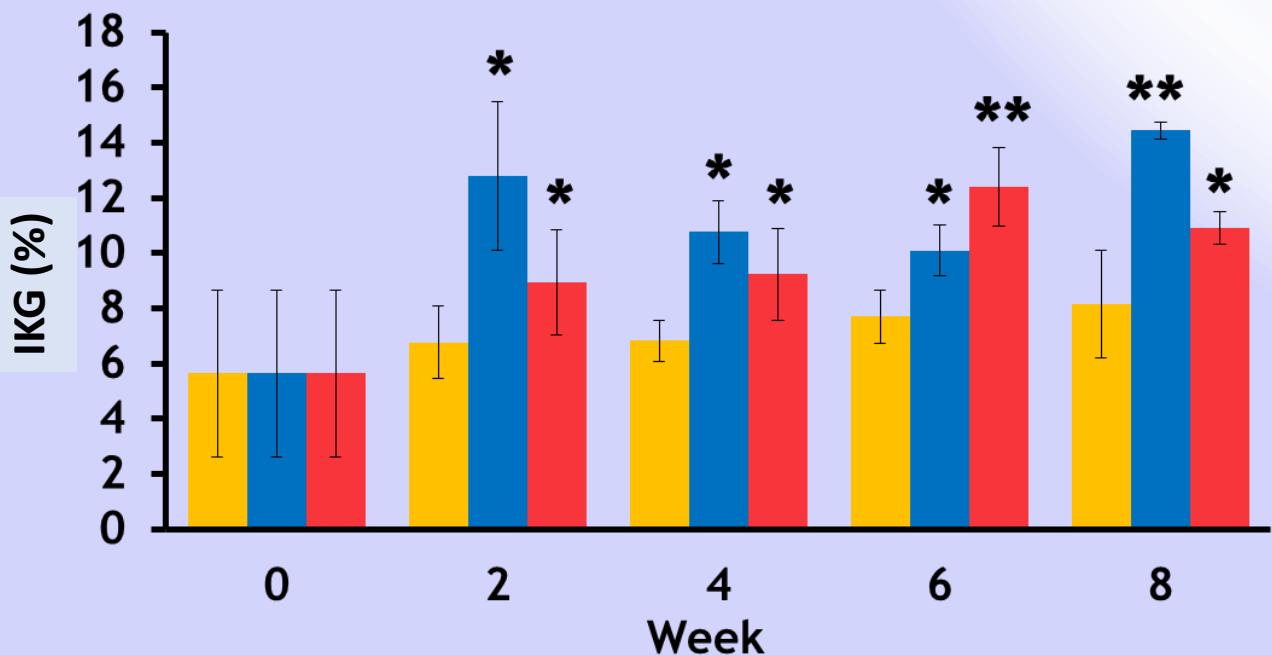
Peran probiotik dalam meningkatkan kinerja reproduksi

