

LAPORAN *BENCHMARKING*

Kunjungan Akademik ke Chulalongkorn University, Thailand

Penguatan Riset Pemanfaatan White Rot Fungi, Enzyme-based Bioremediation, dan Kolaborasi Internasional



Waktu Pelaksanaan	1-5 Juli 2024
Tempat	Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand
Peserta	Dr. Anna Rakhmawati, M.Si.
Mitra/Tuan Rumah	Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Fokus Kegiatan	<i>Benchmarking</i> laboratorium pemanfaatan <i>White Rot Fungi</i> (WRF), enzyme-based bioremediation, pengelolaan laboratorium, dan kolaborasi penelitian

Disusun untuk keperluan pelaporan kegiatan benchmarking dan pengembangan kerja sama internasional

DAFTAR ISI

A. Ringkasan Eksekutif	3
B. Identitas Kegiatan	3
C. Latar Belakang	4
D. Tujuan Kegiatan	4
E. Profil Mitra: Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk dan PBURU Laboratory	5
F. Deskripsi Pelaksanaan Kegiatan	6
G. Fasilitas dan Teknologi yang Diamati	10
H. Hasil Benchmarking dan Pembelajaran Utama	11
I. Analisis Relevansi bagi Pengembangan Institusi	12
J. Rencana Tindak Lanjut dan Pengajuan Proposal	12
K. Indikator Keberhasilan dan Luaran	13
L. Rekomendasi	14
M. Kesimpulan	15
N. Daftar Referensi	16

A. RINGKASAN EKSEKUTIF

Kegiatan benchmarking ke Chulalongkorn University, Thailand, dilaksanakan pada tanggal 1–5 Juli 2024 sebagai bagian dari upaya penguatan kapasitas akademik, penelitian, dan kerja sama internasional. Kegiatan ini diikuti oleh Dr. Anna Rakhmawati. Selama kunjungan, Dr. Anna Rakhmawati memperoleh kesempatan untuk melakukan diskusi akademik, observasi fasilitas penelitian, serta peninjauan peluang kerja sama dengan Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk dari Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Fokus utama kegiatan ini adalah mempelajari pemanfaatan White Rot Fungi (WRF) dalam menghasilkan berbagai produk bioteknologi, khususnya enzim yang berpotensi digunakan untuk bioremediasi dan pengelolaan limbah berbahaya yang mengandung pewarna sintesis maupun senyawa *plasticizer*. Melalui kunjungan ini, peserta memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai teknik pemanfaatan WRF serta enzim yang dihasilkannya, seperti lakase dan esterase, beserta aplikasinya dalam proses remediasi limbah beracun. Selain itu, Dr. Anna Rakhmawati juga mempelajari metode analisis yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas proses tersebut, termasuk penggunaan instrumen Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) dan Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry (LC-HRMS).

Salah satu luaran penting dari kegiatan ini adalah terbukanya peluang kerja sama penelitian antara institusi asal dan Chulalongkorn University. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, tim dan mitra juga menyepakati arah awal pengembangan proposal penelitian kolaboratif melalui skema International Collaboration. Inisiatif ini dinilai strategis karena dapat menjadi landasan bagi pengembangan kerja sama jangka menengah dalam bidang bioteknologi enzim berbasis fungi serta penerapannya pada sektor lingkungan dan industri.

Secara keseluruhan, kegiatan benchmarking ini memberikan manfaat yang signifikan, baik dalam bentuk peningkatan wawasan dan kompetensi peserta, penguatan jejaring akademik internasional, identifikasi praktik terbaik dalam pengelolaan laboratorium penelitian, maupun penyusunan rencana tindak lanjut untuk kolaborasi di masa mendatang. Pengetahuan dan pengalaman yang diperoleh dari Chulalongkorn University diharapkan dapat diadaptasi dan diimplementasikan untuk memperkuat kapasitas penelitian, proses pembelajaran, serta pengembangan laboratorium di Indonesia.

B. IDENTITAS KEGIATAN

Nama kegiatan	Benchmarking dan kunjungan akademik ke Chulalongkorn University, Thailand
Tanggal pelaksanaan	1-5 Juli 2024
Lokasi kegiatan	Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand
Peserta	Dr. Anna Rakhmawati, M.Si.
Mitra utama	Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Unit/fasilitas yang dikunjungi	Plant Biomass Utilization Research Unit (PBURU) Laboratory, Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Nama kegiatan	Benchmarking dan kunjungan akademik ke Chulalongkorn University, Thailand
Fokus benchmarking	Benchmarking laboratorium pemanfaatan White Rot Fungi (WRF), enzyme-based bioremediation, pengelolaan laboratorium, dan kolaborasi penelitian
Bentuk kegiatan	Diskusi akademik, kunjungan laboratorium, observasi fasilitas, peninjauan kerja sama riset, dan perumusan tindak lanjut kolaborasi

