

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN SUMBER
DAYA ALAM HAYATI BERBASIS *BIORESOURCE PRODUCT*
ENGINEERING DAN *TEACHING INDUSTRY***



UNIVERSITAS GADJAH MADA

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang *Bioresource Processing*
Pada Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
pada Tanggal 9 Juli 2024**

**oleh:
Prof. Ir. Sang Kompiang Wirawan, S.T., M.T., Ph.D.**

*Yang kami hormati,
 Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas
 Gadjah Mada;
 Rektor dan Para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada;
 Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Gadjah
 Mada;
 Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah
 Mada;
 Para Guru Besar Universitas Gadjah Mada;
 Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Teknik serta Para Dekan dan Wakil
 Dekan di Lingkungan Universitas Gadjah Mada;
 Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Fakultas Teknik Universitas
 Gadjah Mada;
 Para Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada;
 Rekan-rekan sejawat, para dosen, tenaga kependidikan, dan seluruh
 civitas akademik Universitas Gadjah Mada,
 Tamu Undangan yang berbahagia dan keluarga yang saya cintai.*

*Assalamu 'alaikum waramahatullahi wabarakatuh,
 Om Swastyastu, Namo Buddhaya, Salam Kebajikan, dan Salam
 Sejahtera.*

Puji dan syukur kami haturkan kepada Ida Sang Hyang Widhi
 Wasa, Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan anugrahaNya, sehingga
 kita dapat berkumpul di Balai Senat yang agung ini, dalam keadaan
 sehat dan bahagia. Dengan penuh kerendahan hati, ijinakan saya berdiri
 di hadapan hadirin yang terhormat, untuk menyampaikan pidato
 pengukuhan sebagai Guru Besar di bidang Pengolahan Sumber Daya
 Hayati (*Bioresource Processing*) dengan judul “**Pengembangan
 Teknologi Pengolahan Sumber Daya Alam Hayati Berbasis
 Bioresource Product Engineering Dan Teaching Industry**”

Hadirin yang saya hormati,

Ijinkan saya menyampaikan pidato pengukuhan ini dalam tiga
 bagian utama. Bagian pertama akan menguraikan arti penting dan
 potensi sumber daya alam hayati Indonesia terutama hasil perkebunan

dan olahannya. Bagian kedua membahas pengembangan teknologi pengolahan berbasis keilmuan teknik produk hayati (*bioresource product engineering*). Pada bagian ketiga, saya akan menyampaikan potensi, tantangan, dan strategi pengolahan produk hayati dalam upaya penguatan inovasi melalui *Teaching Industry*.

Kita patut bersyukur bahwa kita hidup di Bumi Nusantara Negara Kesatuan Republik Indonesia yang penuh berkah, mempunyai sumber daya alam yang melimpah, mempunyai wilayah yang sangat luas terbentang dari Sabang sampai Merauke, dari Miangas sampai pulau Rote. Kekayaan flora dan fauna Indonesia juga tak terhitung jumlahnya. Indonesia dipersatukan dalam rajutan budaya nan beragam, berbagai ras, adat istiadat, agama, ribuan suku bangsa dan ratusan bahasa daerah. Sungguh suatu bangsa yang besar dengan kekayaan alam dan budaya khas di dunia. Indonesia yang luas dan beragam bisa dipersatukan dengan semboyan *Bhinneka Tunggal Ika*, beranekaragam namun tetap satu juga.

Indonesia juga sangat kaya akan sumber daya alam yang selalu tersedia secara terus menerus yang meliputi keanekaragaman hayati dan non hayati. Sumber daya alam ini harus dapat dikelola sedemikian rupa sehingga kelestarian dan keseimbangan alamiahnya selalu dapat terjaga dan tidak terganggu. Kekayaan alam Indonesia yang berupa potensi sumber daya alam hayati menempati peringkat terhormat di antara bangsa-bangsa di dunia. Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang mampu mengolah sumber daya alam secara baik serta berkesinambungan adalah salah satu peran sentral insan perguruan tinggi. Berangkat dari fenomena-fenomena tersebut dan pemikiran konstruktif akademisi kiranya pidato pengukuhan ini mudah-mudahan menemukan relevansi dan kebermanfaatannya bagi kita, bangsa dan negara.

Arti Penting Sumber Daya Alam Hayati Indonesia

Hadirin yang berbahagia,

Indonesia secara konsisten terus berada dalam 10 besar penghasil sumber daya alam hayati. Indonesia sebagai penghasil biji-bijian terbesar nomor 6, penghasil teh terbesar nomor 6, penghasil kopi

nomor 4, penghasil cokelat nomor 3, penghasil minyak sawit nomor 2, penghasil lada putih nomor 1, lada hitam nomor 2, penghasil puli dari buah pala nomor 1, penghasil karet alam nomor 2, karet sintetik nomor 4, penghasil kayu lapis nomor 1 dan penghasil ikan nomor 6.

Sumber daya alam hayati Indoensia lainnya yang potensial adalah rempah-rempah. Hasil rempah-rempah ini dapat diproduksi dengan teknologi pengolahan menjadi minyak atsiri seperti minyak pala, minyak cengkeh, minyak jahe, minyak kayu manis, minyak nilam dan minyak lada. Minyak atsiri di Indonesia masih sejumlah 12 jenis dari sekitar 200 jenis minyak atsiri yang diperdagangkan di pasar dunia pada saat ini. Jenis minyak atsiri di pasar dunia yang dikuasai Indonesia, yaitu minyak nilam menguasai pasar dunia sebanyak 90%, minyak pala 75%, minyak sereh 15%, minyak cengkeh 40% dan minyak massola 100%.

Minyak daun cengkeh diperdagangkan di pasar dunia sekitar 2000-2200 ton dan Indonesia memasok sebanyak 900-1100 ton. Di samping itu, Indonesia juga sudah mulai mengekspor minyak jahe, minyak lengkuas, minyak kemukus namun masih dalam jumlah yang sangat kecil. Dan dilihat dari kekayaan tumbuh-tumbuhan diperkirakan masih ada 30-40 jenis sumber minyak atsiri yang belum dieksplorasi atau dimanfaatkan. Melihat pertumbuhan konsumsi dunia akan bahan *flavor* dan *fragrans* yang terus meningkat dan adanya tendensi *back to nature*, di mana bahan aroma diutamakan berasal dari bahan tumbuh-tumbuhan alami, maka pengolahan sumber daya alam hayati menjadi produk dengan kualitas dan nilai jual tinggi menjadi sangat penting untuk dikembangkan dengan serius.

Bumi Indonesia yang dikaruniai kekayaan sumber daya alam hayati yang berlimpah seharusnya dapat dimanfaatkan bagi kemakmuran rakyat. Pengembangan teknik produk sebagai dasar pendidikan teknik kimia masa depan harus mendapat perhatian serius agar tersedia sumber daya manusia yang mumpuni dalam pengolahan sumber daya alam Indonesia.

Selain produk-produk minyak atsiri, Indonesia juga merupakan wilayah yang potensial untuk pengembangan produk tanaman hortikultura yang memiliki khasiat sebagai obat. Produksi nasional tanaman obat yang tertinggi adalah jahe, diikuti lengkuas, kunyit, dan

kencur. Jika diamati secara seksama, konsumsi terbesar produk tanaman obat tersebut adalah industri kecil.

Hal ini menunjukkan belum optimalnya pemanfaatan tanaman obat menjadi produk-produk olahan lanjut yang memiliki nilai ekonomi tinggi, menggunakan teknologi maju menjadi produk yang menggerakkan mesin ekonomi yang lebih besar yaitu industri skala besar. Potensi yang dimiliki oleh bangsa Indonesia sesungguhnya hingga saat ini masih belum terukur dengan tepat karena belum adanya sistem data yang baik. Penyusunan data keanekaragaman hayati masih belum dapat diselesaikan dalam rentang waktu yang relatif singkat. Kerja keras yang tidak kenal lelah adalah kunci utama untuk menyelesaikan pendataan dengan baik. Secara garis besar dapat diperkirakan bahwa sumber daya alam hayati terutama tumbuhan, minyak atsiri, dan tanaman obat unggulan harus ‘dideklarasikan’ sebagai bentuk keunggulan komparatif sumber daya alam bangsa Indonesia. Selain merupakan keunggulan, hal tersebut juga merupakan tantangan tersendiri bagi bangsa Indonesia dalam mengelola sumber daya alam yang dimiliki.