Bacillus sp. NP5

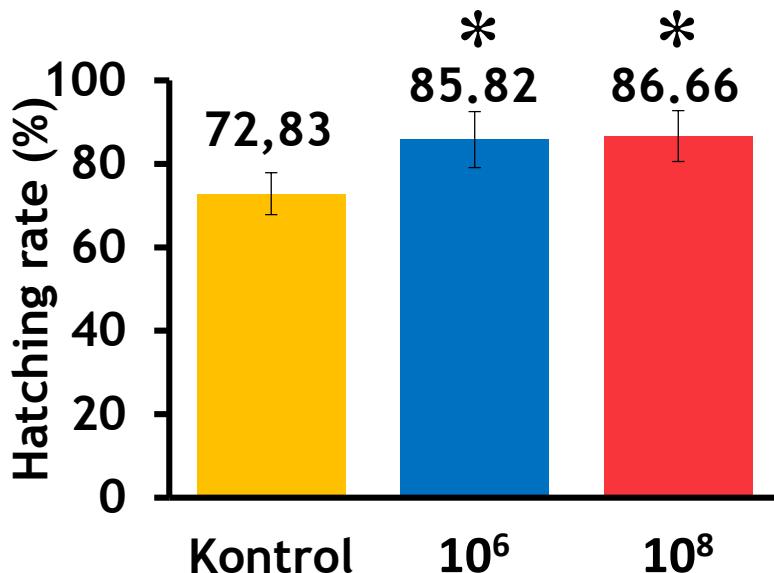
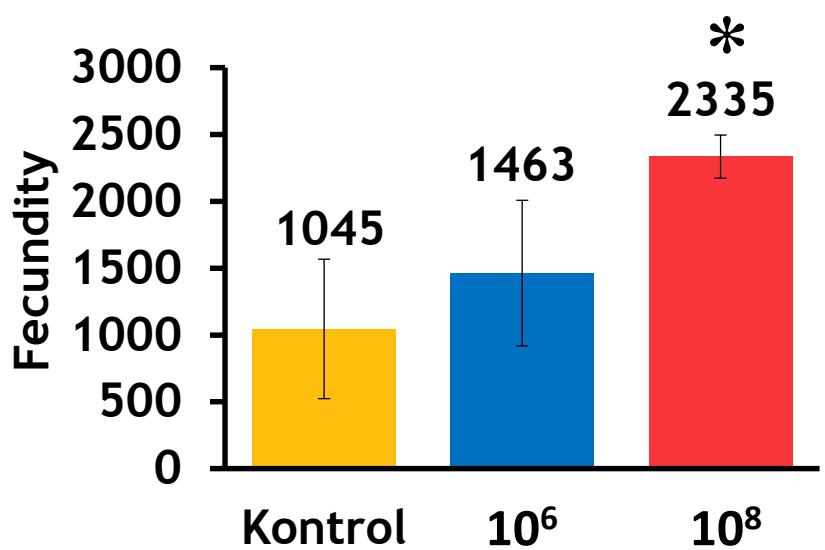


Meningkatkan nilai indeks kematangan gonad (IKG)

Ikan mas koki oranda
(*Carassius auratus*)



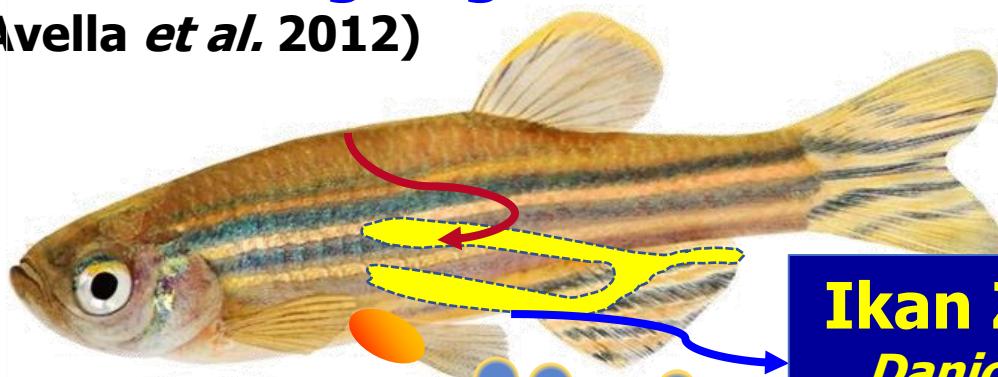
Peran **probiotik** dalam meningkatkan kinerja reproduksi



Meningkatkan fekunditas
dan derajat penetasan telur

Pemberian
Probiotik
melalui
pakan/air

Perkembangan gonad
(Avella *et al.* 2012)



Ikan Zebra
Danio rerio

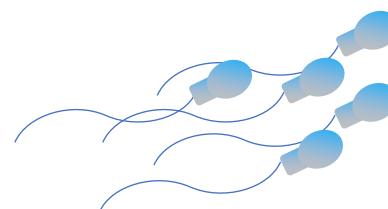
Meningkatkan produksi telur
(Gioacchini *et al.* 2010)

Meningkatkan kelangsungan hidup larva
(Gioacchini *et al.* 2010; Miccoli *et al.* 2015)



Sidat Eropa
Anguilla anguilla

Meningkatkan kualitas sperma
(Vilchez *et al.* 2015)