C. LATAR BELAKANG

Perkembangan bioteknologi lingkungan dalam beberapa dekade terakhir telah mendorong pemanfaatan mikroorganisme dan produk metabolitnya untuk mengatasi berbagai permasalahan pencemaran lingkungan. Salah satu tantangan yang semakin mendapat perhatian adalah pengelolaan limbah berbahaya yang mengandung senyawa organik persisten, seperti pewarna sintesis, plasticizer, dan berbagai kontaminan industri lainnya. Senyawa-senyawa tersebut umumnya sulit terdegradasi secara alami sehingga memerlukan pendekatan yang efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan untuk proses remediasinya.

Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah pemanfaatan White Rot Fungi (WRF), kelompok fungi yang memiliki kemampuan unik dalam mendegradasi berbagai senyawa kompleks melalui sistem enzim ekstraseluler yang dimilikinya. Enzim seperti lakase, mangan peroksidase, lignin peroksidase, dan berbagai esterase telah banyak dilaporkan memiliki potensi tinggi dalam proses biodegradasi polutan organik, termasuk senyawa beracun yang umum ditemukan pada limbah industri. Dibandingkan dengan metode fisik maupun kimia konvensional, pendekatan berbasis fungi menawarkan keunggulan berupa efisiensi yang tinggi, kebutuhan energi yang relatif rendah, serta dampak lingkungan yang lebih minimal.

Dalam konteks pengembangan riset di Indonesia, pemanfaatan WRF dan enzim-enzim yang dihasilkannya memiliki prospek yang sangat besar. Teknologi ini berpotensi diaplikasikan pada pengolahan limbah industri tekstil, pengelolaan limbah yang mengandung pewarna sintesis, remediasi senyawa plasticizer, serta berbagai upaya pemulihan lingkungan yang membutuhkan teknologi ramah lingkungan. Selain itu, pengembangan bioteknologi enzim berbasis fungi juga membuka peluang untuk menghasilkan produk bernilai tambah yang dapat dimanfaatkan pada sektor industri, lingkungan, maupun penelitian dasar.

Chulalongkorn University, Thailand, merupakan salah satu institusi yang memiliki kompetensi dan pengalaman yang kuat dalam bidang bioteknologi fungi, enzim, serta aplikasinya untuk bioremediasi lingkungan. Melalui Department of Botany, Faculty of Science, berbagai penelitian telah dikembangkan untuk mengeksplorasi potensi WRF dalam menghasilkan enzim-enzim fungsional dan mengaplikasikannya dalam pengolahan limbah berbahaya. Selain itu, institusi ini juga didukung oleh fasilitas penelitian yang memadai, termasuk pemanfaatan instrumen analitik canggih seperti Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) dan Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry (LC-HRMS) untuk karakterisasi dan evaluasi hasil proses biodegradasi.

Oleh karena itu, kegiatan benchmarking ke Chulalongkorn University menjadi kesempatan yang penting untuk mempelajari perkembangan terkini dalam pemanfaatan WRF, teknologi produksi dan aplikasi enzim, serta praktik terbaik dalam pengelolaan laboratorium dan penelitian bioteknologi lingkungan. Selain sebagai sarana peningkatan kapasitas akademik dan penelitian, kegiatan ini juga menjadi langkah awal dalam membangun kerja sama riset yang lebih berkelanjutan dengan mitra internasional. Diskusi yang dilakukan dengan Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk membuka peluang penyusunan proposal penelitian kolaboratif melalui skema International Collaboration, sehingga hasil benchmarking dapat ditindaklanjuti menjadi kolaborasi akademik dan penelitian yang menghasilkan luaran konkret serta memberikan dampak bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia.

D. TUJUAN KEGIATAN

Kegiatan benchmarking ini memiliki beberapa tujuan utama sebagai berikut:

