

PROSPEK DAN PRODUKSI BIOSURFAKTAN BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK SEBAGAI UPAYA PERLINDUNGAN LINGKUNGAN HIDUP



Pidato

Disampaikan pada Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Ilmu Mikrobiologi Lingkungan
pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
di Surabaya pada Hari Rabu, Tanggal 11 Oktober 2023

Oleh

NI'MATUZHROH

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Maha Suci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka."
(QS. 3: Ali Imran Ayat 190-191)

“Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya; dan Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu”
(Q.S. 15: Al Hijr Ayat 21)

Kupersembahkan untuk :

Ibu dan Almarhum Bapak

Suami, Adik-Adik, Saudara(i) Ipar dan Keponakan-keponakanku

Keluarga Besar Bani Sulaiman dan Bani Abu Ali

dan almamater tercinta Universitas Airlangga

*Bismillahirrahmanirrahim,
Assalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh,*

Yang terhormat:

Ketua dan anggota Majelis Wali Amanat Universitas Airlangga,
Rektor Universitas Airlangga,
Ketua dan anggota Senat Akademik Universitas Airlangga,
Para Wakil Rektor Universitas Airlangga,
Sekretaris Universitas Airlangga,
Para Dekan dan Wakil Dekan Fakultas di Lingkungan Universitas
Airlangga,
Para Direktur dan Wakil Direktur Sekolah di Lingkungan
Universitas Airlangga
Para Direktur Direktorat di Lingkungan Universitas Airlangga,
Para Ketua dan sekretaris Lembaga, Badan, dan Pusat di
Lingkungan Universitas Airlangga,
Para Guru Besar di Lingkungan Universitas Airlangga dan Guru
Besar Tamu,
Kolega, Rekan, Keluarga, Undangan, dan Hadirin yang saya
muliaikan,

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah Subhanahu wa ta'ala
yang telah memberi karunia yang sangat besar kepada kita semua,
sehingga kita semua bisa hadir pada acara Sidang Universitas
Airlangga dalam rangka pengukuhan saya sebagai Guru besar.
Sholawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada
junjungan kita Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wa
sallam, sahabat dan semua pengikutnya hingga akhir zaman.

Jabatan guru besar merupakan jabatan tertinggi dari
karir seorang dosen. Saya telah diberi kesempatan Allah untuk
mencapainya. Semoga saya dapat amanah dalam mengemban
tanggung jawab yang besar ini.

Hadirin yang saya hormati

Perkenankan saya untuk menyampaikan orasi ilmiah saya dengan topik prospek dan produksi biosurfaktan bakteri hidrokarbonoklastik sebagai upaya perlindungan lingkungan hidup.

Dalam narasi ini, saya ingin menyampaikan kepada para hadirin sekalian tentang bukti potensi keanekaragaman hayati bakteri lokal Indonesia, prospeknya bagi kita dan lingkungan hidup dan upaya untuk memproduksinya di Universitas Airlangga.

Ketertarikan saya di bidang mikrobiologi lingkungan, terutama kepada aspek kajian fisiologi bakteri hidrokarbonoklastik (pengurai minyak) dalam menghasilkan biosurfaktan dan peran pentingnya dalam bioremediasi lingkungan dari pencemaran hidrokarbon minyak bermula dari studi doktorat yang saya lakukan di *Université D'Aix Marseille II France* dimana saya bergabung dalam Pusat Penelitian kelautan “ *Centre d’Oceanologie de Marseille, Observatoire des Sciences de l’Univers* (COM-OSU) di laboratorium “Mikroorganisme dan Siklus Biogeokimia di laut ” pada tahun 1995. Apresiasi saya untuk mengkaji peran mikroba dalam perlindungan lingkungan didasarkan pada keyakinan saya bahwa Allah Yang Maha Pencipta telah menyiapkan rahasia besar di alam untuk dapat kita kaji, kita kelola dan kita manfaatkan. Mikroorganisme menjadi salah satu makhluk ciptaan Allah ternyata memainkan peranan yang sangat luar biasa dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Produk-produk yang dihasilkan oleh mikroba terbukti sangat bermanfaat bagi manusia. Semangat saya untuk terus mengkaji lebih dalam terkait peran mikroba di lingkungan khususnya terkait bakteri hidrokarbonoklastik juga didukung oleh amanah pembimbing saya Prof. Dr. Jean Claude Bertrand, DEA, untuk melanjutkan dan mengembangkan penelitian ini ketika saya kembali ke Indonesia. Saya sangat bahagia karena telah berupaya semampu saya untuk istiqomah melakukan

penelitian ini, dan ternyata sangat prospektif dikembangkan di negara penghasil minyak seperti Indonesia.

Hadirin yang saya muliakan

Saya awali narasi ilmiah saya dengan mengungkap terkait fakta yang ada di lingkungan kita. Sebagaimana kita ketahui bersama peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas industri telah membawa dampak dibuangnya limbah organik dan anorganik di lingkungan kita. Akumulasi limbah tentunya membawa akibat berupa terjadinya pencemaran di lingkungan. Salah satu jenis senyawa pencemar yang perlu mendapat perhatian yaitu limbah hidrokarbon minyak.

Pencemaran minyak menjadi salah satu permasalahan di lingkungan

Hidrokarbon minyak bumi mengacu pada kelompok besar senyawa yang berasal dari minyak mentah (Alzahrani & Rajendran, 2019). Hidrokarbon minyak berpotensi menjadi polutan di lingkungan melalui berbagai tahapan yang dilaluinya untuk dapat dimanfaatkan oleh manusia. Kegiatan pengeboran minyak, distribusi, penyimpanan, dan penggunaan minyak bumi menimbulkan risiko tumpahan minyak (De Almeida *et al.*, 2016; Kavitha *et al.*, 2014) (Gambar 1). Hal ini tentunya dapat mengganggu kehidupan biota di tanah dan di air. Namun, kebutuhan energi di Indonesia yang masih didominasi oleh bahan bakar fosil, termasuk minyak bumi dan gas bumi (Syafrizal *et al.*, 2020), menyebabkan berbagai aktivitas manusia yang berpotensi memasukkan polutan hidrokarbon minyak ke lingkungan tidak mungkin untuk dicegah. Oleh sebab itu, upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi pencemaran hidrokarbon minyak adalah dengan melakukan remediasi terhadap lingkungan yang tercemar.



Gambar 1. Penambangan minyak tradisional di Wonocolo yang menunjukkan adanya tumpahan minyak mentah di sekitar lokasi penambangan (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2009)

Pencemaran lingkungan oleh hidrokarbon minyak bumi melahirkan isu-isu kritis mengenai masalah kesehatan dan lingkungan di dunia. Hal ini memunculkan perhatian untuk menemukan teknologi inovatif ramah lingkungan untuk memperbaikannya. US EPA menawarkan berbagai teknologi pengelolaan lingkungan yang terkontaminasi hidrokarbon, termasuk secara kimia, fisik, biologis (U.S. EPA, 2001).

Salah satu penanganan limbah minyak yang aman adalah dengan pengangkatan limbah minyak (*oil removal*) dilanjutkan dengan penguraianya agar menjadi aman (*bioremediation*). Kedua tahapan ini dapat dilakukan menggunakan produk mikroba maupun formulasi mikroba pengurai hidrokarbon.

Bioremediasi sebagai metode dalam penanggulangan pencemaran

Bioremediasi merupakan proses pemulihan lingkungan yang tercemar menggunakan aktivitas organisme hidup (makro dan mikroorganisme) untuk meningkatkan degradasi secara alamiah. Metode ini terbukti efektif digunakan untuk mengolah berbagai senyawa pencemar berbahaya yang bersifat dapat diurai (*biodegradable*). Dibandingkan dengan metode fisik dan kimia yang digunakan untuk upaya pemulihan lingkungan tercemar, bioremediasi adalah metode remediasi yang terbaik dan paling hemat biaya, dan ramah lingkungan. Karakteristik senyawa pencemar, lokasi terjadinya pencemaran (tanah atau air) dan kondisi geologis, menentukan metode remediasi mana yang terbaik untuk setiap lokasi yang akan dibersihkan.

Beberapa metode yang umum dilakukan dalam bioremediasi (Cookson, 1995), yaitu:

- a) Bioaugmentasi yaitu penambahan mikroba potensial (mikroba eksogenus) ke lokasi tercemar untuk membantu proses degradasi senyawa pencemar di lingkungan. Penambahan mikroba dapat dilakukan dengan konsentrasi yang ditentukan. Bioaugmentasi membutuhkan sedikit biaya, waktu dan kendala. Efektivitas bioaugmentasi dipengaruhi oleh biokompatibilitas mikroba yang ditambahkan, sinergitas dengan mikroba indigenus, serta faktor lingkungan yang menjamin pertumbuhan mikroba eksogenus.
- b) Biostimulasi, yaitu stimulasi pertumbuhan dan aktivitas enzimatik mikroba asli (indigenus) lokasi tercemar untuk meningkatkan proses biodegradasi senyawa pencemar. Biostimulasi membutuhkan sedikit waktu dan biaya. Efektivitas biostimulasi bergantung pada kompetensi mikroba indigenus dan nutrisi yang ditambahkan untuk memacu pertumbuhan.

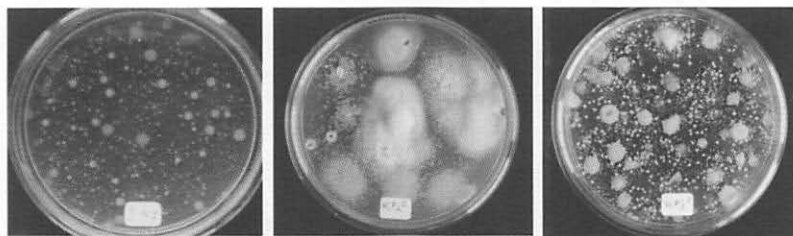
- c) Bioventing, yaitu pemberian oksigen untuk memacu pertumbuhan mikroba pendegradasi senyawa pencemar di lingkungan
- d) Biokomposting yaitu pencampuran tanah tercemar dengan bahan penggembur untuk menjamin proses aerasi sehingga proses degradasi oleh mikroba aerobik dapat terjadi
- e) *Land farming*, yaitu aplikasi teknik pertanian tradisional, seperti aerasi, penambahan air dan nutrisi pada area yang tercemar untuk meningkatkan aktivitas mikroba dalam mendegradasi senyawa pencemar.

Mikroorganisme sebagai agen bioremediasi

Di alam, mikroorganisme mempunyai peran penting sebagai agen dekomposer, mendegradasi senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dan menjamin siklus hara yang penting guna terwujudnya keseimbangan ekosistem. Kelompok mikroorganisme tersebut antara lain terdiri dari bakteri dan fungi. Bakteri merupakan salah satu kelompok mikroba yang sangat banyak diungkap potensinya. Keberadaan senyawa pencemar di lingkungan, seperti minyak atau senyawa tidak larut lainnya secara alamiah akan didegradasi oleh mikroba. Kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa pencemar dipengaruhi oleh potensi enzimatis yang dimiliki oleh mikroba dan kesesuaian faktor lingkungan yang menjamin proses degradasi senyawa pencemar. Mikroorganisme mampu mendegradasi hidrokarbon dengan menghasilkan enzim mono/di oksigenase yang dapat mengoksidasi hidrokarbon menjadi asam lemak yang selanjutnya dimetabolisme oleh bakteri melalui siklus kreb sehingga terbentuk asetil-KoA, piruvat, dan suksinat (Al-Hawash *et al.*, 2018).

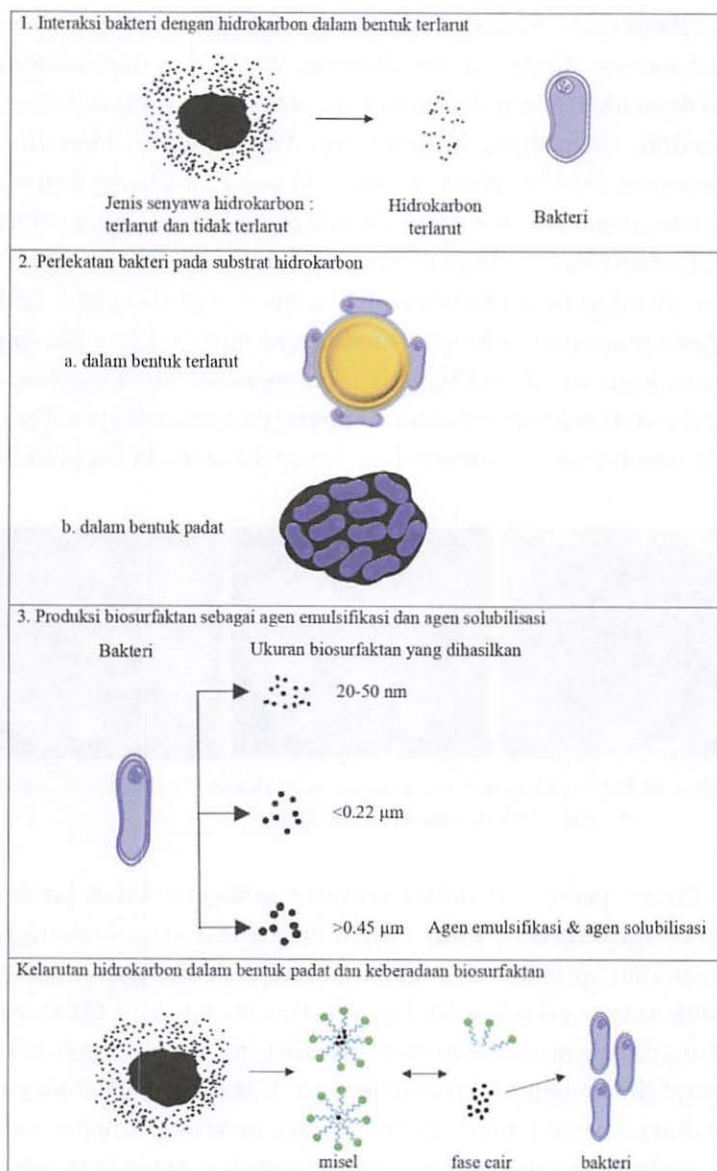
Mikroorganisme yang dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon dikenal sebagai mikroorganisme hidrokarbonoklastik. Berbagai genus mikroba yang berpotensi dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon antara lain, dari kelompok bakteri ditemukan genus *Achromobacter*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*,

Corynebacterium, *Flavobacterium*, *Mycobacterium*, *Nitrosomonas*, *Pseudomonas*, *Xanthobacter* (Sharma, 2021), dan dari kelompok fungi ditemukan genus *Aspergillus*, *Amorphotheca*, *Cunninghamella*, *Fusarium*, *Graphium*, *Neosartorya*, *Paecilomyces*, *Penicilium*, *Talaromyces* (Al-Hawash *et al.*, 2018). Potensi untuk mendegradasi senyawa pencemar menjadikan mikroba dikenal juga sebagai agen bioremediasi, karena dengan aktivitas biologisnya, mikroba dapat membantu menurunkan hingga menghilangkan kadar senyawa pencemar sehingga lingkungan menjadi kembali pada peruntukannya. Karakteristik makroskopis koloni beberapa mikroba dari kelompok bakteri, kapang dan khamir (yeast) yang dapat mendegradasi hidrokarbon ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penampakan mikroorganisme (a) bakteri, (b) kapang, (c) khamir
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2000)

Dalam proses degradasi senyawa pencemar tidak larut air seperti hidrokarbon, mikroorganisme akan mengembangkan mekanisme untuk meningkatkan kontak dengan substrat. Kontak antara sel mikroba dan substrat merupakan tahap yang penting untuk proses asimilasi. Kondisi ini dapat terjadi ketika substrat dalam bentuk larut dalam air. Untuk degradasi senyawa hidrokarbon yang tidak larut air, sel mikroorganisme harus mengembangkan sistem yang spesifik untuk mewujudkan adanya kontak sel-substrat. Hingga saat ini, ada 3 mekanisme asimilasi hidrokarbon, yaitu (Gambar 3):



Gambar 3. Berbagai interaksi mikroba dengan substrat hidrokarbon (Sumber: Ni'matuzahroh, 1998)

- 1) Interaksi antara sel dan substrat hidrokarbon yang dapat larut dalam fase air.

Disolusi dan solubilisasi dapat disebabkan oleh karena dispersi mekanik (agitasi), dispersi kimia (bantuan pelarut) dan agen emulsifikasi karena (surfaktan). Sikkema *et al.*, 1995., Tiehm *et al.*, 1995). Parameter fisika seperti temperatur, pH, konsentrasi garam juga merupakan faktor penting dalam disolusi dan solubilisasi senyawa hidrokarbon. Penelitian terkait pengaruh surfaktan dalam solubilisasi hidrokarbon telah dimulai sejak tahun 1934 (Sjoblom, 1967).