Peran Mikroba dalam Memperbaiki Kualitas Lingkungan Budidaya

Pakan



Tiga cara membuang amonia-nitrogen dari sistem budidaya

20-30% protein pakan yang dimanfaatkan



Kepadatan tinggi

70% protein pakan diekskresikan ke air



Pakan tak termakan

Feses



Fitoplankton

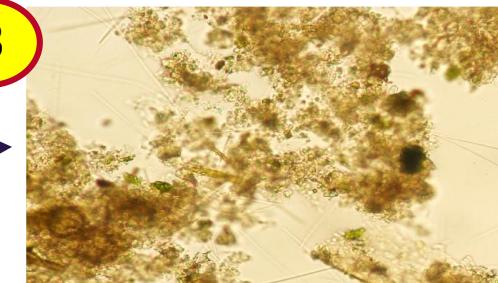
1

Bakteri autotrof/nitrifikasi

NO₂

Konversi langsung menjadi biomassa

3



N₂

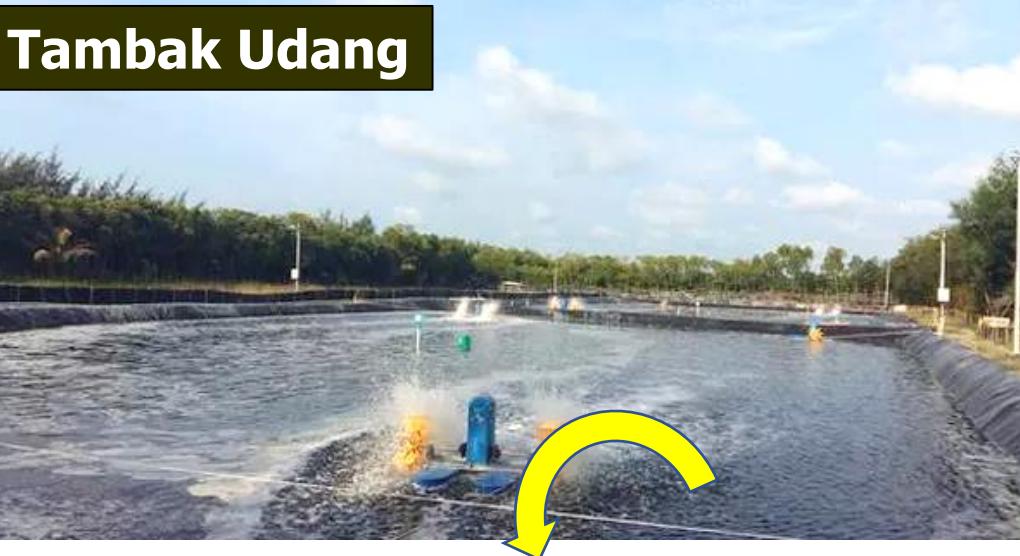
Bakteri denitrifikasi

2

NO₃

Biomassa Mikroba

Tambak Udang



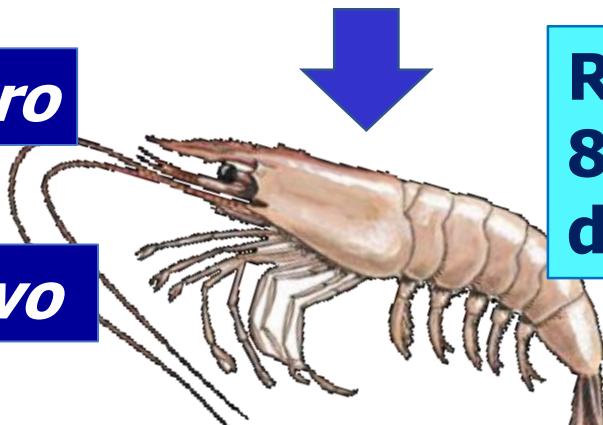
Kawasan Mangrove



Isolasi bakteri nitrifikasi
(isolat S12)

Isolasi bakteri
denitrifikasi (isolat DS7)