1. Mempelajari pemanfaatan White Rot Fungi (WRF) dalam menghasilkan enzim yang berpotensi diaplikasikan untuk bioremediasi dan pengelolaan limbah berbahaya.
2. Mengamati secara langsung fasilitas laboratorium dan infrastruktur penelitian yang digunakan untuk pengembangan riset bioteknologi fungi dan enzim di Chulalongkorn University.
3. Memahami metode produksi, karakterisasi, dan aplikasi enzim yang dihasilkan oleh WRF, khususnya lakase dan esterase, dalam proses degradasi senyawa pencemar lingkungan.
4. Mendapatkan wawasan mengenai penggunaan instrumen analitik, seperti GC-MS dan LC-HRMS, untuk identifikasi, karakterisasi, dan evaluasi hasil proses biodegradasi limbah.
5. Mempelajari praktik baik dalam pengelolaan laboratorium, pelaksanaan penelitian, serta pengembangan riset bioteknologi lingkungan yang berorientasi pada penyelesaian permasalahan lingkungan dan kebutuhan industri.
6. Mengidentifikasi peluang kolaborasi riset antara institusi asal dan Chulalongkorn University dalam bidang bioteknologi fungi, enzim, dan bioremediasi lingkungan.
7. Merumuskan rencana tindak lanjut dalam bentuk penyusunan proposal penelitian kolaboratif melalui skema International Collaboration.
8. Mengadaptasi hasil pembelajaran dari Chulalongkorn University untuk memperkuat kapasitas penelitian, pengembangan laboratorium, serta kegiatan pembelajaran di institusi asal.

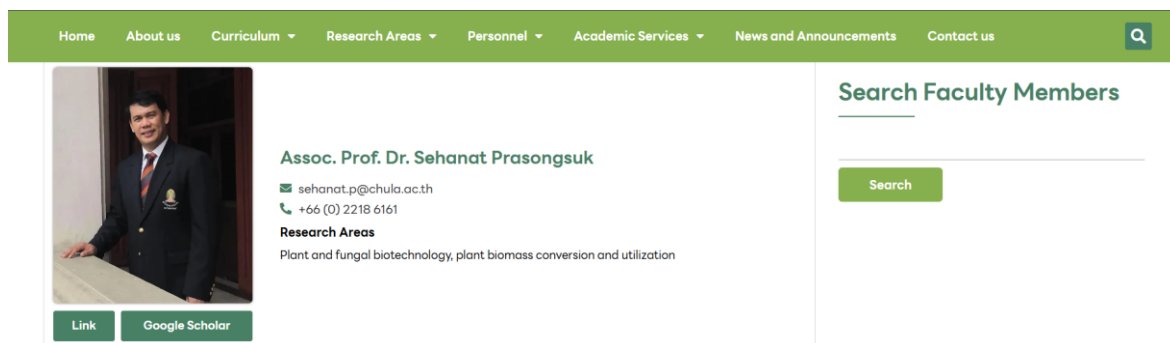
E. PROFIL MITRA: ASSOC. PROF. SEHANAT PRASONGSUK DAN PLANT BIOMASS UTILIZATION RESEARCH UNIT

E.1 Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk

Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk merupakan profesor di Departemen Botani, Fakultas Sains, Chulalongkorn University. Beliau memiliki kepakaran mendalam di bidang *Plant Biomass Utilization*, dengan fokus riset pada *Fungal Biotechnology*, *Biomass & Crop Residues*, dan *Enzyme Technology* (Gambar 1). Untuk mengimplementasikan arah riset tersebut, Dr. Sehanat memimpin *Plant Biomass Utilization Research Unit*. Laboratorium ini

berfokus pada konversi hayati biomassa tanaman menjadi produk bioteknologi yang bernilai ekonomi tinggi.

Melalui unit penelitian ini, Assoc. Prof. Sehanat mengoordinasikan mahasiswa pascasarjana serta peneliti internasional untuk mengkaji pemanfaatan limbah organik. Aktivitas riset di laboratorium tersebut meliputi bidang taksonomi fungi, mikrobiologi, dan rekayasa enzim.



Gambar 1. Profil Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk

E.2 Plant Biomass Utilization Research Unit (PBURU) Laboratory

Plant Biomass Utilization Research Unit (PBURU) Laboratory di Department of Botany, Chulalongkorn University, merupakan kelompok riset yang berfokus pada pemanfaatan biomassa tumbuhan dan mikroorganisme untuk menghasilkan produk bernilai tambah, termasuk enzim yang dihasilkan oleh White Rot Fungi (WRF). Riset yang dilakukan mencakup bidang bioteknologi lingkungan, biodegradasi senyawa pencemar, produksi enzim, serta pengembangan teknologi ramah lingkungan untuk pengelolaan limbah.

Salah satu keunggulan PBURU adalah kemampuannya mengintegrasikan penelitian dasar dan terapan. Laboratorium ini tidak hanya mempelajari aspek biologis dan biokimia fungi, tetapi juga mengembangkan aplikasi enzim untuk remediasi limbah yang mengandung pewarna sintetis, plasticizer, dan berbagai senyawa organik persisten lainnya. Didukung oleh fasilitas analisis yang memadai, penelitian yang dilakukan dapat menghasilkan solusi yang relevan bagi kebutuhan lingkungan dan industri.