- 2) Kontak langsung antara sel dan hidrokarbon yang ditunjukkan dari kemampuan sel untuk melekat pada hidrokarbon (Rosenberg, 1991).

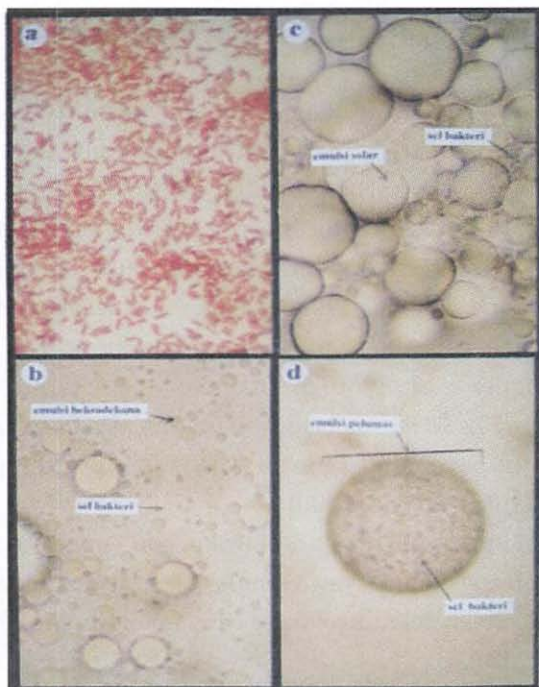
Sejumlah mikroorganisme, khususnya bakteri dan yeast hidrokarbonoklastik memiliki kemampuan melekat pada permukaan (hidrokarbon-air atau udara-air) dan berperilaku seperti biosurfaktan (Rosenberg, 1986); Neu, 1996). Dalam biodegradasi hidrokarbon, kemampuan melekat pada hidrokarbon tidak diperlukan pada kondisi sel yang mempunyai mekanisme asimilasi yang lain (Rosenberg & Rosenberg, 1981; Miguez *et al.*, 1986). Kemampuan perlekatan sel bakteri bergantung pada hidrofobisitas membran sel (Rosenberg, 1981) yang dapat berubah bergantung pada fase pertumbuhan dan kondisi kultur (Doyle, 1990)

- 3) Interaksi antara sel dengan hidrokarbon yang teremulsi atau tersolubilisasi oleh senyawa emulgator atau solubilisator yang diproduksi oleh sel mikroba (Ghoswami & Singh, 1991; Zhang & Miller, 1992).

Emulsifikasi merupakan mekanisme yang melibatkan molekul yang dihasilkan oleh mikroorganisme, yang disebut dengan “ biosurfaktan” yang mempunyai karakter aktif permukaan (Rosenberg, 1986). Aktivitas emulsifikasi ditentukan dengan

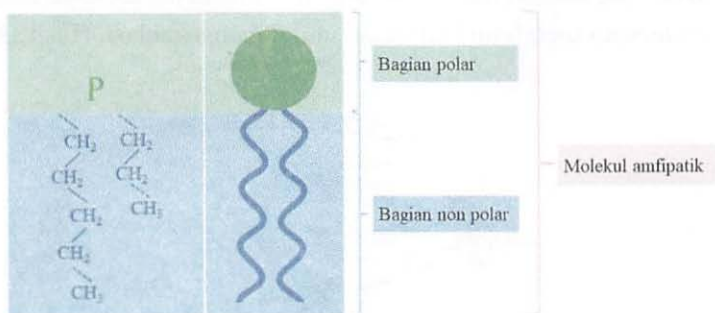
mengukur intensitas dan stabilitas suatu emulsi yang didapatkan setelah agitasi campuran supernatan kultur (yang mengandung biosurfaktan) dan hidrokarbon (Reddy *et al.*, 1983; Roy *et al.*, 1979).

Mekanisme tersebut telah berhasil kami buktikan melalui penelitian yang pernah kami lakukan dengan menggunakan isolat bakteri hidrokarbonoklastik *Pseudomonas* sp. pada berbagai jenis substrat hidrokarbon, yaitu heksadekana, solar, dan pelumas (Gambar 4).



Gambar 4. Interaksi bakteri *Pseudomonas* sp. dengan berbagai jenis hidrokarbon. (a) sel bakteri *Pseudomonas* sp., (b) interaksi sel bakteri dengan heksadekana, (c) interaksi sel bakteri dengan solar, (d) interaksi sel bakteri dengan pelumas (Sumber: Ni'matuzahroh, 2002)

Biosurfaktan atau nama istilah aslinya adalah *biosurfactant* merupakan kependekan dari *Biological Surface Active Agent*, merupakan senyawa amfipatik (Gambar 5) yang dapat menurunkan tegangan permukaan, mengemulsi hidrokarbon hingga meningkatkan solubilitasnya (Chinedu *et al.*, 2023; Henrietta, 2020). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan perlekatan mikroba pada suatu substrat dikarenakan keberadaan biosurfaktan yang masih melekat pada membran dan belum dilepaskan ke luar sel. Pengamatan terhadap perubahan fase pertumbuhan yang mengakibatkan lisisnya membran sel bakteri terbukti mengubah potensi perlekatan bakteri yang diiringi dengan adanya penurunan tegangan permukaan di kultur. Hal ini semakin menguatkan bukti bahwa produksi biosurfaktan merupakan mekanisme adaptasi mikroba dalam mendegradasi senyawa hidrofobik (tidak larut air). Perkembangan lebih lanjut membuktikan bahwa biosurfaktan juga dihasilkan oleh mikroba yang terlibat dalam bioremediasi lingkungan dari pencemaran pestisida (Singh *et al.*, 2016), logam berat (Pujiati, 2011) dan plastik (Singh *et al.*, 2016).

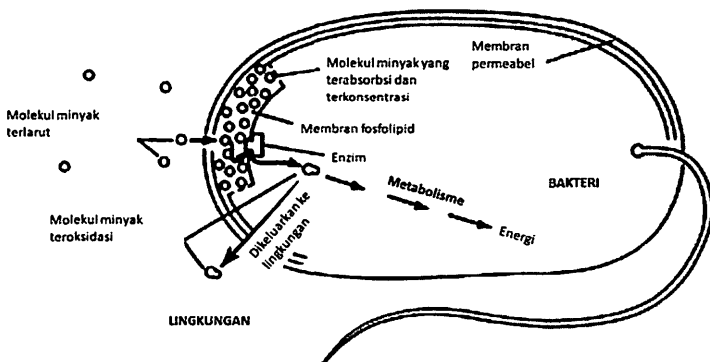


Gambar 5. Struktur biosurfaktan

Metabolisme hidrokarbon oleh bakteri hidrokarbonoklastik merupakan proses yang kompleks. Sifat hidrokarbon yang hidrofobik sulit untuk masuk menembus membran sel bakteri.

Sebagian besar bakteri hidrokarbonoklastik menghasilkan senyawa biosurfaktan untuk membentuk mikroemulsi/droplet molekul hidrokarbon sehingga terbentuk misel yang pada akhirnya akan terjadi perlekatan dengan membran sel (Abbasian *et al.*, 2015). Biosurfaktan merupakan senyawa aktif ampifilik yang mampu meningkatkan kelarutan hidrokarbon dalam air, menurunkan tegangan permukaan, meningkatkan perpindahan minyak, membantu transportasi dan translokasi substrat tidak larut melintasi membran sel (Hua & Wang, 2014).

Mekanisme masuknya hidrokarbon ke dalam sel bakteri sebagai salah satu contoh mikroba adalah melalui mekanisme transpor aktif (Gambar 6). Seperti sel lainnya, bakteri dikelilingi oleh lapisan zat mirip lemak yang disebut fosfolipid. Fosfolipid ini akan mengikat molekul minyak karena memiliki kepolaran yang sama. Gaya tarik menarik antara molekul air menekan minyak dari air ke dalam membran, sehingga mendorong proses tersebut. Selanjutnya, saat hidrokarbon masuk, bakteri akan memanfaatkan hidrokarbon sebagai sumber nutrisi. Untuk memetabolisme hidrokarbon, bakteri menghasilkan enzim pada permukaan bagian dalam lapisan membran kemudian mulai mengoksidasi. Hasil akhir



Gambar 6. Penggunaan hidrokarbon oleh bakteri (Sumber: Button, 1983)

dari proses metabolisme ini yaitu energi yang digunakan untuk proliferasi dan menghasilkan senyawa metabolit lainnya serta produk oksidasi. Produk oksidasi ini bisa berupa asam organik yang dapat larut dalam air sehingga dapat dengan mudah masuk ke bagian dalam sel yang berair. Sebagian darinya tetap di sana untuk menyediakan nutrisi bagi bakteri (Button, 1983).

Hadirin yang saya muliakan,

Prospek biosurfaktan

Mikroba menghasilkan jenis biosurfaktan yang bervariasi. Jenis biosurfaktan dipengaruhi oleh jenis mikroba penghasil, jenis substrat dan faktor lingkungan yang menjamin pertumbuhan optimal mikroba. Potensi setiap mikroba dalam menghasilkan biosurfaktan tidak bisa dilepaskan dari faktor genetik yang dimiliki oleh mikroba. Perkembangan peralatan dan metode untuk mendeteksi gen penyandi dalam produksi biosurfaktan menjadi faktor penguat kajian biosurfaktan semakin meluas. Kecanggihan dalam proses isolasi produk hingga karakterisasi semakin menambah informasi penemuan jenis-jenis senyawa biosurfaktan dan menarik peneliti untuk menguji potensinya untuk diaplikasikan di berbagai bidang.

Penelitian yang telah dilakukan di Universitas Airlangga membuktikan berbagai prospek aplikasi biosurfaktan yang ditambahkan baik dalam bentuk produk biosurfaktan maupun berupa formulasi bakteri penghasil biosurfaktan, yaitu: 1) untuk meningkatkan biodegradasi hidrokarbon minyak dalam upaya bioremediasi tanah (Singh *et al.*, 2016), 2) membantu mengurangi kadar minyak pada proses pengolahan air (Marcelino, 2021), 3) membantu proses pembersihan lumpur minyak (Ni'matuzahroh *et al.*, 2013), 4) sebagai bahan anti mikroba patogen (Arifiyanto *et al.*, 2020), 5) untuk biokontrol hayati terhadap *Ralstonia*

solanacearum (Prasetyawati *et al.*, 2022) dan sebagai agen biokontrol hayati terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti* (Salamun *et al.*, 2020). Beberapa penelitian yang telah kami lakukan terkait aplikasi biosurfaktan untuk meningkatkan biodegradasi hidrokarbon dan pembersihan lumpur minyak diuraikan di Tabel 1. Data hasil penelitian membuktikan prospek pemanfaatan bakteri hidrokarbonoklastik indigenus dari lokasi tercemar minyak di Indonesia dan produk biosurfaktan yang dihasilkan untuk upaya bioremediasi lingkungan dapat dilakukan baik dalam bentuk formulasi yang mengandung biakan tunggal maupun berupa konsorsium yang berisi produk biosurfaktan dan bakteri hidrokarbonoklastik.

Tabel 1. Uji aplikasi biosurfaktan dalam bentuk produk dan formula bakteri

Formulasi mikroba	Metode uji	Hasil uji	Referensi
<i>Micrococcus</i> LII 61	Air mineral sintetik yang mengandung molase 2% dan lumpur minyak yang diinkubasi pada suhu 60°C selama 7 hari	Biodegradasi minyak 100%	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2017
Kombinasi produk biosurfaktan <i>Acinetobacter</i> P2(1) dan <i>Micrococcus</i> LII 61	<i>Sand pack coloumn</i>	Penarikan minyak 16,73%	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2015
Konsorsium bakteri hidrokarbonoklastik (<i>Acinetobacter</i> sp. P2 (1), <i>Bacillus subtilis</i> 3KP, <i>Micrococcus</i> sp. LII 61, and <i>P. putida</i> TI (8))	<i>Bioslurry</i> Tanah + 100 gr lumpur minyak + 2% molase diinkubasi selama 14 hari dengan 15% konsorsium bakteri	Biodegradasi minyak 78,04%	Ni'matuzahroh, <i>et al.</i> , 2019
Konsorsium bakteri hidrokarbonoklastik (<i>Acinetobacter</i> sp. P2 (1), <i>Pseudomonas putida</i> T1 (8), <i>Bacillus subtilis</i> 3 KP dan <i>Micrococcus</i> LII 61)	<i>Biopile</i> Tanah+lumpur minyak+45% serbuk gergaji+NPK+urea selama 56 hari	Biodegradasi minyak 81,01%	Safira <i>et al.</i> , 2020

Formulasi mikroba	Metode uji	Hasil uji	Referensi
<i>Serratia marcescens</i> LII 61	AMS + molase 2% + lumpur minyak diinkubasi selama 4 hari	Biodegradasi minyak 100%	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2016
<i>Acinetobacter</i> sp. P2(1)	Lumpur minyak + 2% Molase	Biodegradasi minyak 72,15%	Fatmalia, 2015

Ketertarikan masyarakat akan biosurfaktan terus meningkat dikarenakan keragaman jenis biosurfaktan dan sifat ramah lingkungan biosurfaktan yang sangat menjanjikan. Selain itu, diversitas aplikasi biosurfaktan yang diimbangi dengan kesadaran pentingnya menjaga kelestarian lingkungan juga menjadi faktor pendukung. Saat ini, lebih dari 2000 jenis biosurfaktan dengan berbagai struktur senyawa penyusun dan sifat karakteristiknya (Kubicki *et al.*, 2019), fakta ini menunjukkan bahwa biosurfaktan telah mendapat banyak perhatian. Survei terbaru yang dilaporkan oleh *Global Insight Market* (2023) mengungkapkan bahwa nilai pasar global biosurfaktan 8,45 miliar USD pada tahun 2022 dan diprediksi mencapai 14,3 miliar USD pada rentang tahun 2023-2032. Tabel dibawah ini memberikan informasi terkait jenis biosurfaktan komersial, produsen dan harga jual produk biosurfaktan

Tabel 2. Jenis berbagai produk biosurfaktan komersial

Biosurfaktan	Harga	Referensi
Surfaktin	3.080.000/ 5 mg	Sigma-Aldrich Co. LLC, USA
Iturin	7.061.000 / 5 mg	Sigma-Aldrich Co. LLC, USA
Fengysin	11.254.490/ 5 mg	Sigma-Aldrich Co. LLC, USA
Rhamnolipid	115.125/ 5 mg	AGAE Technologies, LLC, USA
Rhamnolipid	914.990 / 5 mg	Sigma-Aldrich Co. LLC, USA
Rhamnolipid	2.486.700/ g	Urumqi Unite Bio-Technology Co., Ltd., China

Tingginya prospek biosurfaktan untuk diaplikasikan pada berbagai bidang berimplikasi pada banyaknya paten produk biosurfaktan. Secara keseluruhan terdapat 2.997 paten tentang biosurfaktan mikroba yang telah terdaftar hingga September 2023, lima diantaranya berasal dari negara Indonesia. Namun, hanya ada dua paten yang mengungkap produk biosurfaktan dari bakteri hidrokarbonoklastik. Hal ini menunjukkan bahwa kajian biosurfaktan bakteri hidrokarbonoklastik berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut mengingat Indonesia merupakan negara yang mempunyai keanekaragaman mikroba yang tinggi dan reservoir mikroba potensial yang belum banyak diungkap.