Uji *In vitro*



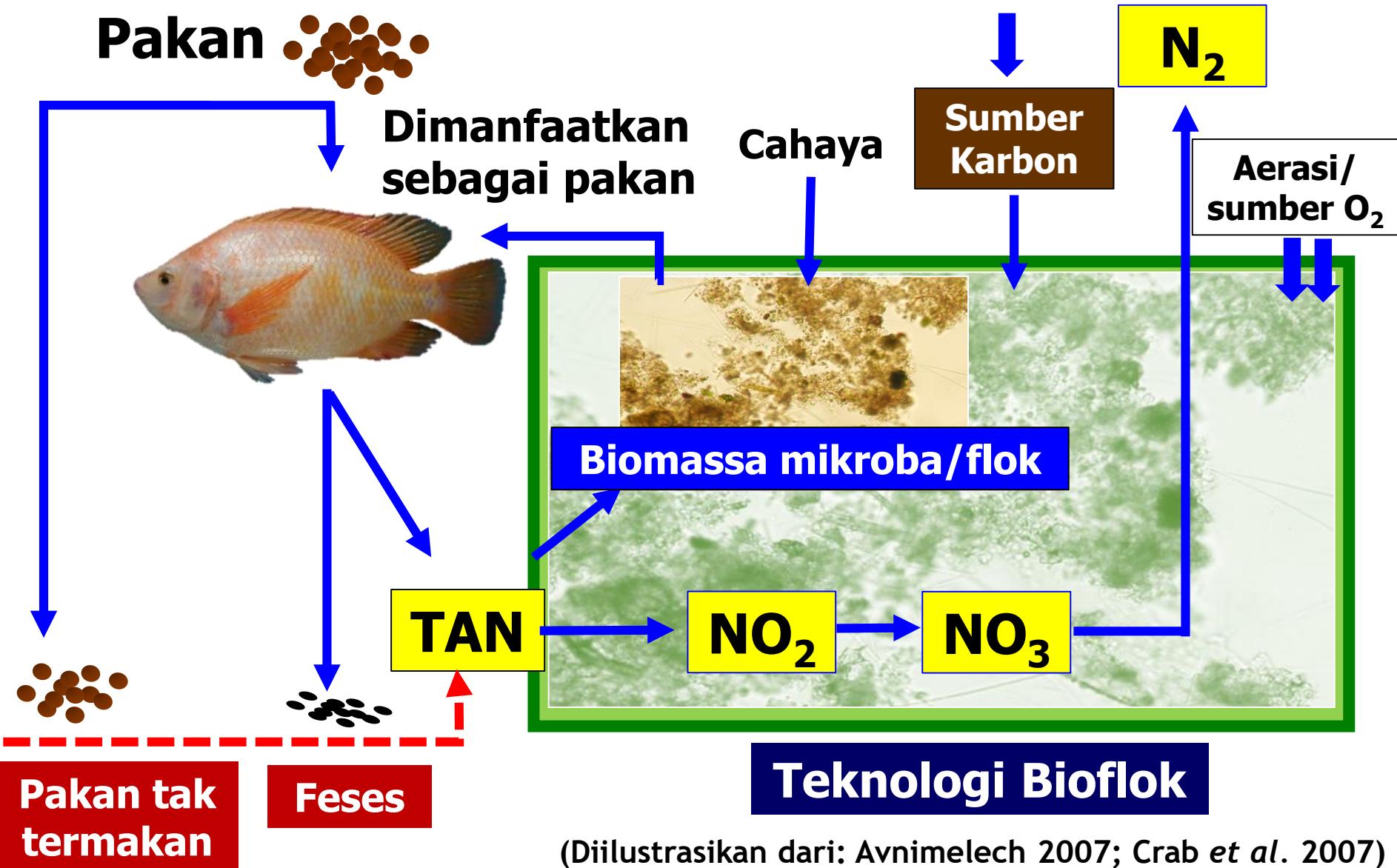
Uji *In vivo*

Pemeliharaan udang 28
hari dengan *zero water
exchange*

Reduksi 80.54% ammonia dan
85.41% nitrat dibandingkan
dengan kontrol

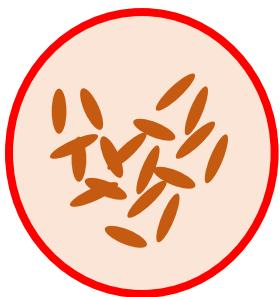
Kelangsungan hidup: 90%
Laju pertumbuhan: 2.1%