Hadirin yang saya muliakan,

Minyak kelapa sawit atau *Crude Palm Oil (CPO)* juga merupakan salah satu komoditas ekspor unggulan Indonesia dan salah satu komoditas penting dalam dunia industri dan pangan. Minyak ini diperoleh melalui proses ekstraksi dari daging buah kelapa sawit (Orthofer, 2005). Berdasarkan data *United States Departement of Agriculture (USDA)*, Indonesia dan Malaysia adalah produsen minyak sawit terbesar di dunia. Produksi *CPO* Tahun 2023 diperkirakan mencapai 50,07 juta ton atau naik sebesar 7,15% dari Tahun 2022 yakni sebesar 46,73 juta ton. Industri kelapa sawit Indonesia masih harus menghadapi berbagai tantangan di Tahun 2024. Dari sisi ekonomi global, ketidakpastian masih membayangi pertumbuhan ekonomi global khususnya negara-negara maju.

Secara umum, *CPO* mengandung 95% campuran trigliserida dan sisanya adalah komponen minor seperti karotenoid, tokoperol, alkohol alifatik, sterol, dan lain-lain(Cloutimon *et al.*, 2011; Zhadiq *et al.*, 2027). Kualitas *CPO* ditentukan oleh beberapa parameter antara lain,

kadar *Free Fatty Acid (FFA)*, kadar air, kadar pengotor, dan bilangan iod. Salah satu parameter penting penentu kualitas *CPO* adalah kadar *FFA* yang merupakan asam lemak bebas dan dihasilkan dari degradasi minyak. Berdasarkan MS 814:2007 kadar *FFA* pada *CPO* dengan kualitas baik berkisar antara 2-5%.

Kadar *FFA* yang tinggi dapat mengakibatkan *CPO* tengik karena terdegradasi dan berdampak pada penurunan nilai ekonomi dari *CPO* itu sendiri. Hal ini menyebabkan diperlukannya sistem packaging dan shipping yang baik agar *CPO* sampai di negara tujuan dalam keadaan sempurna. Pada industri pengolahan kelapa sawit, kadar *FFA* dalam *CPO* sudah diminimalisir menggunakan metode distilasi vakum dan menghasilkan *CPO* dengan kadar *FFA* di bawah 2%. Namun, dikarenakan waktu *packaging* dan *shipping* yang lama, kadar *FFA* dalam *CPO* naik sampai di atas 5% sehingga menurunkan harga jual. Oleh karena itu, diperlukan inovasi alternatif yang dapat menurunkan kadar *FFA* setelah *shipping* yang efektif.

Penurunan kadar *FFA* dalam *CPO* dapat dilakukan dengan dua proses yaitu *physical* dan *chemical process*. *Physical process* dilakukan dengan distilasi vakum dan pemisahan dengan membran (Weerawat *et al.*, 2011; Gogate *et al.*, 2012; Ganesh *et al.*, 2012). Sedangkan pada *chemical process* meliputi esterifikasi dengan asam kuat, *treatment* menggunakan enzim, kristalisasi, dan saponifikasi. Kedua proses tersebut memiliki kekurangan yaitu membutuhkan banyak energi dan menghasilkan limbah kimia yang berbahaya bagi lingkungan.

Sebagai alternatif, pengurangan kadar *FFA* dalam *CPO* dapat dilakukan dengan menggunakan *adsorbent*. Salah satu jenis *adsorbent* adalah resin anion. Resin anion memiliki keunggulan yaitu mampu mengadsorpsi *FFA*, mudah didapat dan terjangkau, bersifat *inert*, dan dapat diregenerasi dan bersifat *sustainable*. Perbedaan kepolaran antara resin dan *CPO* serta sifat basa yang belum cukup kuat membuat resin anion ini perlu *pretreatment* terlebih dahulu untuk meningkatkan kapabilitas resin dalam mengadsorpsi *FFA* pada *CPO*. Resin yang telah melalui *pretreatment* dapat diterapkan dalam sebuah kolom *fixed bed adsorber*, di mana *CPO* yang memiliki kadar *FFA* di atas 5% dilewatkan dalam kolom tersebut sehingga dapat

diperoleh *CPO* yang memenuhi standar. Secara umum, penggunaan resin berbasis *ion exchanger* sebagai *adsorbent* dalam pengurangan kadar *FFA* lebih hemat energi dan ramah lingkungan karena tidak memerlukan proses pemanasan serta dapat diregenerasi (Wirawan *et al.*, 2022).

Satu komoditas sumber daya alam hayati sektor perkebunan yang peranannya cukup penting bagi perekonomian nasional adalah kakao (*Theobroma cacao L.*), selain sebagai penyedia lapangan kerja dan sumber devisa negara, juga diharapkan sebagai komoditas yang dapat memberikan sumber pendapatan yang kontinyu bagi petani. Hal ini dimungkinkan mengingat kakao dapat dipanen sepanjang tahun walaupun sedikit bervariasi antar bulan. Kakao berperan dalam mendorong pengembangan agroindustri sebagai penyedia bahan baku untuk industri makanan dan minuman serta industri kosmetik dan farmasi. Sumber daya alam hayati kakao merupakan komoditas ekspor tertinggi ketiga di sektor perkebunan pada tahun 2020 setelah kepala sawit dan karet.

Perkebunan kakao di Indonesia menurut Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian Tahun 2022, mengalami perkembangan cukup pesat dalam kurun waktu 20 tahun terakhir. Luas areal perkebunan kakao Tahun 2001 tercatat sebesar 0,82 juta ha dan di Tahun 2020 menjadi 1,53 juta ha atau meningkat sebesar 54,51%. Perkebunan kakao sebagian besar dikelola oleh Perkebunan Rakyat (97,57%), 1,01% dikelola Perkebunan Besar Negara (PBN), dan sisanya 1,42% dikelola Perkebunan Besar Swasta (PBS). Dari segi kualitas, kakao Indonesia tidak kalah dengan kakao dunia apabila dilakukan fermentasi dengan baik sehingga dapat mencapai cita rasa yang istimewa.

Kakao Indonesia mempunyai keunggulan yaitu tidak mudah meleleh atau memiliki titik leleh tinggi (*high melting point*) dan rendahnya kandungan *FFA*. Riset dan teknologi tentang penurunan *FFA* dari produk olahan kakao terutama *butter* telah banyak dilakukan sebagai bentuk penerapan ‘*bioresource product engineering*’ dalam ilmu teknik kimia (Putranti *et al.*, 2018; Wirawan *et al.*, 2022). Sejalan dengan keunggulan tersebut, peluang pasar kakao Indonesia cukup terbuka baik untuk ekspor maupun kebutuhan dalam negeri. Dengan

kata lain, potensi untuk mengembangkan industri kakao sebagai salah satu pendorong pertumbuhan ekonomi dan distribusi pendapatan cukup terbuka. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, ekspor kakao Indonesia mencapai 385.981 ton dengan nilai US\$1,26 miliar pada 2022. Jumlah tersebut meningkat 0,85% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebanyak 382.712 ton dengan nilai US\$1,21 miliar. Kakao yang dihasilkan Indonesia sebagian besar diekspor ke mancanegara dengan negara-negara utama tujuan ekspor yakni Malaysia, Vietnam, Amerika Serikat, India, China, Belanda, dan Australia. Kakao Indonesia menjangkau lima benua yaitu Asia, Amerika, Eropa, Afrika, dan Australia dengan pangsa pasar utama di Asia. Volume ekspor ke Malaysia mencapai 55,91 ribu ton atau 14,61 persen dari total volume ekspor kakao Indonesia dengan nilai US\$ 132,57 juta. Menurut Worldatlas, tahun 2022 Indonesia jadi produsen kakao terbesar dunia di urutan ketiga dengan total produksi 739.483 ton. Setelah Pantai Gading di urutan pertama sebesar 2,2 juta ton dan Ghana sebesar 800 ribu ton. Indonesia masih banyak mengekspor kakao dalam bentuk bahan mentah atau dalam bentuk biji kakao jika dibandingkan dengan kakao olahan. Universitas Gadjah Mada menaruh perhatian yang besar terhadap industri kakao ini dari hulu sampai dengan hilir, dengan dibangunnya unit produksi kakao sebagai sarana *teaching industry* perguruan tinggi yang sekaligus sebagai bagian dari penghiliran inovasi UGM *Science Techno Park*.