Produksi Biosurfaktan Bakteri Hidrokarbonoklastik di Universitas Airlangga

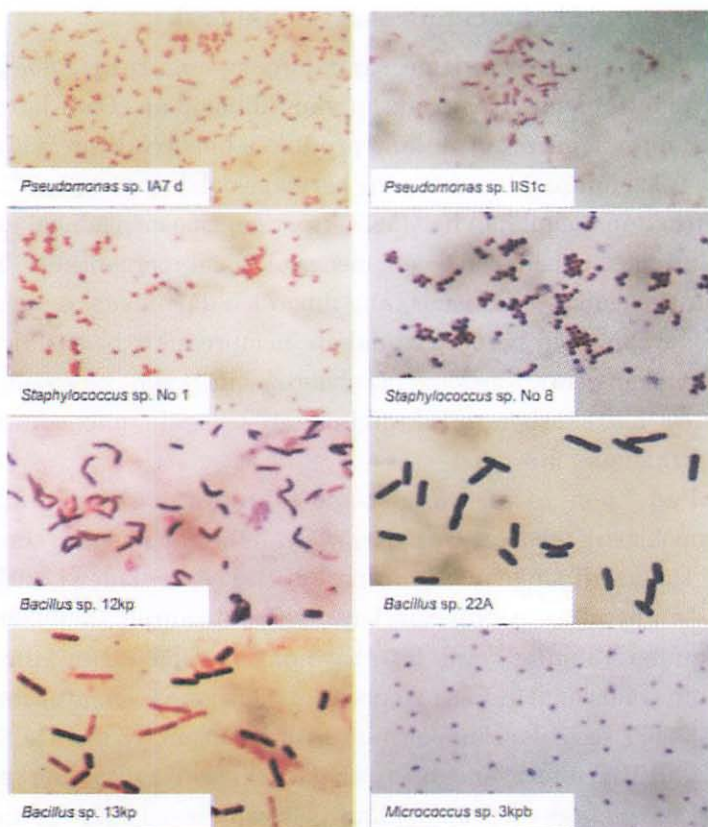
Kami, peneliti dari Universitas Airlangga telah berupaya untuk mewujudkan kemandirian penyediaan biosurfaktan selama lebih dari dua dekade terakhir. Berbagai penelitian telah kami lakukan untuk mendapatkan produk biosurfaktan dengan memanfaatkan keanekaragaman bakteri potensial dari Indonesia. Langkah-langkah untuk memproduksi biosurfaktan telah diawali melalui berbagai tahapan sebagai berikut: eksplorasi bakteri hidrokarbonoklastik dari berbagai lokasi yang tercemar minyak (Gerald *et al.*, 2019; Ni'matuzahroh *et al.*, 2019; G. L. Sari *et al.*, 2019), skrining bakteri penghasil biosurfaktan (Ni'matuzahroh *et al.*, 2009, Gerald *et al.*, 2019), uji potensi produk biosurfaktan untuk berbagai aplikasi (Arifiyanto *et al.*, 2020; Ni'matuzahroh *et al.*, 2005; Prasetyawati *et al.*, 2022; Salamun *et al.*, 2020; Sari *et al.*, 2022), optimalisasi proses produksi biosurfaktan (Sari *et al.*, 2022), eksplorasi substrat yang murah untuk produksi biosurfaktan (Fatimah *et al.*, 2020; Ni'matuzahroh *et al.*, 2020; Ni'matuzahroh, Sari, *et al.*, 2019) dan proses *scale up* (Listyawati, 2012). Seluruh rangkaian proses tersebut, dirinci sebagai berikut:

1. Eksplorasi bakteri hidrokarbonoklastik

Jenis mikroorganisme sangat mempengaruhi golongan dan kuantitas dari biosurfaktan yang dihasilkan. Oleh karena itu, langkah pertama dalam produksi biosurfaktan adalah menyeleksi mikroorganisme yang berpotensi dalam menghasilkan biosurfaktan. Pemilihan habitat mikroorganisme menjadi hal yang penting dipertimbangkan dalam mengisolasi mikroorganisme. Pada umumnya, mikroorganisme yang diperoleh dari lokasi tercemar hidrokarbon lebih berpotensi dalam memproduksi biosurfaktan dikarenakan perannya dalam membantu peningkatan ketersediaan substrat hidrokarbon untuk digunakan sebagai sumber nutrisi bagi kehidupan mikroba.

Pada penelitian yang kami lakukan, bakteri hidrokarbonoklastik telah diisolasi dari wilayah tercemar seperti sungai Kali Donan di Cilacap (Ibrahim, 2001; Trikurniadewi, 2015), kawasan perairan pantai Surabaya (Ni'matuzahroh, 2000), depo Pertamina Tanjung Perak Surabaya dan penambangan minyak mentah tradisional di Desa Wonocolo, Bojonegoro (Ni'matuzahroh *et al.*, 2009), serta dari lumpur minyak di Balongan (Ni'matuzahroh *et al.*, 2019). Bakteri yang diperoleh dari eksplorasi disajikan pada Tabel 3, sedangkan penampakan beberapa isolat bakteri yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 7. Isolat bakteri yang berhasil diisolasi dan memiliki potensi lebih lanjut untuk digunakan dalam produksi biosurfaktan telah didepositkan di pusat koleksi kultur mikroba milik Universitas Airlangga yang dikenal sebagai Universitas Airlangga *Culture Collection* (UACC) yang dikelola oleh Laboratorium Mikrobiologi Terapan dan Pengelolaan Sumber Daya Hayati, PUIPT Rekayasa Molekul Hayati, BIOME Unair.

Di alam, mikroba selalu ditemukan dalam populasi campuran yang terdiri dari banyak genus dan spesies yang berbeda. Untuk menganalisis sifat-sifat organisme tertentu dari populasi tersebut, diperlukan kultur murni. Pemilihan dalam kultur pengayaan



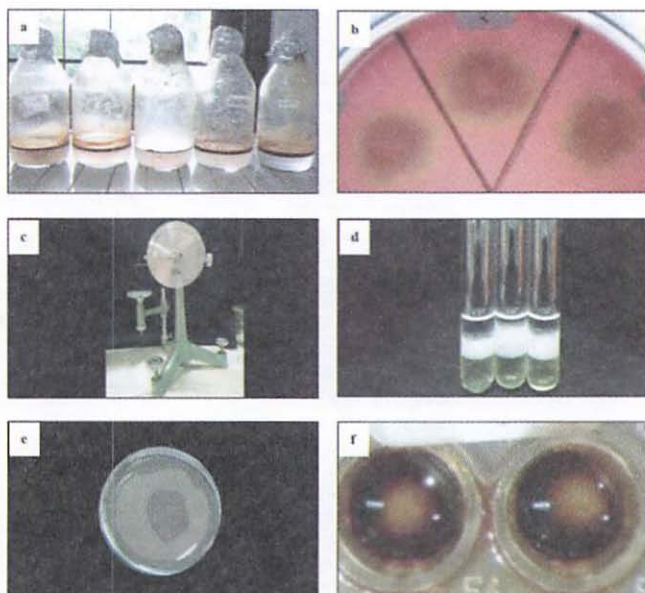
Gambar 7. Berbagai isolat bakteri hidrokarbonoklastik yang diperoleh ketika eksplorasi.

Tabel 3. Eksplorasi bakteri hidrokarbonoklastik dari berbagai daerah di Indonesia

Lokasi pengambilan sampel tanah	Jenis bakteri hidrokarbonoklastik	Referensi
Tanah Depo Pertamina Tanjung Perak, Surabaya	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> T1-2 <i>Aeromonas hydrophila</i> T1-4 <i>Pseudomonas putida</i> T1-8 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> T2-4 <i>Flavobacterium meningosepticum</i> T3-3	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2009

Lokasi pengambilan sampel tanah	Jenis bakteri hidrokarbonoklastik	Referensi
Tanah Pengeboran minyak Desa Wonocolo, Bojonegoro	<i>Pseudomonas fluorescens</i> -25 P1-2 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> P1-4 <i>Acinetobacter faecalis</i> -type II P2-1 <i>Pseudomonas cepacia</i> P3-4 <i>Actinobacillus</i> sp. P3-7 <i>Pseudomonas stutzeri</i> P3-8 <i>Pseudomonas pseudomallei</i> P4-2 <i>Pseudomonas fluorescens</i> -25 P4-4	.
Lumpur minyak Balongan	<i>Propionibacterium</i> sp. BP(1)1 <i>Propionibacterium</i> sp. BP(1) 3 <i>Bacillus</i> sp. BP(1)4 <i>Rothia</i> sp. BP(1)6 <i>Corynebacterium</i> sp. BP(1)8 <i>Achromobacter xylosoxidans</i> BP(1)5	Ni'matuzahroh, <i>et al.</i> , 2019; Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2020
Air dan sedimen dari Sungai Kali Donan, Cilacap, Jawa Tengah	<i>Pseudomonas</i> spp. <i>Micrococcus</i> sp. <i>Staphylococcus</i> sp. <i>Flavobacterium</i> spp. <i>Alcaligenes</i> spp. <i>Achromobacter</i> spp. <i>Enterococcus</i> spp. <i>Aeromonas</i> sp. <i>Bacillus subtilis</i> 3KP	Ibrahim, 2001; Trikurniadewi, 2015
Air dan Sedimen Pelabuhan Tanjung Perak	<i>Pseudomonas</i> spp. <i>Arthrobacter</i> spp. <i>Alcaligenes</i> spp. <i>Moraxella</i> spp. <i>Pediococcus</i> spp. <i>Moraxella</i> spp.	Ni'matuzahroh, 2000
Air dan sedimen Pelabuhan Gresik	<i>Alcaligenes</i> sp. <i>Acinetobacter</i> spp. <i>Micrococcus</i> sp. <i>Flavobacterium</i> sp.	
Air dan Sedimen Kali Surabaya di Driyorejo, Wonokromo, dan Wonorejo	<i>Pseudomonas</i> spp. <i>Acinetobacter</i> spp. <i>Alcaligenes</i> spp. <i>Moraxella</i> spp.	
Air dan sedimen di mangrove muara Kali Lamong	<i>Pseudomonas</i> sp. <i>Acinetobacter</i> sp.	

juga diperhatikan agar dapat mendukung kondisi pertumbuhan mikroorganisme yang akan diisolasi dan mampu menginduksi mikroorganisme untuk menghasilkan biosurfaktan. Berbagai metode telah kami lakukan untuk upaya skrining mikroorganisme yang berpotensi menghasilkan biosurfaktan, seperti uji hemolitik koloni mikroba pada *blood agar*, pengukuran tegangan permukaan, aktivitas emulsifikasi hidrokarbon, uji *oil spreading*, uji *drop collapse*, dan uji *microplate* dari bahan supernatan kultur (Walter *et al.*, 2010) (Gambar 8).



Gambar 8. Metode skrining mikroorganisme yang berpotensi menghasilkan biosurfaktan. (a) mikroorganisme ditumbuhkan pada media yang mengandung substrat hidrokarbon (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2009), (b) uji hemolitik (Sumber: Kumalasari, 2017), (c) uji tegangan permukaan menggunakan tensiometer (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2021), (d) uji aktivitas emulsifikasi (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2021), (e) uji *oil spreading* (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2021); (f) uji *drop collapse* (Sumber: Kumalasari, 2017).

2. Pencarian substrat alternatif untuk produksi biosurfaktan

Ketidakmampuan biosurfaktan untuk bersaing secara komersial dengan surfaktan sintetik umumnya dikarenakan tingginya biaya produksi karena substrat yang mahal, metode produksi yang kurang efisien dan efektif dan terkadang diperoleh hasil yang rendah (Olasanmi & Thring, 2018). Untuk menekan biaya produksi, Mukherjee *et al.*, (2006) memberikan beberapa solusi yaitu menggunakan bahan baku murah dan berabahan baku dari limbah, optimalisasi kondisi kultur sehingga mendapatkan produk yang lebih banyak serta mengembangkan dengan menggunakan strain rekombinan. Penggunaan substrat yang berasal dari limbah mampu menekan 50% biaya produksi biosurfaktan (Makkar & Cameotra, 2002). Selain itu, pemanfaatan kembali limbah juga merupakan upaya dalam melestarikan lingkungan (Luna *et al.*, 2015). Pemilihan substrat yang berasal dari limbah juga perlu diperhatikan kandungan yang terdapat dalam substrat tersebut, apakah substrat tersebut memiliki lipid, karbohidrat dan/atau nutrisi lain sehingga mampu mendukung pertumbuhan dan produksi biosurfaktan yang optimal (Gurjar & Sengupta, 2015). Substrat yang digunakan tidak hanya mempengaruhi jenis dan sifat biosurfaktan namun juga mempengaruhi sifat fisikokimia dari biosurfaktan (Sobrinho *et al.*, 2014). Beberapa substrat yang telah digunakan antara lain limbah agroindustri, sisa tanaman, serta produk samping dari pengolahan gula, susu dan makanan. Kandungan karbohidrat yang tinggi dan kandungan lipid yang tinggi pada produk agroindustri menjadikannya sangat berguna sebagai substrat pertumbuhan dan produksi biosurfaktan mikroba (Joshi *et al.*, 2008).

Indonesia termasuk negara agraris yang mempunyai berbagai komoditas hasil pertanian yang unggul, salah satunya adalah tanaman padi dan jagung. Jerami padi dan tongkol jagung

tersusun atas polisakarida dalam bentuk lignoselulosa. Kandungan lignoselulosa pada jerami padi terdiri dari 32% selulosa, 24% hemiselulosa, dan 14% lignin (Chandel *et al.*, 2007). Sedangkan pada tongkol jagung mengandung 45% selulosa, 35% hemiselulosa, dan 15% lignin (Saha, 2004). Tingginya kandungan selulosa pada jerami padi dan tongkol jagung berpotensi untuk dikonversi menjadi gula pereduksi yang nantinya dapat dimanfaatkan sebagai substrat produksi biosurfaktan. Produk gula hidrolisis jerami padi dan tongkol jagung mengandung glukosa yang merupakan gula sederhana yang tersusun atas 6 buah atom karbon sehingga mudah untuk didegradasi oleh bakteri (Ni'matuzahroh *et al.*, 2020). Ran *et al.*, (2011) melaporkan bahwa *Bacillus amyloliquefaciens* mampu memproduksi surfaktin menggunakan jerami padi sebagai substratnya. Selain itu, hasil samping industri yaitu molase juga dilaporkan berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai substrat produksi biosurfaktan karena masih memiliki kandungan kadar gula dan asam amino yang cukup tinggi (Tabel 4) (Plaza *et al.*, 2015).

Tabel 4. Komponen penyusun molase (Kosaric, 1993)

Komponen	Kisaran (%)	Rata-Rata (%)
Air	17-25	20
Sukrosa	30-40	35
Glukosa	4-9	7
Fruktosa	5-12	9
Gula Pereduksi	1-5	3
Karbohidrat Lainnya	2-5	4
Abu	7-15	12
Komponen Nitrogen	2-6	4,5
Asam Amino	2-5	5
Lilin, Steroid, Dan Fosfolipid	0-1,1	0,4

Beberapa isolat koleksi dari UACC telah diujikan kemampuannya dalam memproduksi biosurfaktan menggunakan substrat limbah pertanian maupun produk samping industri. Hasilnya menunjukkan respon yang positif dimana penggunaan substrat pada konsentrasi rendah mampu menghasilkan produk biosurfaktan yang tinggi dan memiliki aktivitas yang baik. Data respon pertumbuhan dan produksi biosurfaktan isolat-isolat UACC pada substrat alternatif disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil produksi biosurfaktan dengan menggunakan substrat alternatif berupa jerami padi, tongkol jagung dan molase

Strain Bakteri	Substrat Alternatif	Perolehan biosurfaktan	Referensi
<i>Achromobacter xylosoxidans</i> BP(1)5	Gula hidrolisis Jerami padi	0,1 g/L	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2020
	Gula hidrolisis Tongkol jagung	0,07 g/L	
<i>Pseudomonas putida</i> T1	Molase 2% + minyak zaitun 2%	0.086 gr/45 ml	Kalqutny, 2017
<i>Serratia marcescens</i> LII 61	Molase 2%	5 mg/L	Renjana, 2017
	Gula hidrolisis Jerami padi	0,08 g/L	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2019
<i>Bacillus</i> 3 KP	Molase 3%	10,71 g/L	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2010
	Molase 3% + gliserol 0,5%	5,25 g/L	Lusiana, 2019

3. Karakterisasi biosurfaktan

Jenis substrat menjadi faktor utama dalam menentukan tipe biosurfaktan yang dihasilkan (Nurfarahin *et al.*, 2018). Panjiar *et al.*, (2020) melaporkan bahwa jenis substrat berperan terhadap tingkat produksi dan jenis biosurfaktan yang dihasilkan oleh mikroba. Pemilihan substrat produksi memiliki pengaruh dalam menentukan komposisi kimia biosurfaktan karena adanya kandungan komponen *inducer* (Mouafo *et al.*, 2018). Secara

umum penggolongan jenis biosurfaktan didasarkan pada berat molekulnya yaitu biosurfaktan dengan berat molekul rendah dan berat molekul tinggi. Biosurfaktan dengan berat molekul rendah dikenal baik potensinya dalam menurunkan tegangan permukaan, sebagai contoh fosfolipid, glikolipid (rhamnolipid, sophorolipid, trehaloselipid), lipopeptida (surfactin, iturin, fengisin), dan termasuk juga kelompok asam lemak sederhana dan fosfolipid. Sedangkan biosurfaktan dengan berat molekul tinggi umumnya dimanfaatkan sebagai agen pengemulsi, seperti golongan polisakarida, lipopolisakarida, lipoprotein, atau campuran kompleks yang disebut sebagai lipoheteropolisakarida (Hausmann & Syltack C., 2015). Penentuan golongan biosurfaktan umumnya dapat dikarakterisasi dengan beberapa metode antara lain: a) karakterisasi kimia, b) karakterisasi biologi, dan c) karakterisasi fisik (Gil *et al.*, 2022).

a. Karakterisasi Biosurfaktan Secara Kimia

Penentuan jenis biosurfaktan dapat ditentukan berdasarkan struktur kimia penyusun dari biosurfaktan (Kiran *et al.*, 2010). Analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR), *Liquid Chromatography–Mass Spectrometry* (LC–MS), dan *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC–MS) digunakan untuk membedah komposisi bagian hidrofilik dan hidrofobik dari suatu biosurfaktan (Aparna *et al.*, 2012). Beberapa isolat UACC yang telah dianalisis jenis biosurfaktannya berdasarkan komponen kimianya dirangkum pada Tabel 6.