Kontrol nitrogen anorganik melalui penambahan sumber karbon: Teknologi Bioflok



Penambahan probiotik pada sistem budidaya ikan lele berbasis bioflok

Probiotik



Ikan lele



Bioflok



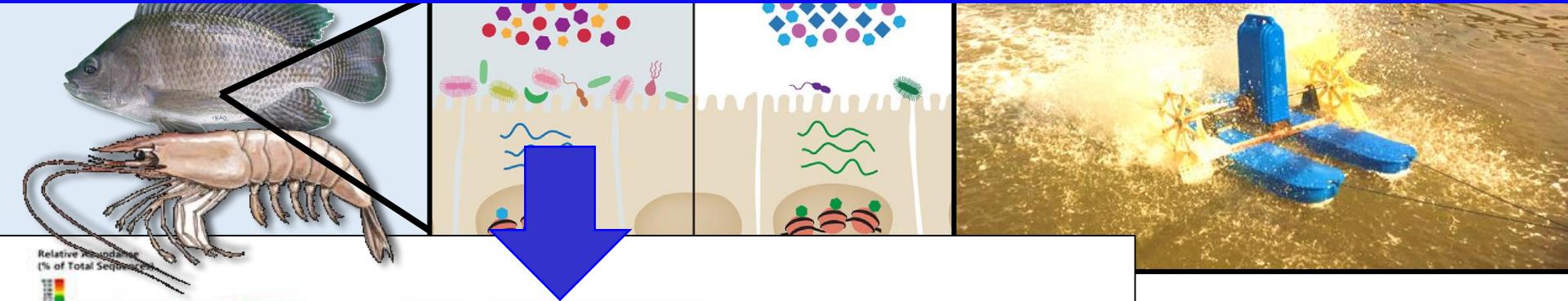
- Kinerja budidaya lebih baik (**kelangsungan hidup 90%; konversi pakan 0,9**)
- Ukuran lele lebih seragam
- Tingkat kanibalisme rendah



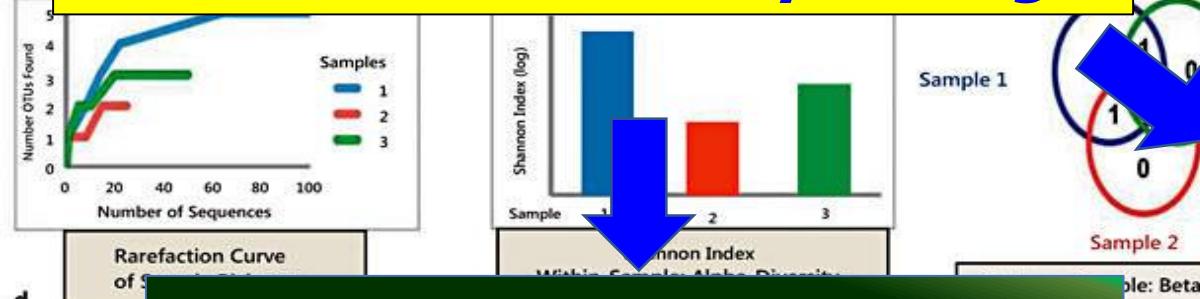
Manajemen mikroba dalam akuakultur masa depan



Pemetaan Komunitas Mikroba



Identifikasi dengan
Next Generation Sequencing



Desain prebiotik sesuai
target mikrobiota
menguntungkan

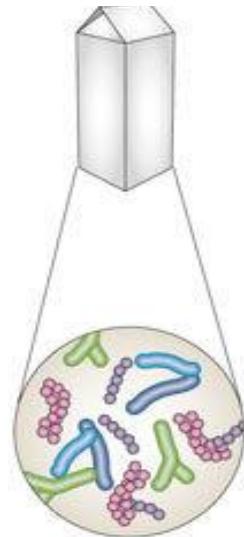
Penemuan
probiotik
baru

Struktur komunitas,
keragaman dan
faktor yang terkait
dengan modulasinya

Aplikasi probiotik pada manusia sebagai *role model* bagi pengembangan probiotik dalam akuakultur