Perkembangan *Bioresource Product Engineering*

Hadirin yang berbahagia,

Dalam pidato pengukuhan ini, ijinakan saya mencoba mensarikan bagaimana peran *Bioresource Product Engineering* sebagai bagian dari pendidikan teknik kimia dalam pengembangan sains dan teknologi melalui riset-riset yang sejalan dengan upaya pengolahan sumber daya alam.

Bioresource Product Engineering atau Teknik Produk Hayati bukan konsep baru di bidang teknik kimia (Favre *et al.*, 2002; Li *et al.*, 2023)). Konsep tersebut sebenarnya secara implisit sudah lama menjwai kegiatan teknik kimia. Namun, saat ini menjadi makin

penting dan diformulasikan lebih eksplisit selaras dengan berkembangnya keahlian (*skill*) yang diperuntukkan mendukung kegiatan tersebut, dan kini pendidikan teknik kimia mulai mengantisipasi kebutuhan kompetensi tersebut.

Secara umum ilmu teknik kimia bertujuan mengembangkan teknologi, metode, dan cara bagaimana bahan baku berubah menjadi produk bermanfaat setelah melewati proses, baik itu perubahan wujud, komposisi atau kandungan energi (ABET, 2000; Charpentier, 2001, 2005). Dalam mengembangkan proses tersebut ada berbagai cara yang dapat digunakan yaitu cara kuno dan cara modern. Proses dengan cara kuno, biasanya didahului dengan tahapan coba-coba karena pengalaman sendiri atau mengadopsi pengalaman orang lain, bisa karena faktor naluri sehingga biasanya proses ini berjalan lambat (Viladsen, 1997). Sementara cara modern memadukan antara seni (*art*) dengan ilmu pengetahuan (*science*). Kombinasi ini menyebabkan proses secara modern perkembangannya sangat cepat karena dukungan teori (*scientific approach*).

“To be globally competitive: process development needs to be guided by science, not just trial and error”

Dalam perkembangannya *Bioresource Product Engineering* membantu kita memahami bahwa produk yang dihasilkan melalui proses kimia atau non kimia dapat dikategorikan dalam dua kelompok. **Pertama**, *Commodity Products*. Komoditi ini berjumlah banyak, kualitas standar (relatif sama), komposisi kimia sebagai parameter penting, harga relatif tidak terlalu tinggi, banyak produsen, faktor harga sangat menentukan daya saing dan efisiensi proses sangat esensial. Contohnya; minyak goreng, minyak atsiri, bioetanol, biodiesel, biohidrogen, bioDME, dan lain-lain. **Kedua**, Produk-produk khusus (*specialty products*). Komoditi ini berjumlah sedikit, namun kualitas menjadi daya saing utama, komposisi kimia bukan parameter utama, harga sangat tinggi, *features* sangat menentukan daya saing, jumlah produsen terbatas karena seleksi persaingan, faktor harga kurang dominan pada daya saing, selalu terjadi perlombaan peningkatan kualitas, dan efisiensi proses kurang menentukan daya saing. Contoh:

parfum, kosmetik, obat herbal, antioksidan dan lain-lain. Indonesia sangat kaya sumber daya alam hayati yang dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat *specialty product* dengan harga tinggi.

Teknik pengolahan produk hayati (*bioresource product engineering*) mengedepankan perancangan produk dan proses dengan orientasi kualitas produk. Parameter kualitas produk sangat diutamakan, bahkan bisa menggeser parameter konversi, *yield*, efisiensi, komposisi kimia dan lain-lain (Wesselingh, 2001). Konsep *product engineering* dapat diterapkan lebih lanjut pada pengolahan bahan baku menjadi produk *Crude, Fine* dan *Specialty Products*.

Satu contoh yang sering dijadikan rujukan adalah teknik pengawetan produk emulsi (Wintermantel, 1999) di mana produk emulsi (air dan minyak) sering rusak bila terkontaminasi mikroba (misal susu) karena mikroba bisa berkembang hanya dalam fasa air. Adapun, pencegahan perusakan bisa dijalankan dengan membentuk emulsi air dalam minyak. Fasa air berupa butir-butir kecil terkurung dalam minyak sehingga mikroba tidak bisa masuk. Ukuran butir-butir air harus tidak jauh di atas 1 mikron dan harus relatif seragam. Itu bisa dipakai hanya dengan *high pressure homogenizer* dengan input energi tinggi dan bentuk *nozzle* tertentu. Setelah itu, butir-butir kecil tidak boleh bergabung menjadi butir besar selama proses stabilisasi emulsi dan diperlukan proses stabilisasi emulsi yang cepat dan bisa menstabilkan butir-butir. Ini menunjukkan bahwa tahap dispersi menjadi butir-butir sangat kecil dan emulsifikasi (stabilisasi butir) dengan cepat adalah pengontrol kualitas produk hasilnya. Hal ini menunjukkan bahwa proses-proses umum dalam operasi teknik kimia dikombinasikan dengan cermat dan cepat sehingga menghasilkan karakter produk yang diinginkan.

Teknik produk hayati menunjukkan pentingnya teori teknik kimia dan ilmu-ilmu lain yang dikombinasikan dengan cara yang tepat, cermat, dan detil. Proses ekstraksi, pengeringan, kristalisasi, pengentalan, pembentukan film, enkapsulasi, pelapisan, dan lain lain menjadi ciri proses utama pengolahan sumber daya hayati menjadi produk dengan nilai tinggi. Diperkuat oleh Westerberg (2000), bahwa perancangan produk adalah kombinasi dari banyak kemampuan yaitu

antara lain; kimia, fisika, teknik kimia, bisnis, seni keindahan (*fine arts*, dan ilmu sosial).

Untuk memperkuat kemampuan mengolah sumber daya alam hayati Indonesia dengan konsep *bioresource product engineering* maka keilmuan teknik kimia harus selalu berkembang dalam arti yaitu selalu menjaga identitasnya yang kuat dengan konsep teknologi maju berbasis ilmu pengetahuan mutakhir. Sedangkan Foust (1980) mengingatkan juga bahwa pendidikan teknik kimia perlu menyeimbangkan analisis teori, prinsip peralatan, pemahaman tentang sifat bahan baku serta penguasaan metode perhitungan dan perancangan.

Hadirin yang kami hormati,

Pengembangan sains dan teknologi untuk pengolahan sumber daya alam hayati memerlukan riset yang serius dan sejalan dengan penerapan konsep *bioresource product engineering* terutama dalam pengambilan zat aktif dari bahan alami misalnya enkapsulasi oleoresin jahe merah, pengambilan oryzanol dari minyak bekatul maupun antioksidan alami lainnya.

Oleoresin jahe merah mengandung komponen aktif seperti *ginerol*, *shogaol*, dan *zingiberene* yang dapat digunakan sebagai antioksidan alami. Akan tetapi oleoresin jahe merah memiliki kelemahan yaitu aroma yang menyengat, kental, dan lengket. Kelemahan lain adalah sensitif terhadap cahaya, panas, dan oksigen yang dapat menyebabkan degradasi pada komponen bioaktifnya. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan oleoresin jahe merah dengan enkapsulasi. Metode enkapsulasi yang digunakan adalah *crosslink* emulsi yang merupakan metode yang mudah dan serba guna karena dapat dilakukan untuk bahan yang saling larut, tidak saling larut, cair, dan padat. Bahan dinding mikrokapsul menggunakan sumber daya alam alami kitosan yang biodegradabel, biokompatibel, dan aman untuk dikonsumsi. Agen *crosslink* yang digunakan adalah *glutaraldehyde saturated toluene* (GST) dan *sodium tripolifosfat* (TPP) (Jayanudin *et al.*, 2019, 2021).