Tabel 6. Jenis biosurfaktan bakteri hidrokarbonoklastik pada variasi jenis substrat pertumbuhan

Isolat	Substrat produksi	Metode Analisis Penentuan Biosurfaktan	Jenis Biosurfaktan	Referensi
<i>Micrococcus marcescens</i> LII61 strain NBRC 102204	molase gliserol	HPLC	glikolipida lipopeptida	Renjana, 2017
<i>Bacillus subtilis</i> 3KP	molase	HPLC AAA (<i>Amino acid analysis</i>)	lipopeptida	Yuliani, 2004
<i>Acinetobacter</i> sp. P2 (1)	Glukosa	LCMS	lipoprotein	Fatimah, 2012
<i>Streptomyces</i> sp. strain AF1	n – hexane	FTIR	lipopeptida	Arifiyanto <i>et al.</i> , 2020

Hasil penelitian yang kami lakukan menunjukkan bahwa jenis substrat pertumbuhan mempengaruhi jenis biosurfaktan yang dihasilkan. Dalam beberapa referensi telah dikenal jenis biosurfaktan komersial dari kelompok glikolipida dan lipopeptida, seperti rhamnolipida dan surfaktin Mukherjee & Sen (2006). Produk biosurfaktan bakteri lokal Indonesia yang telah berhasil kami isolasi berpeluang besar untuk dapat dikomersialkan.

b. Deteksi Gen Penyandi Biosurfaktan

Upaya deteksi gen penyandi biosurfaktan menjadi langkah penting yang perlu dilakukan untuk mengidentifikasi jenis biosurfaktan dan pengembangan produk biosurfaktan lebih lanjut. Setiap mikroba memiliki gen spesifik yang berpengaruh pada pengaturan enzim yang berperan dalam produksi biosurfaktan (Hong *et al.*, 2017). Deteksi gen dilakukan dengan metode amplifikasi PCR menggunakan primer - primer spesifik. Biosurfaktan tipe surfaktin diketahui dikatalis secara non ribosomal oleh surfaktin sintetase yang terdiri dari gen *SrfAA*, *SrfAB*, *SrfAC* dan *SrfAD*. Sedangkan pada produksi rhamnolipid,

gen-gen yang bertanggung jawab diregulasi oleh operon *RhlAB* (gen *RhlA* dan *RhlB*) dan gen *RhlC* (Suh *et al.*, 2019). Tabel 7 menampilkan isolat-isolat bakteri UACC yang telah berhasil diungkap keberadaan gen penyandi biosurfaktan.

Tabel 7. Daftar gen penyandi yang telah berhasil terdeteksi

Isolat	Gen Penyandi Biosurfaktan	Jenis Biosurfaktan	Referensi
<i>Pseudomonas putida</i> TI (8)	<i>psaA</i>	putisolvin	Kalqutny, 2017
	<i>RhlB</i>	rhamnolipid	
	<i>sfp</i>	surfaktin	
<i>Micrococcus</i> sp. LII61	<i>RhlB</i>	rhamnolipid	Renjana, 2017
	<i>sfp</i>	surfaktin	
<i>Bacillus subtilis</i> 3KP	<i>sfp</i>	surfaktin	Lusiana, 2019

c. Karakterisasi Biosurfaktan Secara Fisik

Karakterisasi secara fisik biosurfaktan dilakukan salah satunya dengan mengevaluasi aktivitas dari biosurfaktan yaitu (a) penentuan titik *Critical Micelle Concentration* (CMC); (b) aktivitas emulsi (AE); (c) tegangan permukaan (TP); (d) kestabilan biosurfaktan pada berbagai kondisi lingkungan. CMC merupakan konsentrasi senyawa terkecil biosurfaktan untuk membentuk misel. Sementara itu, aktivitas emulsi diartikan sebagai reaksi biosurfaktan terhadap komponen minyak yang ditandai dengan terbentuknya emulsi. Stabilitas suatu biosurfaktan bergantung pada jenis dan struktur dari suatu biosurfaktan (Deng *et al.*, 2016; R. Sharma *et al.*, 2018). Hasil riset kami pada Tabel 8 mengindikasikan bahwa biosurfaktan yang diproduksi oleh isolat UACC memiliki karakter fisik yang cukup stabil di berbagai kondisi lingkungan terutama pada suhu tinggi sehingga berpotensi untuk diaplikasikan pada industri termasuk untuk *microbial enhanced oil recovery* (MEOR) dan bioremediasi.

Tabel 8. Hasil Analisis aktivitas biosurfaktan pada berbagai isolat bakteri hidrokarbonoklastik

No	Isolat	Substrat	Titik CMC (g/L)	Stabilitas biosurfaktan (AE%)			Referensi
				Suhu	pH	salinitas	
1	<i>Achromobacter xylosoxidans</i> BP(1)5	Gula hasil hidrolisis jerami padi	6	30°C - 70°C	4 - 10	0% - 10%	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2020
2	<i>Achromobacter xylosoxidans</i> BP(1)5	Gula hasil hidrolisis tongkol jagung	6	30°C - 70°C	4 - 10	0% - 10%	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2020
3	<i>Micrococcus</i> sp. LI161	Gula hasil hidrolisis jerami padi	1	30°C - 70°C	-	-	Ni'matuzahroh <i>et al.</i> , 2019
4	<i>Micrococcus</i> sp. LI161	Molase	6	27°C - 80°C	2,5-6,5	-	Renjana, 2017
5	<i>Bacillus subtilis</i> 3KP	Molase	4	-	-	-	Lusiana, 2019
6	<i>Pseudomonas putida</i> T1 (8)	Molase	0,8	-	-	-	Kalqutny, 2017

Dari keseluruhan uraian yang telah saya sampaikan menunjukkan besarnya potensi keanekaragaman hayati mikroba hidrokarbonoklastik Indonesia dan bagi kehidupan manusia dan upaya perlindungan lingkungan dari pencemaran hidrokarbon. Kajian biosurfaktan yang terus kami pelajari semoga bermanfaat di suatu saat nanti. Hingga saat ini, produksi biosurfaktan dari bakteri hidrokarbonoklastik yang telah kami lakukan masih terbatas di tingkat laboratorium dengan uji di lingkungan yang masih terbatas. Pemenuhan kebutuhan dalam jumlah besar tentunya akan membutuhkan upaya penggandaan skala produksinya. Berbagai faktor perlu menjadi perhatian yaitu jaminan kemurnian dan viabilitas isolat bakteri, kondisi optimum pertumbuhan bakteri, ketepatan metode ekstraksi serta kestabilan perolehan produk. Dukungan kepakaran lintas bidang keahlian disertai kelengkapan sarana dan prasarana produksi akan semakin mempercepat upaya penyediaan biosurfaktan.

Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang telah saya sampaikan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Bakteri pendegradasi hidrokarbon yang dikenal dengan bakteri hidrokarbonoklastik yang berhasil diisolasi dari lokasi tercemar minyak di Indonesia berpotensi digunakan dalam upaya mengurangi kadar pencemar minyak di lingkungan sehingga bermanfaat dalam upaya melindungi lingkungan hidup
2. Bakteri hidrokarbonoklastik tersebut menghasilkan biosurfaktan dalam mekanisme degradasi senyawa hidrokarbon
3. Jenis biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri hidrokarbonoklastik bervariasi bergantung pada jenis spesies bakteri dan substrat pertumbuhannya
4. Biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri hidrokarbonoklastik mempunyai prospek untuk diaplikasikan dalam bioremediasi lingkungan tercemar, mendukung industri minyak dan pemanfaatan industri lainnya
5. Biosurfaktan bakteri hidrokarbonoklastik dapat diproduksi menggunakan substrat hidrokarbon dan hasil hidrolisis limbah organik pertanian
6. Optimalisasi dan peningkatan skala produksi biosurfaktan dilakukan di Universitas Airlangga untuk membantu kemandirian Indonesia dalam penyediaan biosurfaktan

Rekomendasi

Keberhasilan produksi biosurfaktan bakteri hidrokarbonoklastik yang telah kami lakukan saat ini hingga hilirisasi produk yang siap dikomersialkan sangat membutuhkan dukungan dari berbagai bidang misal:

1. Keterlibatan kepakaran lintas bidang di Universitas Airlangga, seperti bidang kimia, fisika, biologi molekuler, bioteknologi, teknik lingkungan, teknik kimia, ekonomi, dan bidang

lainnya akan menyempurnakan kajian biosurfaktan bakteri di Universitas Airlangga

2. Ketersediaan instrumentasi untuk deteksi dan karakterisasi produk biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri hidrokarbonoklastik akan semakin menambah koleksi jenis produk biosurfaktan bakteri koleksi Universitas Airlangga
3. Kelengkapan peralatan untuk penyimpanan penyimpan koleksi kultur mikroba di Universitas Airlangga akan menjamin ketersediaan dan viabilitas sumber bakteri sebagai penghasil biosurfaktan
4. Fasilitasi peralatan untuk penggandaan skala produksi biosurfaktan, dukungan anggaran untuk operasional produksi dan kesempatan untuk mendapatkan sampel uji akan semakin menambah data potensi dan efektivitas produk biosurfaktan dan formula isolat bakteri hidrokarbonoklastik koleksi Universitas Airlangga
5. Kesempatan untuk berkolaborasi dengan pemerintah dan pihak industri (minyak dan industri yang membutuhkan biosurfaktan) akan membantu komersialisasi biosurfaktan bakteri koleksi Universitas Airlangga

Para hadirin yang saya hormati

Kesempatan saya untuk melakukan penelitian, mendapatkan banyak informasi ilmu pengetahuan hingga mencapai Guru Besar yang Allah amanahkan kepada saya adalah juga berkat bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi tingginya saya sampaikan kepada:

1. Bapak **Nadiem Anwar Makarim, B.A., M.B.A.** selaku Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas persetujuan dan penetapan saya sebagai Guru Besar.

2. **Prof. Dr. Ir. Nizam, M.Sc.** selaku Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi atas persetujuan dan penetapan saya sebagai Guru Besar.
3. **Prof. Dr. Muhammad Nasih, S.E., MT, Ak,** selaku Rektor Universitas Airlangga yang telah menyetujui dan mengusulkan jabatan Guru Besar saya dan berkenan memimpin sidang Universitas Airlangga untuk pengukuhan kami hari ini.
4. **Prof. Djoko Santoso dr., Ph.D., Sp.PD., KGH., FINASIM,** selaku Ketua Senat Akademik Universitas Airlangga atas persetujuan pengajuan Guru Besar saya.
5. Para Wakil Rektor: Wakil Rektor Bidang AMA, **Prof. Dr. Bambang Sektiari Lukiswanto, drh., DEA.,** Wakil Rektor Bidang Sumber Daya, **Prof. Dr. M. Madyan, S.E., M.Si., M.Fin.,** Wakil Rektor Bidang RICD, **Prof. Dr. Ni Nyoman Tri Puspaningsih, M.Si.,** Wakil Rektor Bidang IDI, **Prof. Muhammad Miftahussurur, dr. M.Kes., Sp. PD-KGEH., Ph.D.,** serta Sekretaris Universitas Airlangga, **Dr. Koko Srimulyo, Drs., M.Si.,** yang telah memfasilitasi saya untuk berkarya dan mengajukan kenaikan pangkat dan jabatan.
6. Ketua dan anggota tim Penilai Angka Kredit baik di tingkat Universitas maupun Fakultas, Direktur Sumber Daya Manusia, **Prof. Dr. Endang Dewi Masitah, Ir. M.P.,** dan jajarannya baik di tingkat Universitas maupun Fakultas, yang telah membantu kelancaran proses pengajuan jabatan Guru Besar saya.
7. **Prof. Dr. Dwi Setyawan, S.Si., Apt., M.Si.** dan **Prof. Dr. Widji Soeratri, Apt., DEA** atas motivasi, bimbingan dan dukungan yang luar biasa yang telah diberikan dalam pengajuan kenaikan Guru Besar.
8. Panitia yang telah berkenan melakukan koreksi atas karya ilmiah saya sehingga usulan Guru Besar ini disetujui.

9. Bapak **Prof. Abdulbasir, M.S. (alm)**, Dekan FMIPA periode (1982-1985) dan (1985-1988); **Prof. Dr. Ami Soewandi, J.S.** Dekan FMIPA periode (1988-1991) dan 1991-1995; Bapak **Dr. H. Harjana, M.Sc.**, Dekan FMIPA periode (1995-1998) dan (1998-2001) yang telah memberikan dukungan dan rekomendasi saya untuk melanjutkan studi di Perancis; Bapak **Drs. H.A, Latief Burhan, M.S (alm)**, Dekan FMIPA periode 2001-2007; Bapak **Dr. Salamun, M.Kes.**, Dekan FMIPA periode (2007-2008) dan FST periode (2008-2010); **Prof. Win Darmanto, M.Si., Ph.D.**, Dekan FST periode (2010-2015) dan (2015-2020); **Prof. Dr. M. Yasin, M.Si., (alm)** Dekan FST periode (2020-2023) serta **Prof. Dr. Miratul Khasanah, M.Si.**, Dekan FST periode (2023-2025) atas berbagai dukungan yang telah diberikan. Demikian juga kepada segenap Wakil Dekan FST-UA periode 2015-2020, **Prof. Dr. Hartati, M.Si., Dr. Miswanto, M.Si., Prof. Dr. Nanik Siti Aminah, M.Si.** dan para Wakil Dekan periode 2020- 2025, **Dr. Eridani, M.Si., Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si., dan Prof. Dr. Fatmawati, M.Si.**
10. Ketua BPF-FST UNAIR, **Prof. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D.** dan seluruh anggota atas persetujuan usulan kenaikan jabatan Guru Besar saya.
11. Ketua Departemen Biologi periode 2020-2025, **Prof. Dr. Sri Puji Astuti Wahyuningsih, M.Si.** atas berbagai kesempatan dan fasilitas yang diberikan kepada saya dalam melaksanakan kegiatan tri dharma Perguruan Tinggi.
12. Para pimpinan Jurusan/Departemen Biologi periode-periode sebelumnya, yang telah sangat berjasa membimbing saya dari awal menjadi dosen muda dan memfasilitasi kinerja Tri Dharma PT saya, yaitu **Drs. J. Soemartojo, M.S (alm), Dra. Mariatun Loegito, M.S (alm), Prof. Dr. Bambang**

Irawan, M.Sc., Dr. Rosmanida, M.Kes., Dr. Sucipto Hariyanto, DEA. dan Prof. Dr. Alfiah Hayati, M.Kes., Dr. Hamidah, M.Kes., Prof. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D., Dr. Junairiah, S.Si., M.Kes. dan Tri Nurhariyati, S.Si., M.Kes.

13. Para senior Jurusan/Departemen Biologi yang senantiasa saya hormati, **Prof. Soeparmo, Drs. M.S. (alm), Drs. Soelaiman, Dr. Mas Leogito, M.S. (alm), Drs. J. Soemartojo (alm), Drs. Ida Bagus Rai Pidada, M.Si., Drs. Noer Moehammad. M.Kes.,** yang telah membimbing dan menjadi teladan yang baik
14. Ibu **Dra. Mariatun Leogito, M.S. (alm)** selaku dosen wali dan membimbing skripsi saya dan Bapak **Drs. Ida Bagus Rai Pidada, M.Si.** yang telah membimbing skripsi saya, dan senantiasa menunggu saya untuk menjadi guru besar
15. **Prof. Dr. Jean Claude Bertrand, DEA. dan Dr. Michele Gilewicz, DEA** yang telah membimbing saya dengan sangat sabar selama studi *fast track* magister (DEA) ke program Doktor di Faculte de Science, Universite D'Aix Marseille II France. Amanah Beliau untuk saya melanjutkan penelitian terkait hidrokarbon minyak di Indonesia hingga saat ini.
16. **Prof. Dr. Philippe Cuny, DEA, Dr. Jerome Faucet, DEA, Monique Acquaviva, DEA., Dr. Patricia Bonin, DEA., Dr. Jean Francoise Rontani, DEA., Dr. Gerald Gregory., Dr. Michelle Denis, DEA., Dani, DEA, Marielle, DEA.,** dan teman-teman peneliti di Centre D'Oceanologie de Marseille, Observatoire des Sciences de l'univers yang menemani dan siap membantu saat saya studi S3 di Perancis.
17. **Prof. Dr. Dirayah Rauf Husain, DEA dan Prof. Dr. Makhsud, DEA (alm)** atas semua dukungan yang diberikan selama studi di Perancis. Bantuan Beliau selama saat saya

mencari Universitas dan promotor di Perancis tidak akan pernah bisa saya lupakan.