Fermented milk product with 5 probiotic strains

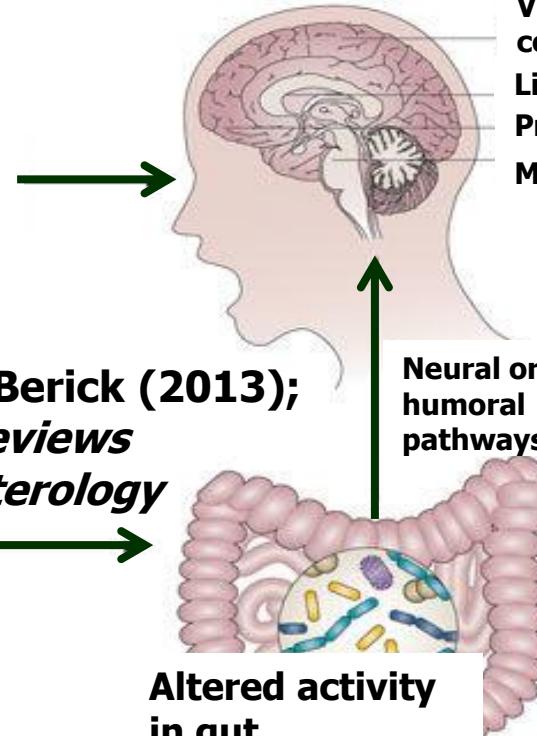
Human



Fish

Emotive stress test

Collins & Berick (2013);
Nature Reviews Gastroenterology



Viscero-soematosensory cortex

Limbic system

Prefrontal cortex

Midbrain

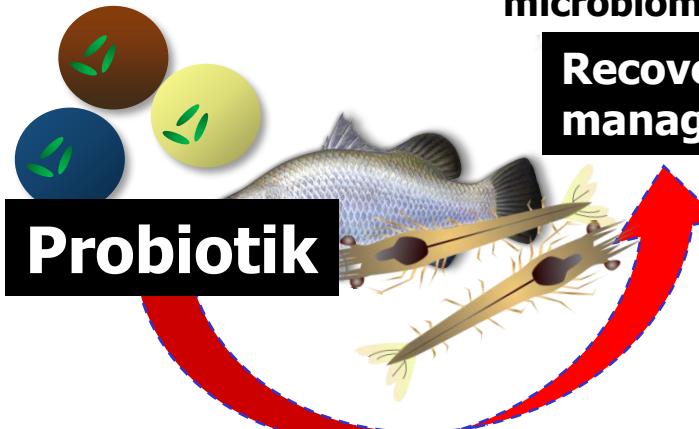
- Altered connectivity in brain regions
- Reduced emotion evoked responses
- Attenuated response to emotional task

Budidaya Intensif:

- Lingkungan ↓
- Stres ↑

Probiotik

Recovery, managed



Tumbuh & Sehat

Pakan masa depan: Sumber bahan baku nabati lokal



Indigofera sp.



Biji karet



Daun singkong



Rumput laut

Kecernaan rendah

Zat antinutrisi tinggi

Microbial
processing

Kecernaan meningkat

Zat antinutrisi ditekan,
kualitas nutrien
meningkat

Produksi enzim untuk
industri pakan

Manajemen probiotik dalam tubuh ikan dan lingkungan

pH

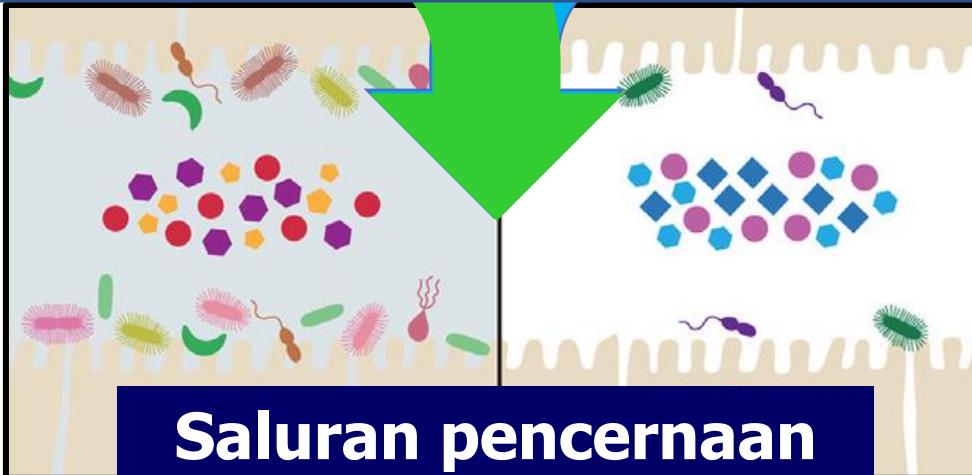
Nutrien

Faktor lain?