Minyak bekatul diperoleh dengan proses ekstraksi bekatul yang merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi

(Gopalakhrisna, 2003). Kandungan *oryzanol* paling tinggi terdapat pada lapisan luar bekatul. Kegunaan *oryzanol* di antaranya bermanfaat untuk kesehatan jantung karena mampu menurunkan kadar kolesterol dan menurunkan kemungkinan *atherosclerosis* dini (Monsoor and Proctor, 2005). Pemakaian *oryzanol* sebagai suplemen makanan sangat baik karena mempunyai kekuatan antioksidan lebih tinggi dibanding senyawa vitamin E (*tokoferol*) (Aguilar-Garcia *et al.*, 2007; Amarasinghe *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2005). Eksplorasi pelarut yang tepat untuk proses pengambilan *oryzanol* dari minyak bekatul dan pengambilan data kesetimbangan adsorpsi *batch* pada berbagai variasi suhu, data kinetika adsorpsi *batch*, dan data adsorpsi semi kontinyu dalam kolom dapat digunakan sebagai dasar perancangan skala pilot untuk keperluan *scale up* produksi. Investigasi nilai parameter termodinamika berdasar data kesetimbangan adsorpsi *batch* pada berbagai suhu operasi serta pemodelan matematis optimasi siklus adsorpsi–desorpsi memperkuat parameter perancangan proses. Parameter termodinamika menunjukkan proses adsorpsi *oryzanol* dari minyak bekatul merupakan proses adsorpsi fisis, reversibel, dan eksotermis pada kisaran suhu 25°C–40°C. Ekstrak *oryzanol* kemurnian tinggi dapat diperoleh melalui proses desorpsi dan proses adsorpsi berlangsung baik pada suhu rendah tetapi untuk aplikasi industri akan lebih baik dipilih suhu lingkungan (Susanti *et al.*, 2017, 2018).

Dalam perkembangan ilmu teknik kimia modern terkini (Li *et al.*, 2023), *bioresource technology* makin mewarnai pemanfaatan sumber daya alam hayati terutama dalam bidang *high availability and low utilization bioresource* (HALUB, *biomass based material*, dari aspek sifat kimia, fisika dan mekaniknya, serta proses sintesis, struktur dan cara-cara optimasinya. Perkembangan sangat pesat juga terjadi pada bidang konversi *biochemicals*, konversi *thermochemicals*, elektrokimia, *microbial fuel cells*, karbonisasi hidrotermal, dan *sustainable biomaterials*.

Penerapan Teknologi *Bioresource Processing* Kakao di *Cocoa Teaching and Learning Industry* (UGM CTLI)

Hadirin yang saya muliakan,

Universitas Gadjah Mada menjunjung tinggi kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Salah satu konsep yang diusung untuk mencapai kegiatan universitas tersebut adalah *teaching industry* dengan melakukan pengembangan teknologi pengolahan sumber daya hayati biji kakao. Unit pengolahan biji kakao bernama UGM *Cocoa Teaching and Learning Industry* (UGM CTLI) yang dibangun dengan teknologi lokal dan menghasilkan produk olahan kakao berkualitas ekspor yakni *cocoa butter* dan *cocoa cake/powder*. Lokasi pengolahan berada di Kabupaten Batang Jawa Tengah di tengah-tengah kebun kakao. Lokasi UGM CTLI ini terletak berhimpitan dengan Kawasan Kebun salah satu unit usaha UGM Unit Produksi Segayung Utara, Kelurahan Simbangjati, Kecamatan Tulis, Kabupaten Batang, Jawa Tengah. Jalan menuju lokasi termasuk kategori baik dan hanya berjarak sekitar 500 m dari jalur utama Pantura, serta merupakan daerah yang mudah dijangkau dengan menggunakan angkutan umum. Lokasi gudang mudah diakses, dan merupakan kawasan bebas banjir. Pada tahap perencanaan dan perancangan pabrik UGM CTLI ini kajian ekonomi teknik kimia digunakan untuk melengkapi analisis kelayakan ekonomi yang ditargetkan seperti : NPV, IRR, dan *payback period*.

Fasilitas UGM CTLI secara nyata akan mampu mewujudkan konsep *Teaching Industry* sebagai tindak lanjut kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi. Kegiatan ini pun tidak semata-mata terbatas untuk mahasiswa UGM saja, tetapi juga terbuka untuk mahasiswa non-UGM, siswa sekolah, maupun petani, dan kelompok tani yang memiliki komitmen yang sama dalam pengembangan usaha berbasis komoditas sumber daya alam hayati kakao. Khusus untuk produk *cocoa butter* teknologi penurunan FFA sangat penting untuk menjaga kualitas produk agar sesuai dengan standar ekspor. Pengalaman dalam riset penurunan FFA pada minyak goreng dan CPO digunakan juga dalam upaya penurunan kadar FFA pada produk *cocoa butter* UGM CTLI ini.

Hari Kakao Indonesia yang bertajuk “Cokelatku, Budayaku, Indonesiaku” yang bertujuan meningkatkan konsumsi produk kakao

lokal sekaligus mendorong hilirisasi industri kakao dalam negeri melalui peningkatan nilai tambah produk kakao dan cokelat. Kegiatan ini diharapkan mampu menjadi motor penggerak dalam membangkitkan usaha kakao baik di tingkat petani maupun UGM *CTLI* demi kesejahteraan bersama. Kebijakan tersebut tidak hanya mampu membangkitkan industri kakao, tetapi juga mampu menggerakkan industri hilir makanan dan minuman berbasis cokelat untuk melakukan ekspansi dan berdampak positif karena nilai tambah kakao ada di dalam negeri, menyerap tenaga kerja, adanya *multiplier effect* terhadap industri pendukung seperti industri pengemasan (*packaging*), transportasi, perbengkelan, perbankan, dan sektor lainnya. Yang tidak kalah pentingnya adalah pemanfaatan UGM *CTLI* sebagai sarana R&D dan pengembangan inovasi teknologi berbasis *bioresource product engineering* serta diharapkan keilmuan teknik kimia berkolaborasi dengan bidang ilmu lainnya secara multi disiplin untuk memberikan dampak yang lebih optimal.

Hadirin yang saya hormati,

Tulisan dalam pidato ini terinspirasi kesadaran bahwa kontribusi kemajuan sains dan teknologi saat ini belum tampil terdepan dalam menggerakkan pertumbuhan ekonomi bangsa yang berbasis keunggulan komparatif berupa potensi sumber daya alam dan sumber daya manusia Indonesia yang sungguh sangat berlimpah. Hal ini terjadi karena masih lemahnya kemampuan sumber daya manusia Indonesia dalam menghasilkan karya-karya nyata bagi bangsanya. Produk yang dihasilkan masih banyak yang berkualitas rendah sehingga dihargai sangat murah di pasaran. Sebenarnya sentuhan teknologi akan dapat menaikkan nilai jual dari produk tersebut. Sebagai anak bangsa semoga saya mampu menyumbangkan beberapa pemikiran dari aspek keteknik kimiaan dalam upaya peningkatan kualitas produk dari sumber daya alam Indonesia terutama produk hayati. Sumbangan pemikiran ini bersumber dari analisis saya sendiri dan kutipan analisis beberapa pustaka serta diskusi dengan guru-guru saya beberapa profesor teknik kimia UGM.

Marilah bersama-sama kita sumbangkan solusi demi pemanfaatan sumber daya alam yang lebih berkualitas. Kita susun bank

data secara komprehensif baik genetiknya, pengembangannya, pemanfaatannya, teknologi pengelolaan dan pengolahannya, serta pelestarian dan perlindungannya. Untuk pengembangan teknologi dan industri berbasis keunggulan komparatif sumber daya alam hayati Indonesia maka aplikasi teknologi dalam industri tidak perlu menunggu sampai *scientific background* siap sepenuhnya, segera dilaksanakan secepatnya sambil aspek teknologinya ditingkatkan seiring dengan industri berjalan. Pengalaman mengajarkan bahwa sering terjadi di mana *technological maturity* terkadang lebih maju dari pada *scientific backgroundnya*.