18. **Prof Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, DEA. dan Dr. Ir. Budhi Prihartono, DEA**, teman seperjuangan saat kuliah S3 di Marseille, Perancis atas perhatian dan bantuan penyediaan tempat tinggal saat pertama kali datang di kota Marseille dan waktu antara sampai mendapatkan tempat tinggal di asrama universitas (Cite de Luminy, Bat. B. Ch. 10, Marseille). Jasa Beliau berdua akan senantiasa terkenang dalam kehidupan saya.
19. **Bapak Feriyanto, Ibu Nazia** dan keluarga di Marseille, Perancis yang senantiasa menguatkan akidah saya, mendukung dan memberikan semangat kepada saya untuk mampu menyelesaikan studi saya di Perancis. Terima kasih atas persaudaraan yang terjalin indah hingga saat ini.
20. **Dr. Hanif Yuliani, S.Si, M.T**, dan **Dr. Eko Agus Nugroho, ST., M.T.** yang senantiasa bersemangat untuk mengiringi saya dalam penelitian biodegradasi hidrokarbon dan produksi biosurfaktan. Terima kasih atas dukungan yang luar biasa untuk membantu kami dalam penyediaan sampel lumpur minyak dari berbagai lokasi di Indonesia dan hadiah peralatannya yang sangat kreatif guna mendukung produksi dan karakterisasi biosurfaktan bakteri. Semoga mimpi kita bersama untuk membantu ketersediaan biosurfaktan Indonesia segera menjadi kenyataan.
21. Tim peneliti mahasiswa saya dari Program Studi S1 Biologi, S1 Kimia, S2 Biologi, S2 Kimia, S3 MIPA Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah bersedia bergabung dalam topik penelitian kami mulai dari tahun 2000 hingga 2023 terkait eksplorasi bakteri hidrokarbonoklastik dari berbagai lingkungan tercemar minyak, potensi biodegradasi hidrokarbon bakteri hidrokabonolastik, mekanisme asimilasi

hidrokarbon minyak, potensi produksi biosurfaktan bakteri lokal indigenus lingkungan tercemar minyak, bioremediasi tanah tercemar minyak, produk berbasis mikroba untuk pengolahan lumpur industri minyak, pemanfaatan limbah pertanian untuk produksi biosurfaktan, hingga *scale up* produksi biosurfaktan bakteri hidrokarbonoklastik

22. Tim dosen dan peneliti di Kelompok Bidang Keahlian Mikrobiologi (KBK) Mikrobiologi, Departemen Biologi, FST Unair, **Prof. Dr. Ir. Tini Surtiningsih, DEA., Dr. Salamun, M.Kes., Drs. Agus Supriyanto, M.Kes., Tri Nurhariyati, S.Si., M.Kes., Dr. Fatimah, S.Si., M.Kes., Dr. Almando Geraldi, S.Si., M.Sc.** Terima kasih atas semangat persaudaraan yang kita bina dan kolaborasi yang membahagiakan dalam melaksanakan tugas pendidikan, penelitian dan pengabdian masyarakat, semoga Allah memberikan keberkahan atas semua yang telah kita upayakan bersama.
23. Tim dosen dan peneliti yang bergabung dalam Pusat Riset PUIPT Rekayasa Molekul Hayati (*Research Center for Bio-Molecules Engineering*, BIOME) Universitas Airlangga di bawah bimbingan **Prof. Dr. Ni Nyoman Tri Puspaningsih, M.Si.**, dengan ketua **Dr. Imam Siswanto, M.Si.**, atas semangat sinergi dan kolaborasi bersama untuk kebaikan dan kemajuan penelitian di Universitas Airlangga.
24. Kepada rekan-rekan sejawat dosen: **Prof. Dr. Edy Setiti Wida Utami, M.S., Prof. Dr. Y. Sri Wulan Manuhara, M.Si., Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA., Dr. Listyani Suhargo, M.Si., Dr. Dwi Winarni, M.Si., Dra. Thin Soedarti, CESA., Hari Soepriandono, S.Si., M.Si., Dr. Sugiharto, S.Si., M.Si., Dwi Kusuma Wahyuni, S.Si., M.Si., Anjar Tri Wibowo, S.Si., M.Sc., Ph.D., Muhammad Hilman Fu'Adil Amin, S.Si., M.Si., Firli Rahmah**

Primula Dewi, M.Si., Ph.D., Manikya Pramudya, S.Si., M.Si., Drs. Trisnadi Widyaleksono C.P., M.Si., Dr. Eko Prasetyo Kuncoro, S.T., DEA., Nita Citrasari, S.Si., M.T., Nur Indradewi Oktavitri, S.T., M.T., Dwi Ratri Mitha Isnadina, S.T., M.T., Dr. Nurina Fitriani, S.T., Febri Eko Wahyudianto, S.T., M.T., Dio Alif Utama, S.T., M.Sc., Wahid Dianbudiyanto, S.T., M.Sc., Muhammad Fauzul Imron, S.T., M.T. dan tenaga kependidikan: Mbak Ari, Mbak Yatminah, Mas Catur, Mas Sukaji, Mas Suwarni, Mas Setianto, Mas Eko, Mas Hasan, Mbak Alvin, Mbak Fitri, Mbak Iqlima, Mbak Yulis, Mas Muslimin, Mas Arif, Mas Sunar di Departemen Biologi, FST UNAIR, terima kasih banyak untuk kebaikan hati dan suasana akademik yang menyenangkan yang telah diberikan selama berinteraksi bersama.

25. Semua dosen dan mahasiswa tim penelitian Biodegradasi hidrokarbon, Mikroba Endosimbion, Biosurfaktan, dan Mikroba penyubur lahan dari kawasan perkebunan De Durian Wonosalam Jombang.
26. Koordinator tim penelitian kami yang sangat luar biasa dalam mendukung perencanaan, pelaksanaan, hingga lengkapnya administrasi pertanggungjawaban keuangan penelitian, yaitu **Dr. Fatimah, S.Si., M.Kes., Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si., Intan Ayu Pratiwi, S.Si., M.Si., Nastiti Tri Kurniadewi, S.Si., M.Si., Ana Mariatul Khiftiyah, S.Si., M.Si., Silvia Kurnia Sari, S.Si., M.Si., Aisyah Rahmawati, S.Pd., M.Si., Laily Ainun Jaiyah, S.Pd., M.Si., Berlian Rustantina, S.Pd., M.Si., Miftahul Jannah, S.Si., M.Si., Fatmi Indah Hati, S.Si., Arsy Habi Priyatama, Rizky Febriana, Kirana Atmanindya, Rama Ali Sadikin** dan teman-teman mahasiswa yang sangat kompak dan saling membantu.

27. Seluruh mahasiswa bimbingan dan alumni bimbingan atas dedikasi, kerjasama dan kekeluargaan yang dijalin. Semoga Allah membalas amal baik kalian semua dengan pahala berlimpah.
28. Anggota *Asian Network on Microbial Utilization* (AnMicro), yaitu **Dr. Lily Eurwilaichitr (Thailand), Prof. Saw Sandar Maw (Myanmar), Dr. Eng. Isty Ahitya Purwasena, Dr. Dalia Sukmawati, Ibu Tri Sulistiyani (Indonesia), Dr. Jeffrey Lim Seng Heng (Malaysia), Dr. Marilyn Brown, Asst. Prof. Jaycee Augusto Paguirigan (Philiphina)** atas kebersamaan dan kolaborasinya hingga saat ini dalam upaya peningkatan kompetensi untuk pengelolaan kultur koleksi mikroba dan sharing informasi tentang pemanfaatan mikroba bagi kehidupan manusia.
29. Bapak **Yusron Aminullah, Bapak Joko, Mas Gurning, Mas Damanhuri, Mas Arvan** dan seluruh anggota tim mitra kerjasama kegiatan pendidikan, penelitian dan pengabdian masyarakat De Durian Park Wonosalam–Jombang atas dukungan, fasilitasi dan sinergi kolaborasinya dengan Universitas Airlangga dalam upaya memakmurkan bumi Allah.
30. Kepada segenap tenaga kependidikan, teknisi dan laboran di Departemen Biologi dan FST, Universitas Airlangga. Terima kasih atas bantuan dan kerjasama yang diberikan selama ini.
31. Teman-teman seangkatan TK, SD, SMP, SMA, S1, dan Doctorat atas kebersamaannya yang luar biasa dalam suka dan duka hingga saat ini.
32. Teman-teman dosen dari berbagai Universitas di Indonesia yang studi di Perancis angkatan 1995. Terima kasih atas kebersamaannya. Pengalaman kursus bahasa Perancis di

- Salemba dan di Montpellier France akan menjadi kenangan yang tak akan terlupakan.
33. Keluarga besar Alumni FMIPA/FST atas persaudaraan yang selama ini telah kita jalin.
 34. Kepada teman-teman yang sangat mendukung dan membantu administrasi berkas pengusulan guru besar saya, **Mas Pamudji, Mbak Novita Sandra Usman, Mbak Ida, Mas Vega, Dik Nastiti, Dik Ana, Dik Silvia**, Bapak dan Ibu tim PAK di FST Unair dan Tim Sumber Daya Unair. Semoga Allah membalas amal baik Bapak dan Ibu semua dengan pahala yang berlimpah.
 35. Seluruh panitia pengukuhan Guru Besar Universitas Airlangga tahun 2023 yang tidak bisa saya sebut satu per satu, yang telah bekerja keras sehingga upacara dapat terlaksana dengan sangat baik, saya sampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya.
 36. Kepada Bapak dan Ibu Guru TK Yayasan Wisma Semen Gresik, SD II Yayasan Wisma Semen Gresik dan Bu **Tatik** yang telah menjadi tauladan bagi saya untuk mencontoh profesi Beliau sebagai guru, SMP Yayasan Wisma Semen Gresik, SMA Negeri Gresik atas semua ilmu yang telah diberikan kepada saya.
 37. Terima kasih yang tak terhingga saya haturkan kepada kedua orang tua saya tercinta yaitu Bapak **H. Masjhari (alm)** dan Ibu **Hj. Sulami** yang telah membesarkan, mendidik saya untuk memiliki akidah yang kuat dan senantiasa mendoakan dengan tulus ikhlas untuk kebahagiaan saya, adik-adik saya serta keluarga kami semua. Semangat juang, pengorbanan yang tak ternilai, kesabaran, dan kerendahan hati Beliau berdua senantiasa menjadi teladan dan menjadi bekal saya menjalani kehidupan ini. Semoga semua amal baik

Beliau berdua, kesungguhan dan keikhlasan Beliau dalam mendidik kami untuk menjadi anak-anak yang soleh dan solehah mendapat ridho Allah, tercatat sebagai amal jariyah dan mendapatkan pahala yang senantiasa mengalir dalam kehidupan Beliau di dunia hingga di akhirat nanti.

38. Kepada mertua saya, Bapak **Abdoel Mukti (alm)** dan Ibu **Siti Zainab (alm)** yang telah berhasil mendidik suami saya untuk menjadi lelaki yang soleh, sabar, pekerja keras, dan rela berkorban untuk orang lain. Meskipun secara fisik saya belum pernah bertemu, cerita tentang kerendahan hati, pengorbanan dan keikhlasan Beliau menjadi teladan bagi saya dan keluarga.
39. Kepada Pak Lik **Abdoel Syukur** dan Bu Lik **Ami Sularsih** yang telah mengisi sebagian kehidupan kami dan memberi pelajaran yang sangat berharga kepada kami tentang disiplin dan semangat untuk bekerja keras dalam menjalani kehidupan ini,
40. Kepada suami tercinta, **Dr. Moch. Affandi, M.Si.**, yang selalu memberikan dukungan semangat, motivasi, bantuan pemikiran dan kesabarannya dalam menemani saya dalam menjalankan tugas sebagai dosen maupun menjalankan tugas struktural saya yang tidak jarang mengambil waktu kebersamaan keluarga. Semoga bimbingan dan pengorbanan yang telah diberikan kepada saya tercatat sebagai amal jariyah dan mendapat pahala berlimpah dari Allah.
41. Kepada seluruh keluarga besar saya, Adik-Adik saya (**Mas'ud Hariyanto, S.Pd, Slamet Harianto, S.T., Nur Hidayatul Alami, S.Si., M.Si.**), ipar-ipar saya (**Santi Azizah, S.Pd, Rahmi Khoironi, Amd, Adi Wicaksono, SH., Mas Gatot Waluyo, Mbak Wawan, Mbak Sri Rudarwati, Mas Yayat**), keponakan-keponakan saya, Bu Dhe dan Pak Dhe saya (**Ibu Supariyah, Ibu Hj. Wasiah dan Bapak Bachran**), Pak Lik

dan Bu Lik saya (Bapak **H. Ali Chozin (alm)**, Bapak **H. Kholisin** dan **Hj. Durrotul Masunah, Neng Maftuhah**, Bapak **H. Masnan (alm)** dan Ibu **Sulamsih (alm)**, Bapak **H. Suachiyat** dan Ibu **Hj. Olha Sugiarsih**, Bapak **Suyatno** dan Ibu **Sri Kustini**, Bapak **H. Sunarko** dan Ibu **Hj. Sri**, Bapak **H. Sudiharto** dan Ibu **Hj. Rahmi Mariati**, Bapak **Rifqi** dan Ibu **Sudiharti**), sepupu, seluruh kerabat saya dari keluarga besar Bani Sulaiman, keluarga besar Bani Abu Ali, terima kasih atas erat dan kuatnya ikatan persaudaraan yang telah kita bangun bersama. Semoga Allah menjadikan kita semua ahli surga, dipertemukan Allah menjadi keluarga di dunia dan di akhirat nanti. Aamiin.

40. Kepada para hadirin dan handai taulan yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah membantu dan mendukung saya selama ini.

Akhirnya kepada para hadirin, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan meluangkan waktu di tengah kesibukan Bapak/Ibu untuk menghadiri acara pengukuhan ini. Mohon maaf atas segala kekurangan. Semoga Allah memberikan keberkahan kepada kita semua Aamiin. Terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi wabarakatuh

REFERENSI

- Abbasian, F., Lockington, R., Mallavarapu, M., & Naidu, R. (2015). A comprehensive review of aliphatic hydrocarbon biodegradation by bacteria. In *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 176(3). <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1603-5>.
- Al-Hawash, A. B., Dragh, M. A., Li, S., Alhujaily, A., Abbood, H. A., Zhang, X., & Ma, F. (2018). Principles of microbial degradation of petroleum hydrocarbons in the environment. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(2), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.06.001>.
- Alzahrani, A. M., & Rajendran, P. (2019). Petroleum Hydrocarbon and Living Organisms. *Hydrocarbon Pollution and Its Effect on the Environment*, 1–16. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86948>.
- Aparna, A., Srinikethan, G., & Smitha, H. (2012). Production and characterization of biosurfactant produced by a novel *Pseudomonas* sp. 2B. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 95, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2012.01.043>.
- Arifiyanto, A., Surtiningsih, T., Ni'matuzahroh, Fatimah, Agustina, D., & Alami, N. H. (2020). Antimicrobial activity of biosurfactants produced by *Actinomycetes* isolated from rhizosphere of Sidoarjo mud region. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24, 101513. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101513>.
- Chandel, A., Chan, E., Rudravaram, Narasu, M., Rao, & Ravindra. (2007). Economics and environmental impact of bioethanol production technologies:an appraisal. *Biotechnology and Molecular Biology Review*, 2(1), 14–32.
- Chinedu, O., Abraham, P., Banaru, A. A., & Dauda, W. P. (2023). Biosurfactants: possible roles in environmental management -a review. *FUDMA Journal of Sciences (FJS)*, 7(4), 236–245.
- Cookson JT Jr. 1995. Bioremediation engineering design and application. Mc.Graw Hill Inc., New York, USA.
- De Almeida, D. G., Soares Da Silva, R. de C. F., Luna, J. M., Rufino, R. D., Santos, V. A., Banat, I. M., & Sarubbo, L. A. (2016). Biosurfactants: Promising molecules for petroleum biotechnology advances. *Frontiers in Microbiology*, 7(OCT), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01718>.
- Deng, M. C., Li, J., Hong, Y. H., Xu, X. M., Chen, W. X., Yuan, J. P., Peng, J., Yi, M., & Wang, J. H. (2016). Characterization of a novel biosurfactant