Bidang bioremediasi dan pemanfaatan enzim berbasis fungi yang dikembangkan di PBURU sangat relevan dengan kebutuhan riset di Indonesia, terutama dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah yang efektif, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

F. DESKRIPSI PELAKSANAAN KEGIATAN

F.1 Kedatangan dan Penerimaan oleh Mitra

Kegiatan benchmarking dilaksanakan pada tanggal 1-5 juli 2024 di Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. Kegiatan ini beranggotakan Dr. Anna Rakhmawati dan diterima oleh Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk Ph.D yang merupakan vice dean Faculty of Science dan dosen pada Department of Botany Chulalongkorn University. Pertemuan awal dilakukan di Department of Botany mendiskusikan terkait pengenalan lingkungan akademik Chulalongkorn University, kerjasama internasional, dan juga riset pada

Department Botany khususnya pada Plant Biomass Utilization Research Unit (PBURU) Laboratory, terutama pada fokus white Rot Fungi as bioremediator.

Dalam diskusi ini, menjelaskan mengenai berbagai riset yg dapat dilakukan menggunakan WRF yang dapat dikombinasikan dengan plant biomass untuk memproduksi biomassa fungi, enzyme, dan metabolit lainnya yang dapat digunakan sebagai agen bioremediator limbah pada lingkungan.



Gambar 2. Penerimaan Tim UNY oleh Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk

F.2 Kunjungan Laboratorium

Selama kunjungan laboratorium, tim diperkenalkan pada berbagai fasilitas dan peralatan penelitian yang digunakan dalam riset bioteknologi fungi dan enzim untuk aplikasi lingkungan. Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk menjelaskan berbagai tahapan penelitian yang dilakukan, mulai dari isolasi dan kultivasi White Rot Fungi (WRF), produksi enzim, hingga pengujian kemampuan biodegradasi terhadap berbagai senyawa pencemar. Kegiatan observasi ini memberikan gambaran nyata mengenai bagaimana laboratorium riset bioteknologi lingkungan dikelola dan dioperasikan untuk mendukung penelitian yang berorientasi pada penyelesaian permasalahan lingkungan.

Salah satu aspek yang menarik adalah keterpaduan antara penelitian dasar dan penelitian terapan. Pemanfaatan WRF tidak hanya difokuskan pada studi karakteristik biologis fungi, tetapi juga diarahkan pada pengembangan solusi untuk remediasi limbah berbahaya yang mengandung pewarna sintesis, plasticizer, dan senyawa organik persisten lainnya. Rangkaian penelitian mencakup proses kultivasi fungi, produksi dan karakterisasi enzim,

pengujian efektivitas biodegradasi, serta evaluasi produk hasil degradasi menggunakan instrumen analitik canggih seperti Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) dan Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry (LC-HRMS). Pendekatan yang terintegrasi ini menunjukkan bagaimana penelitian bioteknologi dapat menghasilkan solusi yang aplikatif bagi sektor lingkungan dan industri.



Gambar 3. Kunjungan Laboratorium dan Mitra Kolaborasi

F.3 Diskusi Kerja Sama dan Proposal Kolaborasi

Di sela-sela kegiatan benchmarking, tim dan mitra juga melakukan diskusi mengenai potensi kerja sama penelitian. Diskusi ini mengarah pada peluang pengembangan proposal bersama melalui skema International Collaboration. Proposal tersebut diharapkan dapat menjadi wadah kolaborasi antara institusi asal dan Chulalongkorn University dalam bidang bioteknologi fungi, pemanfaatan White Rot Fungi (WRF), produksi enzim, biodegradasi senyawa pencemar, serta pengembangan teknologi bioremediasi untuk pengelolaan limbah berbahaya.

Rencana pengajuan proposal kolaboratif menjadi salah satu luaran strategis dari kegiatan ini. Melalui proposal tersebut, kerja sama tidak hanya berhenti pada kunjungan laboratorium, tetapi dapat berkembang menjadi penelitian bersama, pertukaran

pengetahuan dan teknologi, pengembangan kapasitas peneliti, publikasi ilmiah, serta penguatan jejaring akademik internasional. Fokus penelitian dapat diarahkan pada topik-topik yang memiliki relevansi tinggi bagi kedua institusi, seperti pemanfaatan enzim lakase dan esterase untuk remediasi limbah industri, degradasi pewarna sintesis dan plasticizer, eksplorasi potensi WRF lokal, serta pengembangan teknologi bioteknologi yang mendukung keberlanjutan lingkungan.

G. FASILITAS DAN TEKNOLOGI YANG DIAMATI

Fasilitas dan teknologi yang diamati berdasarkan hasil kunjungan dan penelusuran profil fasilitas PBURU Lab, beberapa fasilitas dan teknologi yang relevan dalam kegiatan benchmarking sebagai berikut:

Fasilitas/Teknologi	Keterangan dan Relevansi
Fungal cultivation room	Menyediakan lingkungan terkontrol (suhu, kelembapan, cahaya, dan kontaminasi minimal) untuk pertumbuhan fungi. Digunakan untuk mengkultur white-rot fungi secara stabil sebelum dan selama eksperimen biodegradasi.
GC-MS	Memisahkan senyawa volatil/semi-volatil dan mengidentifikasi struktur molekul berdasarkan spektrum massa. Menganalisis residu DIBP setelah biodegradasi.
LC-HRMS	Mengukur dan mengkuantifikasi senyawa non-volatil dan semi-volatil serta monitoring penurunan konsentrasi DIBP pada berbagai waktu inkubasi.
Microplate reader	Mengukur absorbansi, fluoresensi, atau luminesensi pada sampel dalam format microplate. Mengukur aktivitas enzim (misalnya laccase atau peroxidase) secara kuantitatif.
SDS-Page	Memisahkan protein berdasarkan ukuran molekul (berat molekul). Menganalisis profil enzim ekstraseluler white-rot fungi selama degradasi DIBP.

H. HASIL BENCHMARKING DAN PEMBELAJARAN UTAMA

H.1 Pengelolaan Laboratorium Berbasis Keunggulan Riset Bioteknologi Lingkungan

Pembelajaran utama dari kunjungan ini adalah pentingnya laboratorium memiliki fokus riset yang jelas dan berkelanjutan. Plant Biomass Utilization Research Unit (PBURU) memiliki fokus penelitian yang terarah pada pemanfaatan biomassa, fungi, dan enzim untuk menghasilkan solusi yang mendukung keberlanjutan lingkungan. Fokus yang jelas memungkinkan laboratorium membangun kompetensi, fasilitas penelitian, jejaring kolaborasi, serta portofolio riset yang berkembang secara konsisten.

Dalam pengembangan laboratorium di institusi asal, pembelajaran ini dapat diterapkan melalui penguatan tema unggulan penelitian, seperti pemanfaatan WRF dan enzim untuk bioremediasi limbah serta pengelolaan pencemaran lingkungan. Dengan adanya fokus riset yang terarah, pengembangan sumber daya manusia, pengadaan peralatan, kegiatan

penelitian mahasiswa, dan kerja sama eksternal dapat dilakukan secara lebih sistematis dan berkelanjutan.

H.2 Integrasi Bioteknologi Fungi dan Teknik Analisis Modern

Kunjungan ini menunjukkan bahwa penelitian bioteknologi lingkungan tidak hanya berfokus pada kultivasi mikroorganisme atau produksi enzim semata. Diperlukan integrasi antara proses biologis, karakterisasi enzim, pengujian biodegradasi, serta analisis produk hasil degradasi menggunakan instrumen analitik modern. Instrumen seperti GC-MS dan LC-HRMS memiliki peran penting dalam mengidentifikasi perubahan senyawa kimia selama proses biodegradasi dan memastikan efektivitas proses remediasi yang dilakukan.

Dalam penelitian berbasis WRF, kemampuan fungi dalam mendegradasi senyawa pencemar perlu didukung oleh data analitik yang kuat. Oleh karena itu, kombinasi antara pendekatan bioteknologi dan teknik analisis kimia menjadi strategi penting untuk meningkatkan kualitas serta validitas hasil penelitian.

H.3 Pentingnya Desain Eksperimen dan Evaluasi Kinerja Bioremediasi

Riset bioremediasi berbasis fungi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor eksperimen, seperti jenis substrat, kondisi kultur, pH, suhu, konsentrasi polutan, waktu inkubasi, dan aktivitas enzim yang dihasilkan. Oleh karena itu, desain eksperimen yang baik dan pelaksanaan prosedur yang konsisten menjadi faktor penting dalam menghasilkan data yang dapat diandalkan.

Kegiatan benchmarking ini menunjukkan bagaimana setiap tahapan penelitian dirancang secara sistematis, mulai dari kultivasi fungi, produksi enzim, pengujian biodegradasi, hingga analisis hasil. Pendekatan tersebut memberikan pembelajaran penting bagi pengembangan protokol penelitian di institusi asal agar hasil yang diperoleh memiliki tingkat reproduktibilitas dan validitas yang lebih baik.