Mengakhiri pidato ini, saya mengajak kita semua mengimplementasikan potensi sumber daya alam hayati dan sumber daya manusia yang melimpah untuk memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi bangsa Indonesia. Indonesia harus unggul dan tampil terdepan dalam pengembangan teknologi pengolahan sumber daya alam berbasis *bioresource product engineering* untuk menggerakkan pertumbuhan ekonomi bangsa menuju kesejahteraan rakyat.

Hadirin yang berbahagia,

Perjalanan menuju jabatan Guru Besar bukanlah sekedar untaian capaian demi capaian yang dinilai dengan angka kredit semata. Perjalanan ini adalah jalan spiritual yang di dalamnya tidak hanya melibatkan dukungan dari rekan-rekan sejawat, mitra, staf administrasi, dan mahasiswa, namun juga dukungan seluruh keluarga dan semua orang dalam perjalanan hidup saya. Untuk itu, ijin saya menghaturkan terima kasih kepada semua pihak yang baik langsung maupun tidak langsung telah mengantarkan saya pada posisi sekarang ini.

Pertama dan yang utama adalah hatur piuing ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa (Ida Sang Hyang Widhi Wasa) yang telah menganugerahkan amanah sebagai seorang Guru Besar. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas kepercayaan yang diberikan kepada saya untuk menduduki jabatan akademik tertinggi sebagai Guru Besar dalam Bidang Pengolahan Sumber Daya Hayati di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah

Mada. Ungkapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Rektor Universitas Gadjah Mada beserta jajarannya, Pimpinan dan Anggota Senat Akademik, Pimpinan dan Anggota Dewan Guru Besar, Dekan yang telah menyetujui dan mengusulkan jabatan Guru Besar saya ini. Tak lupa saya sampaikan terima kasih kepada Ketua dan Pengurus Departemen Teknik Kimia, Dekan dan Pengurus Fakultas Teknik, Tim Penilai kenaikan jabatan Guru Besar Fakultas Teknik, Ketua beserta Anggota Senat Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, yang telah menyetujui dan mengusulkan pengangkatan Guru Besar ini. Kemudian, terima kasih saya sampaikan kepada tim SDM di Departemen, Fakultas, dan Universitas, atas bantuan selama menyiapkan dokumen dan proses penilaian.

Pencapaian saya sekarang ini tentunya dibentuk oleh banyak tangan, pikiran dan jiwa, untuk itu perkenan saya untuk mengucapkan terima kasih kepada para guru saya dari tingkat dasar sampai menengah atas. Para guru SDN 7 Susut terima kasih khusus saya kepada Bapak I Nyoman Cakra dan Ibu atas segala bekal pondasi dasar yang telah diberikan, Para Guru SMPN 1 Bangli, dan SMAN 1 Bangli, yang telah membentuk dan selalu menguatkan saya selama masa pendidikan dasar sampai menengah atas. Teriring doa untuk bapak dan ibu guru yang telah mendahului menghadap Tuhan Yang Maha Kuasa semoga beristirahat dalam damai.

Rasa hormat sangat mendalam saya sampaikan kepada para pendahulu dosen Departemen Teknik Kimia FT UGM yang telah berpulang dalam kedamaian, terima kasih atas perjumpaan dan sesi berbagi nilai hidup dan pengetahuan selama saya menjalani pendidikan dan berkarir di Departemen Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada. Kepada almarhum Bapak Ida Bagus Agra, Bapak Boma Wikan Tiyoso, dan Bapak Wahyudi Budi Sediawan, matur nuwun sanget atas segala yang telah diberikan kepada saya yang tak akan pernah sanggup saya tuliskan dengan kata-kata. Semoga bapak-bapak damai tentram disana. Bakti saya persembahkan secara tulus sebagai murid. Kepada Bapak I Made Bendiyasa, Bapak Supranto, Bapak Sumardi, matur nuwun atas bekal konsep- konsep strategis teknik kimia yang telah ditekankan untuk saya dan sangat menginspirasi langkah saya di Teknik Kimia UGM.

Kepada para dosen senior, rekan sejawat, dan para dosen muda, terima kasih saya sampaikan atas kebersamaan selama ini, yang sangat mewarnai dan mendukung karya pengabdian saya di Departemen Teknik Kimia sampai saat ini. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia dan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Saya tidak bisa menyelesaikan tugas dan karya tanpa bantuan bapak dan ibu sekalian.

Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada dosen, tim pendukung, dan mahasiswa yang tergabung dalam KBK *Bioresource Engineering* dan Lab BIOREMA Departemen Teknik Kimia FT-UGM atas kebersamaan yang kita lewati dalam perjuangan untuk bisa memberikan kontribusi nyata dalam bidang pengolahan sumber daya alam hayati. Tidak hanya sebatas capaian akademik, namun mengikat kita menjadi keluarga besar yang berbagi suka dan duka dalam menjalani karir kita masing masing. Selalu semangat dalam berkarya.

Prof. Bengt Andersson dan Prof. Derek Creaser Chalmers University of Technology saya sampaikan "*Tack sa mycket*" atas bimbingan, support, dan perhatian luar biasa yang diberikan selama saya menempuh pendidikan S3 (PhD program) di Swedia. Ucapan terimakasih juga saya sampaikan kepada Prof. Rochmadi dan Prof Panut Mulyono yang telah bersedia menjadi reviewer pidato pengukuhan saya, matur nuwun atas segala masukan yang diberikan.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada para mantan Rektor dan Wakil Rektor UGM Bapak Sudjarwadi, Bapak Pratikno, Ibu Dwikorita Karnawati, Bapak Panut Mulyono, Bapak Paripurna dan Bapak Ignatius Susatyo yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengabdikan di gedung pusat dengan segala keterbatasan yang saya miliki dalam bidang manajerial struktural di UGM. Tugas dan pembelajaran dalam tugas telah banyak mewarnai wawasan saya untuk melengkapi tugas saya sebagai akademisi di Teknik Kimia UGM. Bu Rektor UGM yang terhormat, matur nuwun atas kepercayaan yang diberikan kepada saya dalam amanah mengabdikan pada program pengembangan inovasi dan *entrepreneurship* di UGM melalui UGM *Science Techno Park* bersama dengan Bapak Hargo Utomo. Teruntuk Bapak Hargo matur nuwun sanget atas segala bimbingan, arahan, pendampingan, dan supportnya yang luar biasa sehingga saya mampu

berkiprah dalam bidang manajerial bersama Bapak. Sungguh kesempatan yang sangat langka dan berharga bagi saya.

Apresiasi dan terimakasih juga saya sampaikan kepada Rekan-rekan UP2R, Direktorat Pengembangan Usaha UGM, UGM *Science Techno Park*, UGM *CTLI*, Unit-unit Usaha UGM, PrimeSTEP, MIT REAP Java, Tim Kedaireka MF Nasional, Block 71, NUS *Enterprise*, Gelanggang Inovasi dan Kreativitas (GIK UGM), dan Graha Rekayasa Utama (GRU) atas segala dukungan dan kerjasamanya.

Terima kasih juga kepada pada sahabat yang selalu menguatkan dalam doa, teman-teman alumni teknik kimia angkatan 1993 (CAH 93), Alumni TEKAGAMA, alumni SMA N 1 Bangli, Alumni SMP N 1 Bangli, Alumni SDN 7 Susut, warga kampung Pojok Tiyasan, Condong Catur, Sleman, Warga Dusun Penatahan, Susut Bangli, keluarga Dadia Dalem Bakas, dan warga Suka Duka Hindu UGM dan Yogyakarta. Kepada para mahasiswa bimbingan saya baik strata S1, S2 dan S3, yang belum dan telah lulus, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan karir saya sebagai dosen teknik kimia UGM.