- produced by marine hydrocarbon-degrading bacterium *Achromobacter* sp. HZ01. *Journal of Applied Microbiology*, 120(4), 889–899. <https://doi.org/10.1111/jam.13065>.
- Doyle, R.J., Rosenberg, M. (1990). Microbial cell surface hydrophobicity. *American Society for Microbiology*. Washington DC.
- Fatimah. (2012). Karakterisasi produk dan deteksi gen penyandi biosurfaktan bakteri *Acinetobacter* sp. P2(1) : Upaya over produksi biosurfaktan untuk aplikasi industri. Universitas Brawijaya.
- Fatimah, Sari, S. K., Trikurniadewi, N., Ibrahim, S. N. M. M., Khiftiyah, A. M., Indriyasaki, K. N., Nurhariyati, T., Surtiningsih, T., Yuliani, H., & Ni'matuzahroh. (2020). Corn cob hydrolyzate from *Penicillium citrinum* H9 as an alternative substrate for biosurfactant production by hydrocarbonoclastic bacteria. *Ecology, Environment and Conservation*, 26(October), S169–S175.
- Fatmalia, N. (2015). Optimalisasi biodegradasi senyawa hidrokarbon dalam oil sludge oleh *Acinetobacter* sp. P2(1). Universitas Airlangga.
- Geraldi, A., Ni'matuzahroh, Wanguyun, A. P., Hariyanto, S., Agustiana, B. N. D., Nastiti, A., Alfianita, R. N., Gumilar, I., Virginia, T. T., Mukarromah, S. R., Savitri, A. D., Nadhifa, E. E., Jallaludhin, K., & Kinayoh, L. R. (2019). Bioprospecting of cellulolytic and biosurfactant-producing bacteria for organic waste treatment. *Pollution Research*, 38(August), S114–S117.
- Gil, C. V., Rebocho, A. T., Esmail, A., Sevrin, C., Grandfils, C., Torres, C. A. V., Reis, M. A. M., & Freitas, F. (2022). Characterization of the Thermostable Biosurfactant Produced by *Burkholderia thailandensis* DSM 13276. *Polymers*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/polym14102088>.
- Global Insight Market. (2023). Global biosurfactants market research report by Markets and Markets™ Inc. Biosurfactants Market Size and Share | Industry Statistics - 2027 (gmainsights.com). <https://www.gminsights.com/industry-analysis/biosurfactants-market-report>.
- Goswami, P., Devendra Singh, H. (1991). Different modes hydrocarbon uptake by two *Pseudomonas* species, *Biotechnology and Bioengineering*, 37: 1-11. John Wiley and Sons, Inc.
- Gurjar, J., & Sengupta, B. (2015). Production of surfactin from rice mill polishing residue by submerged fermentation using *Bacillus subtilis*

- MTCC 2423. *Bioresource Technology*, 189, 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.04.013>.
- Hausmann, R., & Syltatk C. (2015). Types and classification of microbial surfactant. In *Biosurfactants: Production and Utilization Processes, Technologies, and Economics* (pp. 3–17). Boca Raton: CRC Press.
- Henrietta, C. (2020). Application of biosurfactants in environmental remediation. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 14(10), 30–42. <https://doi.org/10.9790/2402-1410043042>.
- Hong, Y. H., Ye, C. C., Zhou, Q. Z., Wu, X. Y., Yuan, J. P., Peng, J., Deng, H., & Wang, J. H. (2017). Genome sequencing reveals the potential of *Achromobacter* sp. HZ01 for bioremediation. *Frontiers in Microbiology*, 8(AUG), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01507>.
- Ibrahim, C. (2001). Diversitas bakteri hidrokarbonoklastik di perairan Sungai Kali Donan Cilacap Jawa Tengah. Universitas Airlangga.
- Joshi, S., Bharucha, C., Jha, S., Yadav, S., Nerurkar, A., & Desai, A. J. (2008). Biosurfactant production using molasses and whey under thermophilic conditions. *Bioresource Technology*, 99(1), 195–199. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.12.010>.
- Kalqutny, S. H. (2017). Deteksi gen penyandi biosurfaktan isolat bakteri T1(8) dan karakterisasi biosurfaktan yang dihasilkan pada substrat terlarut dan tidak terlarut. Universitas Airlangga.
- Kavitha, V., Mandal, A. B., & Gnanamani, A. (2014). Microbial biosurfactant mediated removal and/or solubilization of crude oil contamination from soil and aqueous phase: An approach with *Bacillus licheniformis* MTCC 5514. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 94, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.04.028>.
- Kiran, G. S., Thomas, T. A., & Selvin, J. (2010). Production of a new glycolipid biosurfactant from marine *Nocardiopsis lucentensis* MSA04 in solid-state cultivation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 78(1), 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.01.028>.
- Kubicki, S., Bollinger, A., Katzke, N., Jaeger, K. E., Loeschcke, A., & Thies, S. (2019). Marine biosurfactants: biosynthesis, structural diversity and biotechnological applications. *Marine Drugs*, 17(7), 1–30. <https://doi.org/10.3390/md17070408>.

- Kumalasari, D. P. 2017. Uji potensi potensi bakteri indigenous oil sludge Dumai- Riau sebagai penghasil biosurfaktan pada substrat hidrokarbon. Universitas Airlangga.
- Listyawati, A. F. (2012). Kinetika produksi biosurfaktan oleh *Pseudomonas putida* T1 (8) dengan menggunakan substrat d-glukosa. Universitas Airlangga.
- Luna, J. M., Rufino, R. D., Jara, A. M. A. T., Brasileiro, P. P. F., & Sarubbo, L. A. (2015). Environmental applications of the biosurfactant produced by *Candida sphaerica* cultivated in low-cost substrates. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 480, 413–418. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.12.014>.
- Lusiana, H. (2019). Deteksi gen penyandi biosurfaktan pada *Bacillus* sp 3 KP serta karakterisasi produk yang dihasilkan. Universitas Arilangga.
- Makkar, R., & Cameotra, S. (2002). An update on the use of unconventional substrates for biosurfactant production and their new applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 58(4), 428–434. <https://doi.org/10.1007/s00253-001-0924-1>.
- Marcelino, J. (2021). Peran fitoremediasi *Eichhornia crassipes* terhadap penurunan kadar minyak dan lemak pada pengolahan air limbah wisata kuliner Deles, Surabaya. Universitas Airlangga.
- Miguez, C. B., Beveridge, T. J. & Ingram, J. M. (1986). Lipopolysaccharide change and cytoplasmic polyphosphate granule accumulation in *Pseudomonas aeruginosa* during growth in hexadecane. *Can. J. Microbiol.* 32:248-253.
- Mouafo, T. H., Mbawala, A., & Ndjouenkeu, R. (2018). Effect of different carbon sources on biosurfactants' production by three strains of *Lactobacillus* spp. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5034783>.
- Mukherjee, S., Das, P., & Sen, R. (2006). Towards commercial production of microbial surfactants. *Trends in Biotechnology*, 24(11), 509–515. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2006.09.005>.
- Neu, Thomas R., (1996). Significance of bacterial surface-active compounds in interaction of bacteria with interfaces. *Microbiological Reviews*. 60: 151-166.

- Ni'matuzahroh. (1998). Biodegradation des hydrocarbures polyaromatiques par la bacterie marine *Sphingomonas* sp. 2MPII. These. Centre d' oceanologie de Marsille Faculte de Science. Universite De La Mediterranee.
- Ni'matuzahroh. (2000). Pencarian strain bakteri hidrokarbonoklastik di kawasan perairan pantai Surabaya. Laporan Penelitian Universitas Airlangga.
- Ni'matuzahroh. (2002). Mekanisme asimilasi hidrokarbon oleh bakteri hidrokarbonoklastik *Pseudomonas aeruginosa* IA7D. Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Airlangga.
- Ni'matuzahroh, Fatimah, Surtiningsih, T., & Sumarsih, S. (2013). Biocleanoil produk berbasis mikroba untuk pengolahan sludge industri minyak. Laporan Penelitian Universitas Airlangga.
- Ni'matuzahroh, Muslikhah, Oktavetri, N. I., Trikurniadewi, N., Fatimah, Sumarsih, S., & Yuliani, H. (2019). Utilization of bacterial consortium for oil sludge biodegradation using bioslurry method. *Malaysian Journal of Microbiology*, 15(4), 327–332.
- Ni'matuzahroh, N., Alami, N. H., Khudlari T., A. F., Fatimah, F., & Nurhariyati, T. (2010). Studi kinetika produksi biosurfaktan *Bacillus subtilis* 3KP pada substrat molase. *Berkala Penelitian Hayati*, 16(1), 33–38. <https://doi.org/10.23869/bphjbr.16.1.20106>.
- Ni'matuzahroh, N., Sari, S. K., Trikurniadewi, N., Pusfita, A. D., Ningrum, I. P., Ibrahim, S. N. M. M., Nurhariyati, T., Fatimah, & Surtiningsih, T. (2019). Utilization of rice straw hydrolysis product of *Penicillium* sp. H9 as a substrate of biosurfactant production by LII61 hydrocarbonoclastic bacteria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 217(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/217/1/012028>.
- Ni'matuzahroh, Nurhayati, T., & Supriyanto, A. (2005). Daya hambat biosurfaktan terhadap pertumbuhan mikroba patogen: upaya mengungkap aplikasi produk biosurfaktan bakteri sebagai agen anti mikroba dan biokontrol fitopatogen. Laporan Penelitian Universitas Airlangga.
- Ni'matuzahroh, Nurmalasari, R., Ayu Silvia, R., Nurhariyati, T., & Surtiningsih, T. (2015). Effectiveness in enhancing oil recovery through combination of biosurfactant and lipases bacteria. *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, 5(6), 83–87. www.textroad.com.

- Ni'matuzahroh, Puspitasari, A. O., Pratiwi, I. A., Fatimah, Sumarsih, S., Surtiningsih, T., & Salamun. (2017). Oil removal from petroleum sludge using bacterial culture with molasses substrate at temperature variation. *Proceeding of International Biology Conference 2016: Biodiversity and Biotechnology for Human Welfare AIP Conference Proceedings*.
- Ni'matuzahroh, Puspitasari, A. O., Pratiwi, I. A., Fatimah, Sumarsih, S., Surtiningsih, T., & Salamun. (2016). Oil removal from petroleum sludge using bacterial culture with molasses substrate at temperature variation. *AIP Conference Proceedings*, 1718. <https://doi.org/10.1063/1.4943312>
- Ni'matuzahroh, Sari, S. K., Ningrum, I. P., Pusfita, A. D., Marjayandari, L., Trikurniadewi, N., Ibrahim, S. N. M. M., Fatimah, Nurhariyati, T., Surtiningsih, T., & Yuliani, H. (2019). The potential of indigenous bacteria from oil sludge for biosurfactant production using hydrolysate of agricultural waste. *Biodiversitas*, 20(5), 1374–1379. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200529>.
- Ni'matuzahroh, Sari, S. K., Trikurniadewi, N., Ibrahim, S. N. M. M., Khiftiyah, A. M., Abidin, A. Z., Nurhariyati, T., & Fatimah. (2020). Bioconversion of agricultural waste hydrolysate from lignocellulolytic mold into biosurfactant by *Achromobacter* sp. BP(1)5. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24(October 2019), 101534. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101534>.
- Ni'matuzahroh, Supriyanto, A., Affandi, M., & Fatimah. (2009). Laporan Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun Anggaran 2009: Bioremediasi tanah tercemar minyak menggunakan konsorsium mikroba. Universitas Airlangga.
- Nurfarahin, A. H., Mohamed, M. S., & Phang, L. Y. (2018). Culture medium development for microbial-derived surfactants production-an overview. *Molecules*, 23(5), 1–26. <https://doi.org/10.3390/molecules23051049>.
- Olasanmi, I. O., & Thring, R. W. (2018). The role of biosurfactants in the continued drive for environmental sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 10(12), 1–12. <https://doi.org/10.3390/su10124817>.
- Panjiar, N., Mattam, A. J., Jose, S., Gandham, S., & Velankar, H. R. (2020). Valorization of xylose-rich hydrolysate from rice straw, an agro residue, through biosurfactant production by the soil bacterium *Serratia nematodiphila*. *Science of the Total Environment*, 729. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138933>.

- Plaza, G. ., Chojniak, J., Mendrek, B., Trzebicka, B., Kvittek, L., Panacek, A., Pucek, R., Zboril, R., Paraszkievicz, K., & Bernat, P. (2015). Synthesis of silver nanoparticles by *Bacillus subtilis* T-1 growing on agro-industrial wastes and producing biosurfactant. *IET Nanobiotechnology*, 25, 1–7.
- Prasetyawati, E., T., Surtiningsih, T., Nimatuzahroh, Purkan, Khiftiyah, A. M., & Sari, S. K. (2022). Screening of biosurfactant production by *Bacillus* spp. potentially inhibiting the growth of *Ralstonia solanacearum*. *8th International Conference and Workshop on Basic and Applied Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0106613>.
- Pujiati. (2011). Efektivitas biosurfaktan dalam solubilisasi senyawa btx yang terserap dalam adsorben (clay) menggunakan teknik *soil washing*. Universitas Airlangga.
- Ran, W., Zhu., Z., Z., G., Luo., Y., & S., Q. (2011). Production of lipopeptides by *Bacillus amyloliquefaciens* XZ-173 in solid state fermentation using soybean flour and rice straw as the substrate. *Bioresource Technology*, 112, 254–260.
- Reddy, P. G., Singh, H. D., Pathak, M. G., Bhagat, S. D., and Baruah, J. N. (1983). Isolation and functional characterization of hydrocarbon emulsifying and solubilizing factors produced by a *Pseudomonas* species. *Biotechnol. Bioeng.* 25:387-401.
- Renjana, E. (2017). Identifikasi isolat, karakterisasi biosurfaktan, dan deteksi gen penyandi biosurfaktan bakteri hidrokarbonoklastik LII61. Universitas Airlangga.
- Rosenberg, M. and Rosenberg, E.(1981). Role of adherence in growth of *Acinetobacter calcoaceticus* RAG-1 on hexadecane.*J Bacteriol.*1: 51-57.
- Rosenberg, M., Kjellberg. S. (1986).Hydrophobicity interaction in bacterial adhesion. *Adv Microb. Ecol.* 9: 353-393.
- Rosenberg, M.(1991).Basic and applied aspects of microbial ailesin at the hydrocarbon Water interface. *Crit.Rev._Microbiol.*18(2):159-173.
- Roy, P.K., Singh H.D., Bhagat S.D., and Baruah J.N.,(1979).Characterisation of hydrocarbon emulsification solubilisation occurring during the growth if *Endomycopsis lypolytica* on hydrocarbons. *Bioetchnol. Bioeng.* 21:955-974.
- Safira, N., Yulastuti, W. S., Hakim, A. P., Soegianto, A., Sumarsih, S., & Yuliani, H. (2020). Oil sludge biodegradation using biopile reactor

- with additions of microbial consortium , bulking agent , and inorganic nutrient. *Ecology, Environment and Conservation Journal Papers*, 26.
- Saha, B. C. (2004). Lignocellulose biodegradation and application in biotechnology. *US Government Work.American Chemical Society*, 2.
- Salamun, Ni'matuzahroh, Fatimah, Tsana, I., Al-Batati, N., & Kasanah, I. A. (2020). Characteristics of native entomopathogenic *Bacillus* sp. BK5.2 as an environmental friendly potential agent for disease vectors and plant diseases control. *Ecology, Environment and Conservation Journal Papers*, 26(4), 1852–1857.
- Sari, G. L., Trihadiningrum, Y., & Ni'matuzahroh. (2019). Isolation and identification of native bacteria from total petroleum hydrocarbon polluted soil in Wonocolo Sub-District, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 20(8), 60–64. <https://doi.org/10.12911/22998993/110816>.
- Sari, G. L., Trihadiningrum, Y., Ni'matuzahroh, Putra, S. A., Kasasiah, A., & Alim, M. S. (2022). Biosurfactant produced by indigenous bacteria during composting process of crude oil polluted soil: Properties and Role. *Journal of Ecological Engineering*, 23(4), 297–314. <https://doi.org/10.12911/22998993/146693>.
- Sari, S. K., Ni'matuzahroh, Fatimah, Nurhariyati, T., Trikurniadewi, N., Khiftiyah, A. M., Abidin, A. Z., & Indriyasari, K. N. (2022). Comparison of nutrient-rich and limited media in the production of biosurfactant by *Achromobacter xylosoxidans* BP(1)5. *Malaysian Journal of Microbiology*, 18(2), 215–221. <https://doi.org/10.21161/mjm.211272>.
- Sharma, I. (2021). Bioremediation techniques for polluted environment: concept, advantages, limitations, and prospects. *Trace Metals in the Environment - New Approaches and Recent Advances*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90453>.
- Sharma, R., Singh, J., & Verma, N. (2018). Optimization of rhamnolipid production from *Pseudomonas aeruginosa* PBS towards application for microbial enhanced oil recovery. *3 Biotech*, 8(1). <https://doi.org/10.1007/s13205-017-1022-0>.
- Sikkema Jan., Jan A.M. De Bont., Poolman, Bert. (1995). Mechanisms of membran toxicity of hydrocarbon. *Microbiological Reviews*. 59: 201-222.
- Singh, P., Saini, H. S., & Raj, M. (2016). Rhamnolipid mediated enhanced degradation of chlorpyrifos by bacterial consortium in soil-water system.