H.4 Riset Berorientasi Solusi Lingkungan dan Kolaborasi Internasional

Chulalongkorn University menunjukkan bahwa riset bioteknologi dapat diarahkan untuk menghasilkan solusi nyata bagi permasalahan lingkungan melalui kolaborasi lintas disiplin dan kemitraan internasional. Penelitian yang dilakukan tidak hanya menghasilkan pengetahuan dasar mengenai fungi dan enzim, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan teknologi pengolahan limbah yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Pembelajaran ini sangat relevan bagi institusi asal karena pengembangan riset WRF dan enzim dapat diarahkan untuk menjawab berbagai tantangan lingkungan di Indonesia, seperti pengolahan limbah industri, remediasi senyawa berbahaya, dan pengurangan pencemaran lingkungan. Selain itu, peluang kolaborasi yang terjalin selama benchmarking dapat menjadi fondasi bagi penelitian bersama, publikasi ilmiah, pengembangan kapasitas peneliti, serta penguatan jejaring akademik internasional pada masa mendatang.

I. ANALISIS RELEVANSI BAGI PENGEMBANGAN INSTITUSI

I.1 Penguatan Riset Bioteknologi Lingkungan dan Enzim

Hasil benchmarking sangat relevan untuk penguatan riset bioteknologi lingkungan di institusi asal. Pengembangan laboratorium dapat diarahkan untuk membangun platform penelitian WRF yang terstandar, mulai dari proses isolasi dan kultivasi fungi, produksi enzim, pengujian biodegradasi, hingga analisis hasil menggunakan instrumen analitik. Penguatan ini dapat mendukung riset dosen, penelitian mahasiswa, skripsi, tesis, serta publikasi ilmiah bereputasi internasional.

Selain itu, pembelajaran dari Chulalongkorn University menunjukkan pentingnya penggunaan instrumen analitik sebagai alat validasi. Jika fasilitas GC-MS atau LC-HRMS belum tersedia secara internal, institusi dapat membangun kerja sama dengan laboratorium lain yang memiliki instrumen tersebut. Dengan demikian, penelitian terkait WRF dan enzim tetap memiliki validasi kimia yang memadai dan menghasilkan data yang lebih kuat secara ilmiah.

I.2 Penguatan Pembelajaran dan Praktikum

Kegiatan benchmarking juga memiliki relevansi terhadap pembelajaran. Materi mengenai bioteknologi fungi, produksi enzim, biodegradasi polutan, serta teknik analisis modern dapat diintegrasikan ke dalam mata kuliah maupun kegiatan praktikum. Mahasiswa dapat diperkenalkan pada pendekatan riset yang menggabungkan mikrobiologi, biokimia, bioteknologi lingkungan, dan analisis instrumen untuk menyelesaikan permasalahan lingkungan.

Praktikum berbasis penelitian dapat dikembangkan secara bertahap, mulai dari kultivasi fungi, pengukuran aktivitas enzim, pengujian degradasi senyawa pencemar, hingga analisis hasil menggunakan instrumen laboratorium. Dengan demikian, mahasiswa tidak hanya mempelajari konsep teoritis, tetapi juga memahami bagaimana penelitian bioteknologi dikembangkan dari skala laboratorium hingga aplikasi nyata di bidang lingkungan dan industri.

I.3 Penguatan Internasionalisasi

Kunjungan ke Chulalongkorn University memberikan kontribusi terhadap internasionalisasi institusi. Jejaring dengan Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk dan Department of Botany membuka peluang untuk kerja sama penelitian, publikasi bersama, serta pengajuan proposal pendanaan internasional. Hal ini penting untuk meningkatkan reputasi akademik dan memperluas akses institusi terhadap jejaring riset global.

Rencana pengajuan proposal kolaborasi penelitian menjadi langkah strategis karena dapat menyediakan kerangka kerja formal untuk kolaborasi. Melalui skema tersebut, kedua pihak

dapat menyusun agenda penelitian yang jelas, menentukan luaran yang ingin dicapai, membagi peran secara proporsional, serta mengembangkan riset di bidang WRF, enzim, dan bioremediasi yang memiliki dampak akademik maupun sosial.

J. RENCANA TINDAK LANJUT DAN PENGAJUAN PROPOSAL KOLABORASI

Sebagai tindak lanjut dari kegiatan benchmarking, tim dan mitra menyepakati perlunya penyusunan proposal kolaboratif melalui skema kerja sama penelitian internasional. Proposal ini difokuskan pada pengembangan riset biodegradasi senyawa pencemar, khususnya plasticizer, menggunakan White Rot Fungi (WRF) serta enzim yang dihasilkannya.

Penelitian ini diarahkan untuk mengeksplorasi kemampuan WRF dalam mendegradasi berbagai jenis plasticizer yang umum ditemukan pada limbah industri, serta mengkaji mekanisme enzimatik yang terlibat dalam proses degradasi tersebut. Selain itu, penelitian juga mencakup karakterisasi enzim seperti lakase dan esterase, evaluasi efektivitas biodegradasi, serta analisis produk hasil degradasi menggunakan instrumen analitik seperti GC-MS dan LC-HRMS.

Topik ini memiliki relevansi yang kuat dengan isu pencemaran lingkungan akibat limbah industri plastik dan senyawa aditif, serta sejalan dengan pengembangan teknologi bioremediasi yang ramah lingkungan. Melalui skema kolaborasi internasional, diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan luaran berupa publikasi ilmiah, penguatan kapasitas riset, serta pengembangan metode bioteknologi yang aplikatif untuk pengelolaan limbah berbahaya.

J.1 Arah Topik Proposal

- Pengembangan riset biodegradasi plasticizer menggunakan WRF dan enzim yang dihasilkannya.
- Studi mekanisme degradasi senyawa plasticizer oleh WRF melalui pendekatan enzimatik.
- Validasi hasil biodegradasi menggunakan instrumen analitik seperti GC-MS dan LC-HRMS.
- Pengembangan pipeline analisis data berbasis chemometrics untuk identifikasi produk degradasi.
- Penyusunan protokol eksperimen biodegradasi yang terstandar, repeatable, dan dapat direplikasi.
- Pelatihan peneliti dan mahasiswa dalam bidang bioteknologi fungi, enzimologi, dan analisis lingkungan.
- Penyusunan publikasi ilmiah bersama serta penguatan jejaring riset jangka panjang antara institusi mitra.

J.2 Rencana Aktivitas Lanjutan

No.	Aktivitas	Uraian
1	Komunikasi lanjutan dengan mitra	Menyepakati tema proposal terkait konversi biomassa/bioteknologi fungi, peran masing-masing pihak, dan target luaran bersama Chulalongkorn University..
2	Penyusunan concept note	Menyusun ringkasan ide, latar belakang, urgensi ekonomi sirkular, <i>novelty</i> ekstraksi komponen enzim mikroba, dan dampak riset.
3	Pemetaan fasilitas dan SDM	Mengidentifikasi fasilitas laboratorium bioteknologi terpadu yang tersedia di Indonesia dan <i>Plant Biomass Utilization Research Unit</i> (Chulalongkorn) serta kebutuhan tambahan..
4	Penyusunan desain riset	Menentukan jenis sampel WRF (White Rot Fungi) metode isolasi/taksonomi fungi, optimasi bioreaktor fermentasi, pemurnian enzim, dan skema analisis produk bioteknologi.
5	Penyusunan proposal	Menyiapkan proposal lengkap sesuai format skema pendanaan internasional atau bilateral yang dituju (seperti dana kolaborasi regional).
6	Persiapan luaran	Merancang target publikasi di jurnal bereputasi tinggi, pelaksanaan <i>workshop/training</i> mikrobiologi, prototipe produk bio-ekonomi, dan <i>roadmap</i> kolaborasi jangka panjang.

J.3 Potensi Luaran Proposal

- Proposal kolaborasi internasional yang siap diajukan bersama mitra luar negeri.
- Roadmap riset kolaboratif di bidang biodegradasi plasticizer menggunakan WRF antara Indonesia dan institusi mitra.
- Draft artikel ilmiah bersama pada bidang bioteknologi lingkungan, khususnya degradasi senyawa pencemar berbasis WRF.
- Pengembangan data awal menuju prototipe metode bioremediasi berbasis WRF untuk aplikasi pengelolaan limbah industri.
- Penguatan jejaring riset internasional dengan Department of Botany, Chulalongkorn University, serta mitra akademik lainnya.

K. INDIKATOR KEBERHASILAN DAN LUARAN

Aspek	Indikator	Bukti/Luaran
Pemahaman fasilitas riset	Peserta memahami pengelolaan laboratorium bioteknologi lingkungan, khususnya riset WRF, produksi enzim, dan aplikasi bioremediasi di Chulalongkorn University.	Catatan kunjungan, dokumentasi, dan laporan benchmarking.
Penguatan jejaring	Terbangunnya komunikasi akademik dengan Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk dan Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University.	Komunikasi lanjutan, diskusi proposal, dan rencana kerja sama riset.
Identifikasi praktik baik	Teridentifikasi praktik baik dalam pengelolaan laboratorium, desain eksperimen WRF, karakterisasi enzim, serta analisis menggunakan GC-MS dan LC-HRMS.	Rekomendasi adaptasi untuk penguatan laboratorium di institusi asal.
Rencana kolaborasi	Disepakati arah awal penyusunan proposal kolaboratif melalui skema International Collaboration.	Concept note atau draft proposal kerja sama riset.
Pengembangan akademik	Hasil benchmarking diintegrasikan ke dalam riset, pembelajaran, dan pengembangan laboratorium.	Rencana praktikum, topik riset mahasiswa, dan penguatan materi perkuliahan.

L. REKOMENDASI

Berdasarkan hasil benchmarking, beberapa rekomendasi yang dapat ditindaklanjuti adalah sebagai berikut:

1. Institusi perlu mengembangkan fokus riset unggulan pada bidang bioteknologi lingkungan, khususnya pemanfaatan WRF, produksi enzim, dan aplikasinya dalam bioremediasi limbah serta pengelolaan pencemaran lingkungan.
2. Laboratorium perlu menyusun protokol standar untuk penelitian WRF, yang mencakup tahapan isolasi dan kultivasi, produksi enzim, pengujian biodegradasi, serta kondisi eksperimen seperti pH, suhu, waktu inkubasi, dan konsentrasi substrat.
3. Setiap penelitian berbasis WRF perlu memperhatikan karakterisasi enzim yang dihasilkan, termasuk aktivitas enzim, stabilitas, efisiensi degradasi, serta kemampuan dalam mendegradasi senyawa pencemar seperti pewarna sintesis dan plasticizer.
4. Pengembangan riset WRF sebaiknya dikombinasikan dengan validasi menggunakan instrumen analitik seperti GC-MS dan LC-HRMS melalui kerja sama dengan laboratorium yang memiliki fasilitas tersebut.
5. Data hasil eksperimen perlu dianalisis menggunakan pendekatan yang sistematis, meliputi pengolahan data aktivitas enzim, evaluasi degradasi senyawa, serta interpretasi hasil analisis kimia untuk memastikan validitas ilmiah.

6. Hasil benchmarking perlu diintegrasikan ke dalam proses pembelajaran melalui praktikum bioteknologi, mikrobiologi, enzimologi, dan analisis instrumen bagi mahasiswa.
7. Kerja sama dengan Chulalongkorn University perlu dilanjutkan melalui pengajuan proposal kolaboratif untuk menghasilkan luaran konkret berupa publikasi ilmiah, pengembangan kapasitas peneliti, serta penguatan infrastruktur riset.
8. Institusi perlu mendorong kolaborasi lintas disiplin, terutama bidang biologi, kimia, teknik, lingkungan, dan data science, agar pengembangan riset WRF dapat dilakukan secara lebih komprehensif dan berorientasi pada solusi permasalahan lingkungan.

M. KESIMPULAN

Kegiatan benchmarking ke Chulalongkorn University pada 1–5 Juli 2024 memberikan pengalaman akademik yang sangat bernilai bagi peserta. Melalui kegiatan ini, tim memperoleh wawasan langsung mengenai pengelolaan laboratorium riset bioteknologi lingkungan, pemanfaatan White Rot Fungi (WRF), produksi enzim, serta aplikasinya dalam proses bioremediasi dan pengelolaan limbah berbahaya.

Pertemuan dengan Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk memperkuat pemahaman bahwa riset bioteknologi lingkungan memerlukan pendekatan yang terintegrasi. Pengembangan WRF tidak hanya mencakup aspek mikrobiologi dan produksi enzim, tetapi juga integrasi dengan analisis kimia menggunakan instrumen seperti GC-MS dan LC-HRMS untuk memastikan validitas hasil degradasi senyawa pencemar. Pendekatan ini sangat relevan untuk pengembangan riset di Indonesia, khususnya dalam bidang pengelolaan limbah industri, lingkungan, dan teknologi bioteknologi berkelanjutan.

Kegiatan ini juga menghasilkan peluang kerja sama yang konkret, yaitu rencana pengajuan proposal melalui skema kolaborasi internasional. Rencana ini menjadi langkah strategis untuk membangun kolaborasi jangka panjang antara institusi asal dan Chulalongkorn University. Dengan tindak lanjut yang terencana, kegiatan benchmarking ini diharapkan dapat memberikan dampak nyata terhadap penguatan riset, pembelajaran, publikasi ilmiah, pengembangan kapasitas, serta internasionalisasi institusi.

N. DAFTAR REFERENSI

1. Google Scholar. Assoc. Prof. Sehanat Prasongsuk, Biotechnology.
https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=jYI0ZVsAAAAJ&view_op=list_works
2. *Plant Biomass Utilization Research Unit*.
<http://www.pburu.research.chula.ac.th/>
3. Chulalongkorn University. Faculty of Science. Department of Botany.
https://www.botany.sc.chula.ac.th/?page_id=3654&lang=en
4. ResearchGate. Sehanat Prasongsuk Profile Page.
<https://www.researchgate.net/profile/Sehanat-Prasongsuk>