Nutrien

Kualitas air

Faktor lain?



Penempelan
Kompetisi

Flokulasi

Simbiosis

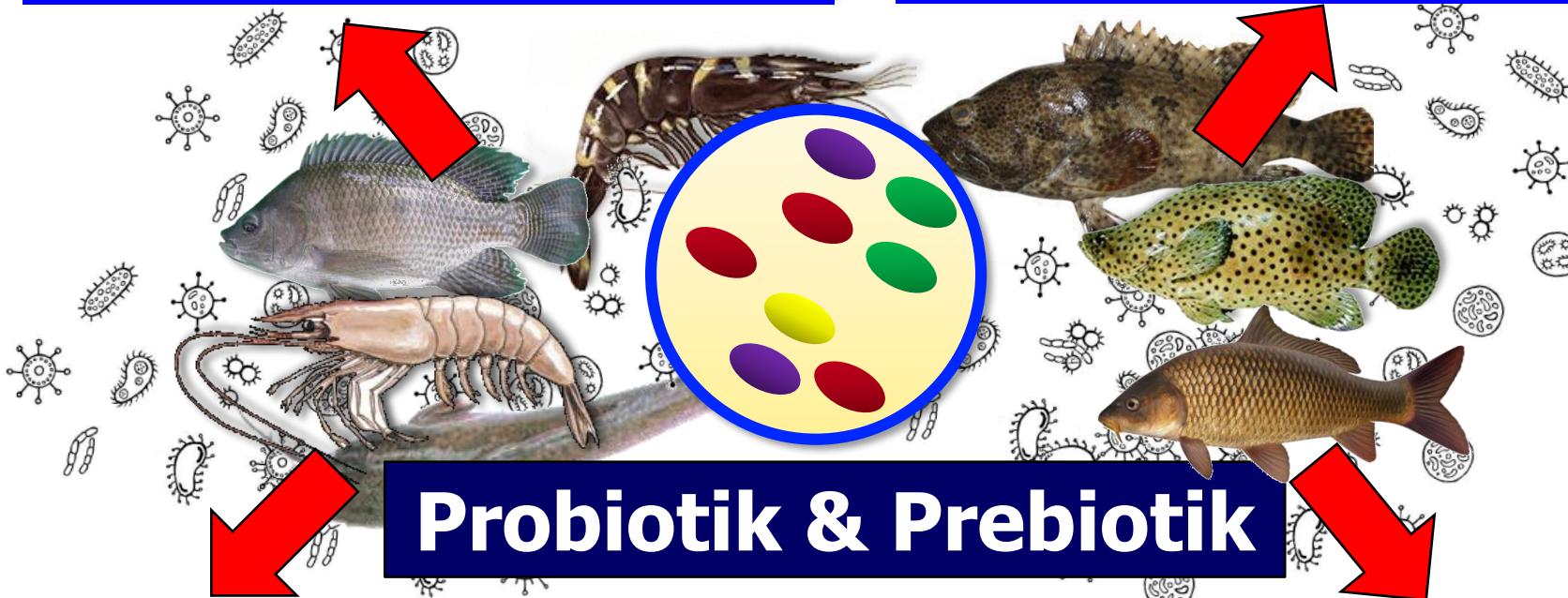


PENUTUP



Mengatasi masalah penyakit

Meningkatkan kecernaan dan pertumbuhan



Probiotik & Prebiotik

Meningkatkan kinerja reproduksi

Mendaur ulang limbah budidaya

Solusi utama untuk akuakultur yang berkelanjutan di masa mendatang



Terima Kasih