- Ecotoxicology and Environmental Safety*, 134, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.07.020>.
- Sjoblom, L. (1967). In *solvent properties of surfactant solution*; Shinoda, K., Ed., Marcel Dekker, Inc: New York pp 189-262.
- Sobrinho, H. B. S., Luna, J. M., Rufino, R. D., Porto, A., & Sarubbo, L. A. (2014). Biosurfactants: classification, properties and environmental applications. *Recent Developments in Biotechnology*, 11(14), 1–29. https://www.researchgate.net/profile/Leonie-Sarubbo/publication/280841136_Biosurfactants_Classification_Properties_and_Environmental_Applications/links/55c90f1008aebc967df90aea/Biosurfactants-Classification-Properties-and-Environmental-Applications.pdf.
- Suh, S. J., Invally, K., & Ju, L. K. (2019). Rhamnolipids: Pathways, productivities, and potential. In *Biobased surfactants: synthesis, properties, and applications* (Second Edition). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812705-6.00005-8>.
- Syafrizal, Rahmanisar, R., Partono, T., Zulkifliani, Kristiawan, O., Ardhyarini, N., Handayani, Y., and Rofiqoh. 2020. Biodegradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi menggunakan aktivitas konsorsium sedimen laut dalam. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, 54(2): 81-91.
- Tiehm A, Fritzche. (1995). Utilisation of clubilized and crystalline mixture of aromatic hydrocarbon by a *Mycobacterium* sp. *Appl Microbiol Biotechnol*. 42: 964-968.
- Trikurniadewi, N. (2015). Biodegradasi Naftalen dan Fenantren oleh *Bacillus subtilis* 3KP. Universitas Airlangga.
- U.S. EPA. (2001). Treatment technologies for site cleanup: annual status report. In *Office of solid waste and emergency response* (10th ed.).
- Walter, V., Sylдатk, C., & Hausmann, R. (2010). Screening concepts for the isolation of biosurfactant producing microorganisms. In *Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 672, pp. 1–13). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5979-9_1.
- Yuliani, H. (2004). Isolasi dan karakterisasi biosurfaktan *Bacillus subtilis* 3KP pada substrat molase. Universitas Airlangga.
- Zhang, Y. & Miller, R. M. (1992). Enhanced octadecane dispersion and biodegradation by a *Pseudomonas* rhamnolipid surfactant (biosurfactant). *Appl. Environ. Microbiol.* 5.3276-3282.

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Prof. Dr. Ni'matuzahroh, Dra.
NIP : 19680105 199203 2 003
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat dan Tanggal Lahir : Gresik, 5 Januari 1968
Agama : Islam
Pangkat/Golongan/Jabatan : Pembina /IV A
Unit Kerja : Departemen Biologi, Fakultas
Sains dan Teknologi
Alamat Rumah : Jl. Kedinding Lor Gg. Tulip
No 21 Surabaya
Nomor Telepon/ HP : 08121773272
E-mail : nimatuzahroh@fst.unair.ac.id
Status : Menikah
Nama Suami : Dr. Moch. Affandi, M.Si.

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Airlangga, Surabaya	Universite D'Aix Marseille II, France	Universite D'Aix Marseille II, France
Bidang Ilmu	Biologi	Mikrobiologi	Mikrobiologi
Tahun Masuk-Lulus	1986-1991	1995-1998	
Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Pengaruh Iradiasi Sinar Gamma Cobalt terhadap Perkembangan Sperma-togenesis Testis Mencit	Biodegradation des Hydrocarbures Polyaromatiques par la Bacterie Marine <i>Sphingomonas</i> sp. 2MPII	
Nama Pembimbing/ Promotor	Dra. Mariatun Loegito, M.S. dan Drs. Rai Pidada, M.S.	Prof. Dr. Jean Claude Bertrand dan Dr. Michele Gilewicz	

C. Riwayat Kepangkatan

No	Pangkat	TMT
1	Penata muda, IIIA	1 Maret 1992
2	Penata muda Tk1 IIIB	1 April 2001
3	Penata , IIIC	1 April 2003
4	Penata Tk 1, IIID	1 Oktober 2007
5	Pembina, IVA	1 Oktober 2009

D. Riwayat Jabatan Fungsional

No	Jabatan Fungsional	TMT
1	Asisten ahli madya	1 Agustus 1994
2	Asisten ahli	1 Nopember 2000
3	Lektor	1 Juli 2002
4	Lektor kepala	1 April 2007
5	Guru besar	1 Agustus 2023

E. Pengalaman Melakukan Penelitian

Tahun	Judul Penelitian	Posisi dalam Penelitian	Sumber Dana
2023	Scale up produksi biosurfaktan bakteri	Ketua Peneliti	PT (Penelitian RG-PUIPT Biome)
2023	Produksi biosurfaktan dari <i>Achromobacter xylosoxidans</i> BP1(5) pada substrat hidrokarbon: prospek aplikasi bakteri lokal indigenus lumpur minyak sebagai agen MEOR	Ketua peneliti	Penelitian Tesis Magister (PPS-PTM)
2022	Rona awal profil tanah perkebunan durian wonosalam-jombang: sebagai data dasar untuk aplikasi pupuk hayati Universitas Airlangga	Ketua peneliti	Penelitian Unggulan Fakultas
2022	Optimasi dan karakterisasi biosurfaktan <i>Achromobacter xylosoxidans</i> BP(1)5 serta upaya peningkatan produksi massal biosurfaktan berbasis GRAS (<i>Generally Recognized as Safe</i>) melalui teknik DNA rekombinan	Ketua peneliti	Penelitian PMDSU
2021	Diversitas mikroba asosiatif pada saluran cerna hewan dekomposer sampah domestik: upaya produksi enzim potensial dan formula hewan dekomposer dalam pengolahan sampah yang efektif (Tahun ke-3)	Ketua peneliti	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)
2021	Produksi biosurfaktan Rhamnolipid secara rekombinan menggunakan <i>Escherichia coli</i> sebagai inang	Ketua peneliti	Penelitian Unggulan Fakultas
2021	Diversitas mikroba asosiatif pada saluran cerna hewan dekomposer sampah domestik: upaya produksi enzim potensial dan formula hewan dekomposer dalam pengolahan sampah yang efektif (Tahun ke-2)	Ketua peneliti	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)
2020	Pengembangan produk bioinsektisida lokal: Toksisitas residual entomopatogen lokal <i>Bacillus</i> sp. SB9.1, EG6.4 dan BK5.2 di tempat perindukan nyamuk <i>Aedes aegypti</i> dan uji keamanannya terhadap organisme non -target	Anggota peneliti	Penelitian Disertasi Doktor Tahun 2020
2020	Perkembangan biomassa lapisan Schmutzdecke pada <i>slow sand filter</i> dengan augmentasi bakteri pengurai minyak pada lemak terhadap kinerja unit dalam pengolahan limbah kantin	Ketua peneliti	PT Penelitian hibah riset mandat Unair 2020

Tahun	Judul Penelitian	Posisi dalam Penelitian	Sumber Dana
2019	Diversitas mikroba asosiatif pada saluran cerna hewan dekomposer sampah domestik: upaya produksi enzim potensial dan formula hewan dekomposer dalam pengolahan sampah yang efektif (Tahun ke-1)	Ketua peneliti	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)
2019	Produksi dan karakterisasi biosurfaktan isolat BP (1)5 pada substrat gula hasil hidrolisis limbah pertanian	Ketua peneliti	UNAIR
2019	Pengaruh lapisan <i>schmutzdecke</i> pada <i>slow sand filter</i> modifikasi dengan penambahan media kulit kerang untuk mengolah air limbah domestik dalam menyisihkan nitrogen dan fosfor	Ketua peneliti	PT
2018	Pemanfaatan limbah organik sebagai media produksi biosurfaktan oleh bakteri hidrokarbonoklastik	Ketua peneliti	Penelitian Unggulan Fakultas
2018	Bioteknologi produksi senyawa antibakteri dan antifungi dari kultur kalus Sirih hitam (<i>Piper betle</i> var <i>Nigra</i>) spesies asli Indonesia (Tahun ke-2)	Anggota peneliti	UPT
2017	Pemanfaatan formula bakteri biocleanoil untuk pembersihan tangki dan pengolahan lumpur minyak (Tahun ke-2)	Ketua peneliti	STRANAS
2017	Bioteknologi produksi senyawa antibakteri dan antifungi dari kultur kalus Sirih hitam (<i>Piper betle</i> var <i>Nigra</i>) spesies asli Indonesia (Tahun ke-1)	Anggota peneliti	UPT
2016	Pemanfaatan formula bakteri Biocleanoil untuk pembersihan tangki dan pengolahan lumpur minyak (Tahun ke-1)	Ketua peneliti	IPTEK
2016	Karakterisasi gen katabolic hidrokarbon alifatik dan aromatik dari bakteri pendegradasi limbah minyak (Tahun ke-2)	Anggota peneliti	UPT
2015	Karakterisasi gen katabolic hidrokarbon alifatik dan aromatik dari bakteri pendegradasi limbah minyak (Tahun ke-1)	Anggota peneliti	UPT
2014	Biocleanoil Produk berbasis mikroba untuk pengolahan sludge industri minyak (Tahun ke-2)	Ketua peneliti	UPT

Tahun	Judul Penelitian	Posisi dalam Penelitian	Sumber Dana
2014	Efektivitas biofertiliser konsorsium mikroba pada tanaman sayuran sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas tanaman pangan nasional serta keamanan pangan dari bahan kimia (Tahun ke-2)	Anggota peneliti	Stranas
2013	“Biocleanoil” produk berbasis mikroba untuk pengolahan <i>oil sludge</i> industri minyak (Tahun ke-1)	Ketua peneliti	UPT
2012	Metode elisitasi untuk meningkatkan produksi alkaloid <i>Piper crocatum</i> sebagai bahan baku biofarmaka: upaya penanggulangan penyakit tropis	Anggota peneliti	UPT (Anggota)
2011	Eksplorasi bakteri proteolitik dan lipolitik dari rumah potong hewan Surabaya	Anggota peneliti	RKAT Fakultas
2010	Kinetika produksi bisourfaktan <i>Bacillus subtilis</i> 3KP pada molase	Ketua peneliti	IPD

F. Pengalaman Melakukan Pengabdian kepada Masyarakat (Pengmas)

Tahun	Judul Kegiatan Pengmas	Posisi dalam Pengmas	Sumber Dana
2023	Pemberdayaan Masyarakat Petani di Desa Kedungpring, Kecamatan Kedungpring, Lamongan dalam Aplikasi dan Produksi Pupuk Hayati Unair untuk Menunjang Pertanian Berkelanjutan	Ketua	PT
2020	Sosialisasi dan Pelatihan Pembuatan Pupuk Berbasis Mikroba Untuk Warga Binaan De Durian Park Wonosalam (DDP Wonosalam), Dusun Segunung, Desa Carangwulung, Kecamatan Wonosalam, Kabupaten Jombang.	Ketua	PT
2020	PKM Pemberdayaan Pemuda Karang Taruna dan Ibu-Ibu PKK Untuk Mewujudkan Kampung Surabaya SMART CITY Di Wilayah Surabaya Timur	Anggota	PT

Tahun	Judul Kegiatan Pengmas	Posisi dalam Pengmas	Sumber Dana
2019	PKM Inovasi Perbanyak Tanaman Obat dengan Teknik Verticultur Upaya Mengatasi Disfungsional Lahan di Wilayah Surabaya Timur	Anggota	PT
2018	PKM Budidaya Sayuran dengan Metode Hidroponik sebagai Upaya Peningkatan Pendapatan Pedagang Sayur Keliling dan Takmir Mushola di Desa Keputih, Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya	Anggota	RKAT Fakultas Sains dan Teknologi UNAIR
2017	Ibm Peningkatan Produktivitas Kelompok Santri Dalam Budidaya Jamur Tiram Putih Di Desa Jemirahan, Kec Jabon, Kabupaten Sidoarjo	Ketua	DRPM
2017	Pelatihan pembuatan pupuk organik cair di Probolinggo	Anggota	RKAT
2017	Pelatihan pembuatan biotoilet di warga kelurahan Desa Tenggilis (wilayah KKN) Surabaya	Ketua	KKN-Mandiri
2016	Pelatihan Pengolahan Limbah Toilet menggunakan Formula Mikroba	Ketua	BOPTN 2016
2016	Pembinaan Olimpiade Sains Nasional Bidang Biologi bagi Suru SMA se Kabupaten Jombang	Anggota	BOPTN 2016
2015	Pelatihan Pembuatan Nata de Coco pada Ibu-Ibu PKK di Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang	Ketua	BOPTN
2015	Pelatihan Pembuatan Nata de Coco pada Ibu Dharma Wanita Kopertis VII Surabaya	Anggota	RKAT
2015	Pelatihan pembuatan sediaan fagositosis bagi guru SMA se Jawa Timur		BOPTN
2015	Pelatihan pembuatan pupuk organik cair pada kelompok tani di Kecamatan Sumberejo Kabupaten Bojonegoro	Anggota	BOPTN
2014	Pelatihan Pembuatan Pupuk Cair Organik di Kecamatan Sidoarjo	Anggota	RKAT Unair
2011	Pelatihan pembuatan pupuk organik cair pada kelompok petani di kecamatan Wonoayu Kabupaten Sidoarjo	Anggota	RKAT
2011	Pelatihan mikrobiologi untuk staf PT Silicas Pasuruan	Ketua	PT Silicas

G. Pengalaman Menulis Karya Ilmiah (Artikel) di Jurnal dan Prosiding Nasional dan Internasional

Tahun	Judul	Jurnal	Sebagai
2023	Comparison of Extraction Methods and Potency Test as Oil Removal Agent of <i>Achromobacter xylosoxidans</i> BP (1) 5 Biosurfactant.	AIP Conference Proceedings, 2536, 050007	Corresponding Author
2023	Screening of biosurfactant production by <i>Bacillus</i> spp. potentially inhibiting the growth of <i>Ralstonia solanacearum</i>	AIP Conference Proceedings 2554, 090008 (2023);	Corresponding Author
2023	System dynamic modelling to assess the influential factors affecting roughing filter and slow sand filter performance in treating culinary wastewater	Journal of Water Process Engineering, 56 104274	Author
2023	Diversity and enzymatic potential of bacteria isolated from household waste compost	AIP Conference Proceedings 2554, 090010 (2023)	Corresponding Author
2022	In vitro antimalarial activity of the biosurfactant produced by <i>Serratia marcescens</i> MBC1	Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences 18 (3): 214-222	Author
2022	Optimization of Slow Sand Filtration for the Raw Municipal wastewater Treatment by Using the Blood Cockle (<i>Anadara granosa</i>) Shell as an alternative Filter Media through the Response Surface methodology	Journal of ecological Engineering, 23(6): 100-111	Author
2022	Comparative Study of Gut Microbiota from Decomposer Fauna in Household Composter using Metataxonomic Approach	Archives of Microbiology 204, 210	Corresponding Author
2022	Biosurfactant Produced by Indigenous Bacteria During Composting Process of Crude oil Polluted Soil	Journal of ecological Engineering, 23(4): 297-314	Author
2022	Potential Biocontrol Agent of Indigenous <i>Bacillus</i> sp. EG6.4: Molecular Identification, Larvacidal Toxicity, and Mechanism of Actions	Biodiversitas, 23(10): 5431-5438	Author
2022	Isolates of Polypropylene –degrading Bacteria from Landfill	Jurnal Riset Kesehatan, 11(2), 2022	Author

Tahun	Judul	Jurnal	Sebagai
2022	Isolation and Potency Test of Endophytic Bacteria as Nitrogen Fixer from Mangrove Plant in Lamongan	Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya, 4(1): 26-33	Author
2020	Schmutzdecke with Varied Filtration Rates of Slow Sand Filter to Remove Total Coliform	Heliyon, 6(4), April 2020	Author
2022	Ability Test of IAA (Indole-3-Acetic Acid) Hormone- Producing Endophytic Bacteria from Lamongan Mangrove	Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya, 4(1): 42-50	Author
2022	Effect of Microplastic on Human gut Microbiome: Detection of Plastic-Degrading Genes in Human Gut Exposed to Micropaltics – Preliminary Study	Environments, 9(11)	Author
2022	Biosurfactant Produced by Indigenous Bacteria during Composting Process of Crude Oil Polluted Soil: Properties and Role	Journal of Ecological Engineering, 23(4): 297-314	Author
2021	Larvacidal Toxicity and Parasporal Inclusion of Native <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 against <i>Aedes aegypti</i>	J. Basic Clin Physiol Pharmacol, 2021: 32(4): 379 -384	Author
2021	Biosurfactant activity of indigenous <i>Bacillus</i> sp. ES4.3 isolated from endemic breeding sites of dengue hemorrhagic fever vector in Surabaya, East Java, Indonesia	Biodiversitas 22(12): 5375-5381	Author
2021	Character visualization of millipede (<i>Cylindroiulus</i> sp.) from Household organic waste composter in Surabaya	Eco. Env. &Cons 27 (Spesial Issue) pp. (S63-S69)	Author
2021	Unraveling the bacterial diversity of Cangar Hot Spring, Indonesia by Next Generation Sequencing of 16S rRNA gene.	Biodiversitas, Vol. 22 No. 9 (2021)	Author
2021	Enzymatic activity of bacteria isolated from the gut of <i>Cylindroiulus</i> sp: future prospect for decomposing agent	IOP Conf. Series Earth and Environmental Sciences 762 (2021)	Author
2021	Exploration Indogenous <i>Bacillus</i> Bumiaji-Malang Against <i>Ralstonia solanacearum</i> Causing Potato Bacterial Wilt	International Journal of Applied Biology, 5(1)	Corresponding Author