Kepada Bapak saya Beliau Sang Kompiang Sudiarsa, matur suksma atas segala pengorbanan yang telah diberikan kepada saya, terimakasih atas ketegasan Bapak sebagai seorang PNS dengan penghasilan terbatas masih sanggup untuk membiayai sekolah kami bertiga dengan segala dinamika suka-dukanya. Bapak telah meneruskan nama ‘Sang Kompiang’ yang juga diteruskan ke cucu Bapak Opang Nando. Memperkenalkan nama ‘*Sang Kompiang*’ ini selalu membawa rasa dan suasana tersendiri saat-saat acara perkenalan nama di manapun. Semoga Bapak selalu dilimpahkan kesehatan panjang usia dan kebahagiaan, astungkara.

Kepada almarhumah Ibu Saya yang biasa saya menyapa beliau dengan sebutan “meme” Ibu Desak Ketut Arsiti yang telah melahirkan, mendoakan, mengasuh, membesarkan, dan mendidik saya dalam segala keterbatasannya, terima kasih banyak, mohon maaf saya belum bisa membahagiakan ibu saat kita masih bersama. Saya tidak pernah malu mengakui dan menceritakan bahwa perjuangan sebagai penjual kacang telah membawa saya sampai pada pencapaian sekarang ini. Tidak ada satu katapun yang bisa mewakili perasaan saya saat ini Ibu....Semoga senantiasa menuntun anakmu ini dari sana.

Kepada bibi saya Yang Ade, matur suksma atas doa yang tak pernah putus, semoga selalu sehat astungkara. Kepada kedua Adik saya Sang Ayu Made Wirawati beserta keluarga dan Sang Nyoman Wirahadi beserta keluarga matur suksma atas segala kebersamaan kita sebagai saudara bertiga yang tak kan pernah putus oleh apapun.

Kepada Mertua saya Bapak I Made Yasa Mimba dan almarhumah Ibu Ni Wayan Resmiathi Giri yang telah tenang di sana, matur suksma dahat atas doa, support, bimbingan dan perhatian yang diberikan dengan penuh kasih, terima kasih banyak, mohon maaf jika saya belum bisa membahagiakan dan menjadi menantu yang baik. Semoga Bapak Mertua saya selalu dilimpahkan kesehatan panjang usia dan ketenangan serta kebahagiaan, astungkara. Kepada Mbok Ni Putu Sri Harta Mimba dan keluarga matur suksma dahat atas supportnya selama ini.

Akhirnya, terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada istri saya Kadek Indrayathi Mimba yang sering dipanggil Bu Dek oleh anak kami Nando. Penopang dan penguat di saat paling rendah dalam hidup saya, terima kasih dan mohon maaf jika belum bisa selalu membawa bahagia untuk kita. Juga terima kasih saya ucapkan kepada jagoan saya yang selalu memanggil saya dengan sebutan Pak Piang, Ananda Sang Kompiang Bramanda Elskar Wirawan (alias Nando). Nandolah alasan perjuangan Pak Piang dan Bu Dek selama ini, semoga kami bisa menjadi orang tua yang baik yang bisa mengantarkan Nando menapaki jalan hidup yang sesungguhnya.

Ijinkan pada akhir pidato ini satu puisi teruntuk Ibunda saya tuliskan:

Teras Kampus Biru (SK Wirawan-23 Agustus 2023)

Kujalani takdir pengabdianku disini
 Kuikuti ayunan langkah dan sanubari
 Terpana aura teras kampus biru
 Tersanjung abdi sebagai insan guru

Hari demi hari meniti landai terjalnya asa yang tertunda
 Segala ikhlasku terkawal dalam tuntunan doa ibunda
 Ananda termangu disini kala ada rasa ragu akan pilihan tugas ini
 Kupandangi teras kampus biru ini seakan berlian menyinari hari

Berlian bercahya menerpa pikiran tak kasat mata
 Mata hati ikhlaslah yang kan menangkap maknanya
 Bahwa takdirku menjadi guru anak-anak nusantara
 Hari-hariku berjibaku menggapai tangga demi tangga

Ibu, tetaplah tersenyum disana dalam doa dan kasihmu
 Tangga tangga tak mudah tlah menuntunku di kampus biru
 Terimalah tanda terimakasih sujudku atas tugas tuk negeri
 Aku akan terus menapaki teras kampus ini sampai ujung nanti

Hadirin yang berbahagia,

Dengan tulus dan ikhlas, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua yang hadir dalam acara pengukuhan ini. Keikhlasan dan kesabaran hadirin dalam mendengarkan pidato saya sangatlah berarti bagi saya dan keluarga. Selain itu, saya juga ingin memohon maaf apabila ada kata atau ucapan yang mungkin kurang berkenan di hati hadirin yang saya muliakan.

Semoga setiap langkah kami dituntun Ida Sang Hyang Widhi Wasa. Semoga Tuhan senantiasa melimpahkan berkat dan rahmat-Nya kepada kita semua, serta memberikan kekuatan dan kebijaksanaan dalam setiap langkah kehidupan kita. Terima kasih. Matur nuwun. Matur Suksma.

Om Santhi Santhi Shanti Om

Wassalamu 'alaikum warrohmatullahi wabarakotuh

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar-Garcia, C., Gavino, G., Baragano-Mosqueda, M., Hevia, P., and Gavino, V.C., 2007, Correlation of Tocopherol, Tocotrienol, Oryzanol and Total Polyphenol Content in Rice Bran with Different Antioxidant Capacity Assays, *Food Chemistry*, 102, 1228-1232
- Amarasinghe, B.M.W.P.K., Kumarasiri, M.P.M., and Gangodavilage, N.C., 2009, Effect of method of Stabilization on Aqueous Extraction of Rice Bran Oil, *Food and Bioproducts Processing*, 87, 108-114
- ABET-Accreditation Board for Engineering and Technology, 2000
- Chen, M.H. and Bergman, C.J., 2005, A Rapid Procedure for Analysing Rice Bran Tocopherol, Tocotrienol and Oryzanol Contents, *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 139-151
- Clowutimon W., Kitchalya, P., and Assawaengrat, P., 2011, Adsorption of Free Fatty Acid from Crude Palm Oil on Magnesium Silicate Derived from Rice Husk, *Engineering Journal*, 15 (3), 15-25
- Charpentier, J.C., 2001, "The triplet" molecular processes-product-process engineering": the future of chemical engineering", *Chemical Engineering Science*, 57, 4667-4690.
- Charpentier, J.C., 2005, "Four main objectives for the future of chemical and process engineering mainly concerned by the science and technologies of new materials production", *Chemical Engineering Journal*, 107, 3-17
- Favre, E., Marchal-Heusler, L. And Kind, M., 2002, Chemical Product Engineering : Research and Educational Challenges", *Trans IchemE*, 80, Part A, 65-74
- Faust, A.S., 1980, "Principles of Unit Operations", 2 ed., John Wiley and Sons Inc., New York
- Ganesh L., Pandit, A.B., Gogate, P.R. 2012, Adsorption Removal of Saturated and Unsaturated Fatty Acids Using Ion-Exchange Resin.

- Gogate, P. R., Adsorptive Removal of Saturated and Unsaturated Fatty Acids Using Ion-Exchange Resins. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2012, 51, 6869–6876
- Gopalakhrisna, A.G., 2003, Value Added Products from Rice Bran Oil Industry, *SAARC Oils and Fats Today*, 20 – 23
- Jayanudin, Fahrurrozi, M., Wirawan, S.K., and Rochmadi. (2021). *The Development, Evaluation, and Antioxidant Activity Analysis of Chitosan Microcapsules Containing Red Ginger Oleoresin with Sodium Tripolyphosphate Prepared by Emulsion Cross-linking Technique*. *Chemistry & Chemical Technology* 15 (1), 40-46
- Jayanudin, Rochmadi, Fahrurrozi, M., and Wirawan, S.K. (2021). *Characterization of cross-linked chitosan by ionic and covalent crosslinking agents as wall material of red ginger oleoresin microcapsules*. *Research Journal of Pharmacy and Technology* 14 (6), 3380-3388
- Jayanudin, Fahrurrozi, M., Wirawan, S.K., and Rochmadi. (2019). *Preparation of chitosan microcapsules containing red ginger oleoresin using emulsion crosslinking method*. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials* 17 (1), 1-9
- Jayanudin, Fahrurrozi, M., Wirawan, S.K., and Rochmadi. (2019). *Characterization and release kinetics of red ginger oleoresin encapsulation based on the effect of glutaraldehyde concentration as crosslinking agent*. *Research Journal of Chemistry and Environment* 23 (3), 15-25
- Li, F., Yiwei Li, K. S. Novoselov, Feng Liang, Jiashen Meng, Shih-Hsin Ho, Tong Zhao, Hui Zhou, Awais Ahmad, Yinlong Zhu, Liangxing Hu, Dongxiao Ji, Litao Jia, Rui Liu, Seeram Ramakrishna, Xingcai Zhang (2023), “Bioresource Upgrade for Sustainable Energy, Environment, and Biomedicine, Bioresource Upgrade for Sustainable Energy, Environment, and Biomedicine. *Nano-Micro Lett.* 15, 35
- Monsoor, M.A., and Proctor, A., 2005, Tocopherol, Tocotrienol, and Oryzanol Content of Rice Bran Aqueous Extracts, *JAOCS*, 82, 463-464
- Orthoefer, F.T., 2005, *Bailey’s Industrial Oil and Fat Products: Rice Bran Oil*, John Wiley & Sons.,Inc., Sixth ed., 2, 465-487

- Putranti, M.L.T.A., Wirawan, S.K., and Bendiyasa, I.M. (2018). *Adsorption of free fatty acid (FFA) in low-grade cooking oil used activated natural zeolite as adsorbent*. Materials Science and Engineering 299 (1), 012085
- Shadiq, Z., Wirawan, S.K., and Budiman, A. (2017). *Adsorption of Free Fatty Acid from Crude Palm Oil on Natural Zeolite Activated with Sodium Hydroxide*. The 2nd International Conference on Science and Technology 2017, 55
- Susanti, A.D. Sediawan, W.B., and Wirawan, S.K. (2018). *Recovery of oryzanol from rice bran oil by silica-based batch adsorption: Radial diffusivity inside particle*. Materials Science and Engineering 403 (1), 012009
- Susanti, A.D., Sediawan, W.B., Wirawan, S.K., and Budhijanto. (2017). *Mathematical Modelling of Micronutrient Recovery from Vegetable Oil by Silica-based Adsorption: Vitamin E from Palm Fatty Acid Distillate*. Equilibrium Journal of Chemical Engineering 1 (1), 15-20
- Viladsen, J., 1997, "Putting structure into Chemical Engineering", *Chemical Engineering Science*, 52, 17, 2857-2864
- Weerawat, C., Kitchaiya, P., Assawasanengrat, P. 2011, Adsorption of Free Fatty Acid from Crude Palm Oil on Magnesium Silicate Derived From Rice Husk, Vol.15.
- Wesselingh, J.A., 2001 " Structuring of products and education of product engineers:", *Powder Technology*, 119, 2-8
- Wintermantel, K., 1999, "Process and product engineering – achievements, present and future challenges", *Chemical Engineering Science*, 54, 1601-1620
- Wirawan, S.K., Timotius, D., Nugraha, I.M., Restana, A., Anggara, A.L., and Hidayatullah, S. (2022). *Kinetics and Adsorption Equilibrium Study of Free Fatty Acid (FFA) from Crude Palm Oil (CPO) on Anionic Resin*. ASEAN Journal of Chemical Engineering 22 (1), 33-41

BIODATA

Nama : Sang Kompiang Wirawan
 Tempat/Tanggal Lahir : Bangli, Bali 27 Desember 1973
 NIP : 197312271999031002
 Pangkat/Golongan : Pembina/IVB
 Jabatan : Guru Besar
 Alamat Kantor : Departemen Teknik Kimia, FT UGM
 Jl. Grafika No. 2, D.I. Yogyakarta, 55281
 Email : skwirawan@ugm.ac.id
 Keluarga : 1. Kadek Indrayathi Mimba, SE, Ak, MM (istri)
 2. Sang Kompiang Bramanda Elskar Wirawan (anak)
 Alamat Rumah : Jalan Tabung No 2 Pojok Tiyasan, Condong Catur, Depok, Sleman, Yogyakarta 55283

Riwayat Pendidikan

1980 – 1986 : SDN 7 Susut, Bangli, Bali
 1986 – 1989 : SMPN 1 Bangli, Bali
 1989 – 1992 : SMAN 1 Bangli, Bali
 1993 – 1998 : S1(ST) Teknik Kimia UGM
 1999 – 2001 : S2 (MT) Teknik Kimia UGM
 2003 – 2009 : S3 (PhD) Teknik Kimia Chalmers University of Technology, Swedia

Riwayat Penelitian

- 2014-2016 : Silicalite and ZSM-5 for Development of Adsorbent and Membrane (DIKTI-Swedia)
- 2016 : Utilization of Klaten Indonesia Natural Zeolite, Silicalite and ZSM-5 for Development of Adsorbent and Membrane (DIKTI)
- 2017 : Studi Kinetika dan Kesetimbangan Pengikatan Free Fatty Acid dengan Resin (UGM)
- 2018 : Eksplorasi dan Optimasi Teknologi Proses Produksi Serbuk Kurkuminoid dari Rimpang Temulawak (PT Soho Pharmasi)
- 2018 : Utilization of Klaten Indonesia Natural Zeolite, Silicalite and ZSM-5 for Development of Adsorbent and Membrane (DIKTI)
- 2018 : Modifikasi Permukaan Lapisan Film Berbasis Kitosan sebagai Drug Carrier dalam Sistem Pengantaran Obat (DIKTI)
- 2018 : Adsorpsi Free Fatty Acid (FFA) pada Crude Palm Oil (CPO) dengan Resin Hasil Regenerasi (UGM)
- 2019 : Pengaruh Penambahan Karbonat Hidrosiapatit (CHA) pada Sifat Fisik Edible Film dari Pektin (UGM)
- 2022 : Penurunan Asam Lemak Bebas pada Minyak Goreng Curah dengan Adsorben Alami Kulit Nenas (UGM)
- 2023 : Adsorpsi Bertingkat Free Fatty Acid dengan Adsorben Resin (UGM)

Riwayat Kerja dan Jabatan

- 1999 - Skrg : Departemen Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Dosen
- 2008 - 2012 : Kepala Laboratorium Praktikum Departemen Teknik Kimia FT UGM
- 2010 - 2012 : Direktur Eksekutif Hibah PHKI UGM.

- 2013 - 2016 : Kepala Sub Direktorat Inkubasi, Direktorat Pengembangan Usaha dan Inkubasi UGM
- 2016 - 2022 : Sekretaris Direktorat Pengembangan Usaha dan Inkubasi UGM.
- 2022 - Skrg : Sekretaris Direktorat Pengembangan Usaha UGM.

Riwayat Publikasi Ilmiah (terindeks Scopus)

Ningtyas R.P., **Wirawan S.K.**, Purnomo C.W. Lithium purification from spent li-ion batteries leachate using ion exchange resin (2021) AIP Conference Proceedings, 2342, art. no. 070006

Wirawan S.K., Creaser D. Multicomponent H₂/CO/CO₂ adsorption on BaZSM-5 zeolite (2006) Separation and Purification Technology, 52 (2), pp. 224 - 231

Kistriyani L., **Wirawan S.K.**, Sediawan W.B. Effect of Ca²⁺ to salicylic acid release in pectin based controlled drug delivery system (2016) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 105 (1), art. no. 012042

Wirawan S.K., Timotius D., Nugraha I.M., Restana A., Anggara A.L., Hidayatullah S., Kinetics and Adsorption Equilibrium Study of Free Fatty Acid (FFA) from Crude Palm Oil (CPO) on Anionic Resin (2022) ASEAN Journal of Chemical Engineering, 22 (1), pp. 33 - 41

Jayanudin, Fahrurrozi M., **Wirawan S.K.**, Rochmadi Preparation of Chitosan Microcapsules Containing Red Ginger Oleoresin Using Emulsion Crosslinking Method (2019) Journal of Applied Biomaterials and Functional Materials, 17 (1)

Yohanes H., **Wirawan, S.K.**, Agus S.E. Study of Heat Transfer and Product Characterization in Spouted Bed Coffee Roaster (2022) Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, 92 (2), pp. 182 - 190

Perdana I., Tyoso B.W., Bendiyasa I.M., Rochmadi, **Wirawan S.K.**, Creaser D., Effect of external mass transport on permeation in a Wicke-Kallenbach cell (2009) *Chemical Engineering Research and Design*, 87 (10), pp. 1438 - 1447

Jayanudin, Rochmadi, Fahrurrozi M., **Wirawan S.K.** Characterization of cross-linked chitosan by ionic and covalent crosslinking agents as wall material of red ginger oleoresin microcapsules (2021) *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14 (6), pp. 3380 - 3388

Wirawan S.K., Creaser D., Made Bendiyasa I., Sediawan W.B. CO₂ selective water gas shift membrane reactor: Modeling and simulation (2012) *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 12 (1), pp. 59 - 72

Jayanudin, Fahrurrozi M., **Wirawan, S.K.**, Rochmadi The development, evaluation, and antioxidant activity analysis of chitosan microcapsules containing red ginger oleoresin with sodium tripolyphosphate prepared by emulsion cross-linking technique (2021) *Chemistry and Chemical Technology*, 15 (1), pp. 40 - 46

Wirawan S.K., Creaser D., Lindmark J., Hedlund J., Bendiyasa I.M., Sediawan W.B. H₂/CO₂ permeation through a silicalite-1 composite membrane (2011) *Journal of Membrane Science*, 375 (1-2), pp. 313 - 322

Jayanudin, Fahrurrozi M., **Wirawan S.K.**, Rochmadi Controlled release evaluation of red ginger oleoresin encapsulation using simulated gastric fluid (SGF) (2018) *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 11 (8), pp. 3431 - 3436.

Dalimunthe N.F., Kusumastuti Y., **Wirawan S.K.** Effect of carbonate hydroxyapatite (CHA) on the properties of pectin edible films (2020) *Key Engineering Materials*, 840 KEM, pp. 87 - 92

Jayanudin, Rochmadi, Fahrurrozi M., **Wirawan S.K.** Microencapsulation technology of ginger oleoresin with chitosan as wall material: A review (2016) *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6 (12), pp. 209 - 223

Nadia M., Timotius D., **Wirawan S.K.**, Eviana Putri N.R., Kusumastuti Y. Optimization of Ceric Ammonium Nitrate and Ferrous Ammonium Sulfate in the Synthesis of Chitosan-Graft-Maleic Anhydride (2020) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 742 (1), art. no. 012037

Augustia V.A.S., Kusumastuti Y., **Wirawan S.K.** Pectin based edible film for cinnamaldehyde delivery system: Effect of calcium chloride content on the physical characteristics of the films (2020) Materials Science Forum, 998 MSF, pp. 266 - 270

Akhtar F., Ojuva A., **Wirawan S.K.**, Hedlund J., Bergström L. Hierarchically porous binder-free silicalite-1 discs: A novel support for all-zeolite membranes (2011) Journal of Materials Chemistry, 21 (24), pp. 8822 - 8828

Lindmark J., Hedlund J., **Wirawan S.K.**, Creaser D., Li M., Zhang D., Zou X. Impregnation of zeolite membranes for enhanced selectivity (2010) Journal of Membrane Science, 365 (1-2), pp. 188 - 197

Jayanudin, Fahrurrozi M., **Wirawan S.K.**, Rochmadi Antioxidant activity and controlled release analysis of red ginger oleoresin (*Zingiber officinale* var *rubrum*) encapsulated in chitosan cross-linked by glutaraldehyde saturated toluene (2019) Sustainable Chemistry and Pharmacy, 12, art. no. 100132

Susanti A.D., Sediawan W.B., **Wirawan S.K.**, Budhijanto Mathematical modelling of oryzanol separation from rice bran oil by silica-based batch adsorption: Equilibrium and mass transfer rate (2017) Materials Science Forum, 901 MSF, pp. 190 - 196

Purnomo C.W., Kesuma E., **Wirawan S.K.**, Hinode H. The development of lithium ion recovery method by activated carbon and natural zeolite-based adsorbent (2017) ASEAN Journal of Chemical Engineering, 17 (1), pp. 91 - 98

Wirawan S.K., Sudibyo H., Setiaji M.F., Warmada I.W., Wahyuni E.T. Development of natural zeolites adsorbent: Chemical analysis and preliminary TPD adsorption study (2015) *Journal of Engineering Science and Technology*, 10 (Spec.issue4), pp. 87 - 95

Susanti A.D., Sediawan W.B., **Wirawan S.K.**, Budhijanto The effects of intra-particle concentration gradient on consecutive adsorption-desorption of oryzanol from rice bran oil in packed-column (2017) *AIP Conference Proceedings*, 1840, art. no. 100004

Purnomo C.W., **Wirawan S.K.**, Hinode H. The utilization of bagasse fly ash for mesoporous silica synthesis (2019) *Materials Science and Engineering*, 543 (1), art. no. 012040

Prasakti L., Hartono M., Jati P.P., Setiaji M.F., **Wirawan S.K.**, Sudibyo H. Problem solving of isopropyl alcohol – Water azeotropic characteristics using packed (Natural Zeolite) bed adsorber (2020) *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 37 (1), pp. 21 - 27

Lestari P.P., Mindaryani A., **Wirawan S.K.** CO₂ Absorption from Biogas by Glycerol: Conducted in Semi-Batch Bubble Column (2018) *Materials Science and Engineering*, 316 (1), art. no. 012065

Susanti A.D., Sediawan W.B., **Wirawan S.K.**, Budhijanto Recovery of oryzanol from rice bran oil by silica-based batch adsorption: Radial diffusivity inside particle (2018) *Materials Science and Engineering*, 403 (1), art. no. 012009

Jayanudin J., Rochmadi R., Fahrurozi., **Wirawan, S.K.** Diffusion coefficient determination to evaluate the release of red ginger oleoresin from the chitosan microcapsules (2023) *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 28 (6)

Jayanudin, Fahrurrozi M., **Wirawan S.K.**, Rochmadi Characterization and release kinetics of red ginger oleoresin encapsulation based on the effect of glutaraldehyde concentration as crosslinking agent (2019) *Research Journal of Chemistry and Environment*, 23 (3), pp. 15 - 25

Nadia M., Kusumastuti Y., **Wirawan S.K.**, Timotius D. Effect of Ceric (IV) ammonium nitrate concentration on preparation and characterization of chitosan-graft-maleic anhydride as potential drug delivery system (2021) *AIP Conference Proceedings*, 2338, art. no. 020003

Timotius D., Kusumastuti Y., Imani N.A.C., Rochmadi, Putri N.R.E., Rahayu S.S., **Wirawan S.K.**, Ikawati M. Kinetics of drug release profile from maleic anhydride-grafted-chitosan film (2020) *Materials Research Express*, 7 (4), art. no. 046403

Ayu Putranti M.L.T., **Wirawan S.K.**, Bendiyasa I.M. Adsorption of Free Fatty Acid (FFA) in Low-Grade Cooking Oil Used Activated Natural Zeolite as Adsorbent (2018) *Materials Science and Engineering*, 299 (1), art. no. 012085

Wirawan S.K., Creaser D. CO₂ adsorption on silicalite-1 and cation exchanged ZSM-5 zeolites using a step change response method (2006) *Microporous and Mesoporous Materials*, 91 (1-3)

Jayanudin, Fahrurrozi M., **Wirawan S.K.**, Rochmadi Mathematical modeling of the red ginger oleoresin release from chitosan-based microcapsules using emulsion crosslinking method (2019) *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22 (2)