Tahun	Judul	Jurnal	Sebagai
2020	Isolation And Characterization of Cockroach Endosymbiont Bacteria with Potential to Produce Hydrolytic Enzyme of Organic Material	Ecology, Environment and Conservation, 26 (April Suppl. Issue): S123-S131	Corresponding Author
2020	Utilization of Bacterial Consortium for Oil Sludge Biodegradation using Bioslurry Method	Malaysian Journal of Microbiology, 15(4) Special Issue 2019, pp. 327-332	Corresponding Author
2020	The Effect of Pollutant Concentration on Oil Sludge Biodegradation Using Bacterial Consortium in Bioslurry Reactor	Pollution Research, 38, March Suppl Issue 2019 Hal: S109-S114	Corresponding Author
2020	Ability of Mangrove Fungi in Biodegradation of Hexadecane	Journal of Water, Environment and Pollution, 17(3)	Author
2020	Characteristics of Methicillin Resistant <i>Staphylococcus aureus</i> (MSSA) and their inhibitory response by ethanol extract of <i>Abrus precatorius</i>	Biodiversitas, 21(9): 4076-4085	Author
2020	Prospect of Native Entomopathogenic Bacilli from Baluran National Park as Biological Control of Dengue Fever Vector	Annals of Biology 2020, 36(2): 232-237	Author
2020	Characterization of Fungal Laccase Isolated from Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) and Its Degradation from The Agriculture Waste	Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 27, 101676	Author
2020	Antimicrobial Activity of Biosurfactants Produced by Actinomycetes Isolated from Rhizosphere of Sidoarjo Mud Region	Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 24, 101534	Author
2020	Enzymatic Biotransformation of Ginsenoside Rb1 by Recombinant β -glucosidase of Bacterial Isolates from Indonesia	Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 23, 101449	Author
2020	Behavior of <i>Schmutzdecke</i> with Varied filtration Rates of Slow Sand Filter to Remove Total Coliforms	<i>Heliyon</i> , 6(4), e03736	Author
2019	Isolation and Identification of Native Bacteria from Total Petroleum Hydrocarbon Polluted Soil in Wonocolo Public Oilfields, Indonesia	Journal of Ecological Engineering, 20(8):60-64	Author

Tahun	Judul	Jurnal	Sebagai
2019	The effect of Pollutant Concentration on Oil Sludge Biodegradation Using Bacterial Consortium in Bioslurry Reactor	Journal of Pollution Research, 38, March Suppl Issue 2019: S109-S114	First Author
2019	Biodegradation of Plastic Waste by Bacterial Isolated from Surabaya Landfills	Journal of Pollution Research, 38, March Suppl Issue 2019: S21-S25	Author
2019	Utilisation of Sugar from Rice Straw hydrolysis by <i>Penicillium</i> sp. H9 as a substrate of Biosurfactant Production by LII61 Hydrocarbonoclastic Bacteria	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Proceeding 2019	Author
2019	Dehalogenase Enzyme Activity of <i>Bacillus</i> sp. D1 isolated from Pharmaceutical Waste	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Proceeding 2019	Author
2019	Callus Induction and Bioactive Compounds from <i>Piper betle</i> L., var <i>nigra</i>	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Proceeding 2019	Author
2019	Antimicrobial Activity of Ethanol Extract of <i>Abrus precatorius</i> L., Roots against Planktonic Cells and Biofilm of Urine and Blood Methicillin Sensitive <i>Staphylococcus aureus</i> (MSSA) Isolate	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 217 (2019) 012027	Author
2018	Isolation and screening of potential proteolytic and amylolytic microbes from Wonorejo Mangrove forest soil, Surabaya, Indonesia	AIP Conference Proceedings 2019, 040014	Author
2018	Petroleum Hydrocarbon Pollution in Soil and Surface Water by Public Oil Fields in Wonocolo Sub –District Indonesia	Journal of Ecological Engineering, 19(2): 184-193	Author
2018	<i>Acanthamoeba</i> sp.S-11 Phagocytotic Activity on <i>Mycobacterium leprae</i> in Different Nutrient Condition	African Journal of Infectious Diseases, 12(1S): 44-48	Author
2018	Detection of microbial presence in the room, equipment, and cell culture media at temporary stem cell laboratory	AIP Conference Proceedings 2019, 040011	Author

Tahun	Judul	Jurnal	Sebagai
2018	Antibacterial test of various ingredients of "Indonesian Jamu"	AIP Conference Proceedings 2019 040013	Author
2018	Screening and Identifying of cellulolytic bacteria from Alas Purwo National Park	AIP Conference Proceedings 2002, 020001	Author
2018	Indigenous Bacteria Community Fluctuation During Fermentation of Water Hyacinth (<i>Eichhornia crassipes</i>) and Corncob (<i>Zea mays</i>)	Journal of Physics: Conf. Series 1108, 012006	Author
2018	Callus induction of <i>Piper betle</i> , L, var Nigra using 2,4-Dichlorofenoxyacetic acid and 6-benzil Aminopurin	Biosaintifika: Jurnal of Biology & Biology Education, 10(3): 588-596	Author
2018	GCMS analysis of bioactive compounds in n-hexane, ethyl acetate, and methanol extract of <i>Piper betle</i> L. var nigra	Bioscience Research, 15(3): 1472-1479	Author
2018	Diversity of indigenous fungi during ruminant feed fermentation made of water hyacinth (<i>Eichhornia crassipes</i>) and corn (<i>Zea mays</i>) cob	Bioscience Research, 15(3): 2797-2802	Author
2017	The potency of <i>Micrococcus</i> sp. LII bacteria as oil sludge cleaning agent	Journal of Biological Research, 22(2): 38-42	Author
2017	Antifungal and Antibacterial Activity of Black Betel (<i>Piper betle</i> L. var Nigra) Extract	Bioscience Research, 14(4): 2797-2802	Author
2017	Biodegradation of naphthalene and phenanthren by <i>Bacillus subtilis</i> 3 KP	AIP Conference Proceedings, Vol. 1854, 020026	Author
2017	Co-Utilization of Molasse and Glycerol as Carbon Sources on the Production of Biosurfactant by Isolate Bacteria LII61	Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 7(11): 174-180	Author
2017	Studies on The Hungate technique for ethanol fermentation of algae <i>Spirogyra hyalina</i> using <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Journal Biofuels, 8(3): 367-372	Author
2017	Effects of the combination between bio-surfactant product types and washing times on the removal of crude oil in nonwoven fabric	AIP Conference Proceedings 1854, 020037	Author

Tahun	Judul	Jurnal	Sebagai
2017	Bioremediation of oil sludge using a type of nitrogen source and the consortium of bacteria with composting	AIP Conference Proceedings 1854, 020011	Author
2017	Effect of aliphatic and aromatic hydrocarbon on the oxygenase production from hydrocarbonoclastic bacteria	Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 52, 6: 1062-1069	Author
2017	Serum acetaldehyde as a potential biomarker for the detection of pathogenic biofilm formation by <i>Candida albicans</i>	Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 52, 6: 1032-1038	Author
2017	Potency of <i>Aspergillus</i> sp.in Hydrolysis Process to Produce Ethanol fromVegetable and Fruit Wastes at Wonokromo Market, Surabaya	IEESE International Journal of Science and Technology (IJSTE), 6(1): 1-7	Author
2016	Antimicrobial Activities and In Silico Analysis of Methoxy Amino Chalcone Derivatives	Procedia Chemistry, 18: 103-111	Author
2016	Identification and Characterisation of Biosurfactant Producing from Bacteria <i>Arthrobacter</i> sp. P2(1)	Journal of Pure and Applied Microbiology, 10(1): 151-156	Author
2016	Ethanol Fermentation of Algae <i>Spirogyra</i> using <i>Saccharomyces cerevisiae</i> by Adding Hydrogen and Nitrogen Gases to the Space Fermentor	American Journal of Biomass and Bioenergy	Author
2016	Production of Biosurfactant by <i>Arthrobactersp.</i> P2(1) in the Carbohydrate Containing Media	International Journal of Chem Tech. Research	Author
2016	Biodiversity of Edible Macrofungi from Alas Purwo National Park	Journal of Biological Engineering Research and Review	Author
2016	The Potency of <i>Micrococcus</i> sp.as L II 61 Bacteria as oil Sludge Cleaning Agent	Journal of Biological Researches	Author
2015	Effectiveness in Enhancing Oil Recovery through Combination of Biosurfactant and Lipase Bacteria	Journal of Applied Environmental and Biological Sciences.	First Author
2015	Effectiveness of <i>Piper crocatum</i> Ruiz and Pav.Callus Elicitation as Antimicrobial Agents	Journal of Applied Environmental and Biological Sciences.	Author

Tahun	Judul	Jurnal	Sebagai
2015	Antagonistic Compatibility of <i>Streptomyces griseorubens</i> , <i>Gliocladium virens</i> , and <i>Trichoderma harzianum</i> Against <i>Fusarium oxysporum</i> Cause of Tomato Wilt Diseases	International Journal of Plant & Soil Science, ISSN: 2320-7035, Vol.: 5, Issue.: 2	Author
2015	Anticancer and Antimicrobe Activity of Methoxy Amino Chalcone Derivatives	Der PharmaChemica	Author
2014	Tolerance of <i>Trichoderma asperellum</i> Isolate to Chemical Fungicide and Their Antagonistic Activity against <i>Phytophthora infestans</i>	International Journal of Plant & Soil Science, ISSN: 2320-7035, Issue: 1 (Januari – Juni), SCIENCE DOMAIN	Author
2013	Antibacterial and Antifungal Activities of <i>Dumortiera hirsuta</i> Active Fraction	Journal of Basic and Applied Scientific Research	Author
2012	The Solubility of Oil Sludge by <i>Bacillus subtilis</i> 3KP Biosurfactant and Crude Enzyme	Journal of Applied Environmental and Biological Sciences.	First Author
2012	Eksplorasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik pada Limbah Daduk Tebu (<i>Saccharum officinarum</i> L)	Berkala Penelitian Hayati (Journal of Biological Researches)	Author
2012	Optimation of the bioconversion of <i>Spirogyra hyaline</i> hydrolysates to become ethanol using <i>Zymomonasmobilis</i>	J. Applied Environmental and Biological Sciences	Author
2011	Skrining Pertumbuhan mikroba Hidrokarbonoklashik hasil Isolasi dan tanah tercemar minyak Wonocolo, Bojonegoro padas enyawa Monoaromatik hidrokarbon (Benzen, Toluen & Xilen)	Journal berkala penelitian Hayati (edisi khusus)	Author
2011	Eksplorasi dan karakterisas iBiosurfaktan <i>Pseudomonas putida</i> T1 (8) pada molase	Journal berkala penelitian Hayati (edisi khusus)	
2010	Studi kinetika produksi biosurfaktan <i>Bacillus subtilis</i> 3KP pada molase	Berkala Penelitian HAYATI (Journal of Biological Researches)	First Author
2010	Aktivitas Antimikroba Ekstrak Lumut Hati <i>Dumortiera hirsuta</i>	Berkala Penelitian HAYATI (Journal of Biological Researches)	Author

H. Paten

Tahun	Judul	Keterangan
2019	Produksi elisitor biotik untuk menstimulasi metabolit sekunder	Patent No Pendaftaran: P00201508187 Status: Granted No. IDP000057840
2015	Formula Bakteri Pembersih dan Pendegradasi <i>Sludge</i> industri minyak	Patent No pendaftaran: P00201508089

I. Pengalaman Menulis Buku

Tahun	Judul	Penerbit
2023	Fitoremediasi mangrove dalam penurunan kadar logam Pb, Hg, dan Cu	UM Surabaya
2020	Tumbuhan sebagai Bahan Antimikroba	Graniti
2019	Keanekaragaman dan Potensi Piperaceae	Graniti

J. Pelatihan yang Diikuti

Tahun	Judul	Penyelenggara
2019	Pelatihan untuk Pelatih (ToT) Kurikulum Pendidikan Tinggi (KPT) di Era Revolusi Industri 4.0	Direktorat Pembelajaran Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi
2019	International Symposium and Training Workshop on Microbial Utilization in Conjunction with The 20 th MSP anniversary & 6 th Annual AnMicro Conference and iCollect Workshop	Mycological Society of The Philippines; ASEAN Network on Microbial Utilization; National Institute of Molecular Biology and Biotechnology (BIOTECH); Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture (SEARCA); University of the Philippines Los Baños (UPLB)
2018	iCollect Workshop: The Establishment and Maintenance of an ASEAN Microbial Database	Thailand Bioresource Research Center (TBRC); National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC); National Science and Technology Development Agency (NSTDA); ASEAN Network on Microbial Utilization (AnMicro); ASEAN Centre for Biodiversity
2018	International Workshop on Marine Biotechnology and AnMicro	Universitas Airlangga

K. Narasumber

Tahun	Nama Kegiatan	Tempat	Penyelenggara
2022	International Symposium on Biomedical Biorefinery and Energy Security (I-BES-2022)	UNAIR	Universiti Teknologi Malaysia (UTM)
2022	International Workshop on ASEAN Microbial Database and Analysis Tools	Universitas Airlangga	Thailand Bioresource Research Center
2020	Webinar SDGs Prospects of Utilizing Indonesian Microbial Biodiversity in Supporting Sustainable Development Goal	Universitas Airlangga	Universitas Airlangga
2019	1 st International Conference on Biodiversity Sustainable Solution for Human	Universitas Airlangga	Universitas Indonesia
2019	Green Industry Symposium for Sustainable Development	Universitas Airlangga	Universitas Airlangga
2019	Korea-ASEAN Symposium	Universitas Airlangga	Universitas Airlangga
2019	20 th MSP Anniversary and 6 th Annual AnMicro Conference and iCollect Workshop	University of the Philippines Los Baños	Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture (SEARCA), the National Institute of Molecular Biology and Biotechnology (BIOTECH) and University of Philippines Los Baños (UPLB)

L. Aktivitas Lain

Waktu	Keterangan
2019-sekarang	Wakil Dekan 1 Sekolah Teknologi Maju dan Multidisiplin, UNAIR
2020-sekarang	Koordinator Riset Grup Mikrobiologi Terapan dan Teknologi Pengelolaan Sumber Daya Hayati, Pusat Riset Rekayasa Molekul Hayati (BIOME) UNAIR
2017 - 2020	Sekretaris Direktorat Pendidikan Universitas Airlangga
2017-sekarang	Tim Kurikulum, Direktorat Inovasi dan Pengembangan Pendidikan, UNAIR
2015-2017	Sekretaris Lembaga Pengkajian dan Pengembangan Pendidikan, (LP3) UNAIR
2014 -2017	Anggota Senat Universitas Airlangga

Waktu	Keterangan
2013	Anggota Badan Pertimbangan Fakultas Sains dan Teknologi
2013	Anggota Satuan Penjaminan Mutu, Departemen Biologi, FST UNAIR
2012	Anggota Gugus Penjaminan Mutu Prodi S1 Biologi
2011-2015	Ketua Program Studi S1 Biologi, FST UNAIR
2005-2007	Koordinator Project DUE Like Program Studi Biologi

M. Aktivitas Organisasi

Waktu	Nama Organisasi
2020-sekarang	Forum Komunikasi Mikrobiologi
2017-sekarang	ASEAN Network on Microbial Utilization

N. Penghargaan

Tahun	Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan
2021	Presenter terbaik pada The 8 th International Conference on Basic and Applied Sciences (ICOWOBAS) 2021	Dekan Faculty of Science and Technology Universitas Airlangga
2018	Presenter Terbaik pada 1 st International Conference Science and Technology for Environmental Protection	Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
2017	Presenter terbaik pada The 8 th International Conference on Green Technology	Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang
2015	Presenter terbaik pada 5 th International Conference and Workshop on Basic and Applied Science (ICOWOBAS),	Ketua Panitia ICOWOBAS
2013	Satyalancana Karya Satya XX tahun	Presiden Republik Indonesia
2011	Kaprodi Berprestasi Universitas Airlangga	Rector Universitas Airlangga
2011	Kaprodi Berprestasi Fakultas Sains dan Teknologi	Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
2010	Pembuat Poster Terbaik pada Presentasi Seminar Presentasi Hasil Penelitian Dasar	Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
2010	Pemakalah Terbaik pada Seminar Presentasi Hasil Penelitian Dasar	Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
2000	Dosen Berprestasi Fakultas Sains dan Teknologi	Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga