



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor Lienda Aliwarga Handojo

**PERAN TEKNIK KIMIA
DALAM INDUSTRI PANGAN**

11 Desember 2021
Balai Pertemuan Ilmiah ITB

**Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**
11 Desember 2021

Profesor Lienda Aliwarga Handoyo

**PERAN TEKNIK KIMIA
DALAM INDUSTRI PANGAN**



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: PERAN TEKNIK KIMIA DALAM INDUSTRI PANGAN
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB,
tanggal 11 Desember 2021.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak Cipta ada pada penulis

Lienda Aliwarga Handoyo
PERAN TEKNIK KIMIA DALAM INDUSTRI PANGAN
Disunting oleh Lienda Aliwarga Handoyo

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2021
viii+68 h., 17,5 x 25 cm
ISBN 978-602-6624-50-5

1. Teknologi Pemrosesan Bahan Pangan 1. Lienda Aliwarga Handoyo

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang yang telah melimpahkan berkat dan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan naskah orasi ilmiah ini.

Penghargaan dan terima kasih sebesar-besarnya kami sampaikan kepada pimpinan dan anggota Forum Guru Besar Institut Teknologi Bandung, yang telah memberi kesempatan kepada kami untuk menyampaikan orasi ilmiah ini di Sidang Terbuka Forum Guru Besar ITB pada tanggal 11 Desember 2021.

Sesuai dengan latar belakang dan bidang yang kami tekuni, orasi ilmiah ini mengambil judul "**Peran Teknik Kimia dalam Industri Pangan**". Dalam tulisan ini disampaikan secara ringkas perkembangan teknologi di bidang teknik kimia yang diaplikasikan dalam industri pangan, termasuk peran Teknik Kimia ITB dalam upaya memajukan industri pangan Indonesia.

Penyampaian orasi ilmiah ini merupakan salah satu bentuk pertanggungjawaban dan komitmen akademik atas jabatan Guru Besar dalam Bidang Ilmu Teknologi Pemrosesan Bahan Pangan.

Semoga tulisan ini dapat memberi wawasan dan inspirasi yang bermanfaat bagi para pembaca.

Bandung, 11 Desember 2021

Prof. Dr. Ir. Lienda Aliwarga Handoyo, M.Eng.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
SINOPSIS	vii
1. PENDAHULUAN	1
2. TONGGAK-TONGGAK TEKNOLOGI INDUSTRI PANGAN	3
2.1 Proses Haber-Bosch	3
2.2 Pengemasan Pangan	4
2.3 Pembekuan Cepat	6
2.4 Teknologi Pengeringan	7
2.5 Teknik Memperpanjang Umur Simpan Pangan	9
2.6 Iradiasi Pangan	10
2.7 Teknologi Lainnya	10
3. TEKNOLOGI PANGAN MASA DEPAN	14
3.1 Sumber Protein Alternatif	15
3.2 Pemrosesan Pangan Melalui Kontak Langsung Dengan Listrik	17
3.3 Pemrosesan Tekanan Tinggi	18
3.4 Nanoteknologi	19
3.5 Bioteknologi	20
3.6 Pemutakhiran Teknik Ekstraksi	22
3.7 Teknologi Lainnya	23

4. PERAN TEKNIK KIMIA ITB DALAM MEMAJUKAN INDUSTRI PANGAN INDONESIA	26
5. PENUTUP	34
6. UCAPAN TERIMA KASIH	35
DAFTAR PUSTAKA	38
CURRICULUM VITAE	49

SINOPSIS

Teknik kimia adalah cabang ilmu rekayasa yang mempelajari pengolahan bahan baku menjadi produk yang lebih bermanfaat, bisa berupa barang jadi atau setengah jadi, termasuk juga produk dalam bidang pangan. Sejak satu abad terakhir, ilmu teknik kimia telah sangat berperan dalam menciptakan berbagai teknologi yang mampu meningkatkan kuantitas dan kualitas pangan serta memperpanjang usia simpan. Beberapa teknologi tersebut antara lain meliputi teknologi pembuatan pupuk, pengemasan, pengeringan, pasteurisasi, dan inovasi bahan aditif pangan.

Sementara itu, seiring dengan perubahan pola konsumsi masyarakat dunia yang dipengaruhi oleh peningkatan populasi manusia dan kesadaran konsumen akan kesehatan serta tuntutan *sustainability* yang makin tinggi, insinyur teknik kimia terus berusaha mengembangkan beragam teknologi baru yang lebih efisien dan mampu menghasilkan produk pangan sehat. Proses produksi yang ada dimutakhirkan agar diperoleh emisi gas rumah kaca dan konsumsi energi yang lebih rendah, misalnya melalui riset sumber protein alternatif atau pemrosesan pangan menggunakan kontak langsung dengan listrik. Selain itu, berbagai teknologi seperti nanoteknologi, bioteknologi, dan teknologi isolasi suplemen nutrisi pangan melalui teknik ekstraksi modern terus dikembangkan agar kuantitas serta kualitas nutrisi di dalam produk

pangan dapat terus ditingkatkan atau tetap terjaga.

Teknik Kimia ITB turut berkontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan pangan melalui pendirian Program Studi Teknik Pangan ITB, yang diikuti dengan pembentukan Kelompok Keahlian Teknologi Pengolahan Biomassa dan Pangan (KK TPBP). Isu kemandirian pangan Indonesia menjadi perhatian utama dalam melaksanakan kegiatan pendidikan, penelitian dan pengabdian masyarakat, agar sumber daya alam dalam negeri dapat dieksplorasi dan dimanfaatkan, juga sebagai persiapan menghadapi perubahan dunia yang perlahan-lahan beralih menuju *bio-based economy*.

Demi mendukung upaya tersebut adalah penting untuk mempunyai suatu wadah yang dapat mendorong dan memfasilitasi pembangunan jejaring serta kerja sama di antara seluruh pemangku kepentingan yang meliputi perguruan tinggi, lembaga penelitian, dunia industri, pemerintah, masyarakat wirausahawan dan calon pelaku wirausaha, sehingga hasil-hasil inovasi serta riset unggul berbasis bahan baku lokal dapat diakselerasi untuk diimplementasikan atau dikomersialisasi demi kepentingan nasional. Mendorong pembangunan *Food and Biobased Product Park* sebagai wadah dimaksud termasuk salah satu misi KK TPBP.

PERAN TEKNIK KIMIA DALAM INDUSTRI PANGAN

1. PENDAHULUAN

Teknik kimia adalah cabang ilmu rekayasa yang mempelajari pengolahan bahan baku menjadi produk yang lebih bermanfaat, bisa berupa barang jadi atau setengah jadi. Teknik kimia selalu berupaya untuk menghasilkan proses yang ekonomis. Untuk mencapai tujuan tersebut, seorang insinyur teknik kimia dapat menyederhanakan atau mengatur aliran proses dan kondisi operasi demi mendapatkan proses yang layak investasi secara ekonomi (Garza dkk., 2021). Insinyur kimia membuat proses yang dikembangkan pada skala laboratorium menjadi mungkin dan efisien diaplikasikan pada produksi komersial atau skala besar, sehingga peran teknik kimia adalah memaksimalkan produktivitas dan kualitas produk sambil meminimalkan biaya (Garza dkk., 2021).

Dalam perkembangannya, unit operasi dan metodologi dalam bidang teknik kimia seperti pengeringan, penggilingan, ekstrusi, pendinginan, perpindahan panas dan massa, sentrifugasi, pengangkutan, pemantauan dan pengendalian proses, diadopsi oleh industri pangan (Niranjan, 1994). Adopsi tersebut mencakup seluruh rantai pasok makanan, mulai dari asal mula bahan baku pangan, yaitu pertanian, peternakan, dan perikanan, hingga proses produksi membentuk bahan baku antara dan bahan pangan yang siap dikonsumsi. Perkembangan teknologi dalam produksi bahan baku pangan memungkinkan terjaminnya asupan bahan baku bagi

produksi pangan secara komersial (van der Padt, 2014)..

Selain pengembangan pada bahan baku pangan, teknologi pemrosesan juga terus menerus dimutakhirkan untuk memperoleh efisiensi kerja maksimal, sehingga produk pangan dapat diproduksi dalam skala besar secara cepat, memiliki usia simpan lebih panjang dan dengan kualitas tinggi, yaitu tanpa merusak komponen pangan yang bermanfaat bagi tubuh manusia seperti protein dan vitamin (Stuart dan Woroosz, 2011). Insinyur teknik kimia atau insinyur proses juga berkontribusi dalam menjawab permasalahan keberlanjutan (*sustainability*). Upaya yang dilakukan antara lain menekan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada produksi pangan, terutama protein hewani, serta inovasi dalam kemasan pangan yang lebih ramah lingkungan dan sistem daur ulang sampah (Baldwin, 2014).

Keilmuan teknik kimia diharapkan mampu menjadi ujung tombak dalam menemukan solusi bagi berbagai permasalahan di atas. Tulisan ini memaparkan perkembangan teknologi dalam pemrosesan pangan, mulai dari teknologi yang telah membawa perkembangan drastis dalam industri pangan hingga tren penelitian dan teknologi terkait berbagai masalah produksi pangan di masa depan. Terakhir, peran yang telah dilakukan Teknik Kimia ITB dalam menjawab permasalahan pangan nasional, antara lain dengan mengembangkan Subprogram Teknologi Pangan menjadi Program Studi Teknik Pangan yang berdiri sendiri.

2. TONGGAK-TONGGAK TEKNOLOGI INDUSTRI PANGAN

Industri pangan di masa lalu belum menerapkan teknik atau *engineering* dalam arti sesungguhnya, yaitu menggunakan prinsip fisika dan kimia untuk mengatur operasi pabrik maupun mengembangkan proses. Yang dilakukan oleh pemilik hanyalah membeli peralatan dari pemasok dan menghubungkan satu dengan yang lain untuk mendapat proses yang lengkap (Fryer dkk., 1997). Perkembangan industri pangan secara drastis dimulai pada awal tahun 1900-an, antara lain melalui penemuan pupuk kimia, herbisida, dan pestisida, yang merupakan hasil terobosan para ahli dan insinyur kimia.

2.1 Proses Haber-Bosch

Fritz Haber pada tahun 1908 menginisiasi pengembangan proses sintesis amonia, yang kemudian melalui kerja sama dengan Carl Bosch menghasilkan proses Haber-Bosch. Proses ini memungkinkan amonia diproduksi dalam skala komersial (Erisman dkk., 2008). Proses Haber-Bosch merupakan pencapaian monumental dalam bidang Teknik Kimia yang pengaruhnya sangat besar terhadap produksi pangan dunia. Pada tahun 1918 dan 1931 Haber dan Bosch mendapat hadiah Nobel atas penemuan ini (Erisman dkk., 2008).

Selain itu aktivitas herbisida glifosat pertama kali ditemukan oleh ahli kimia John Franz dari Monsanto pada tahun 1970. Hingga saat ini penggunaan glifosat untuk membasmi gulma masih sangat luas.

Penemuan, sintesis, dan pembuatan berbagai senyawa kimia skala komersial tersebut memberi dampak sangat besar terhadap produksi pangan dunia, karena dapat meningkatkan produktivitas dan efektivitas sektor pertanian dan perkebunan secara signifikan (Carvalho, 2017).

Selain berkembangnya industri hulu pangan, berikut adalah tonggak-tonggak teknologi yang membawa perkembangan pesat pada industri pangan dalam seabad terakhir seperti tercantum pada Gambar 1 (IFT, 2009).

2.2 Pengemasan Pangan

Perkembangan teknologi pengemasan pangan selama seabad terakhir cukup pesat, dimulai dengan kemasan vakum hingga kemasan aktif (Brody dkk., 2008). Sebelum teknologi pengemasan pangan modern digunakan secara luas, pangan yang tersedia bagi konsumen terbatas pada pangan yang dapat diproduksi dan diangkut secara lokal. Insinyur kimia telah berkontribusi dalam mengurangi pembusukan dan memperpanjang umur simpan melalui proses sterilisasi dan pengemasan (Rodowicz, 2013).

Kemasan vakum pertama kali diterapkan pada tahun 1900-an dengan menggunakan teknik penghilangan udara dari kemasan sebelum penyegelannya. Tujuan utamanya untuk menurunkan kadar oksigen dalam kemasan sehingga menghambat kemampuan mikroorganisme tumbuh dan merusak produk (Kumar dan Ganguly, 2014). Metode pengemasan



Gambar 1. Tonggak-tonggak teknologi industri pangan dalam satu abad terakhir (IFT, 2009)

terus berkembang yang kemudian melibatkan pengaturan kadar oksigen dan karbon dioksida melalui penambahan karbon aktif atau kapur dalam kemasan. Metode penyimpanan yang disebut *Controlled Atmosphere Packaging* (de Siqueira Oliveira dkk., 2020) ini diterapkan pada dekade 1950. Selanjutnya pada dekade 1980 berkembang *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) yaitu perubahan atmosfer atau komposisi gas di ruangan sekeliling produk dengan gas inert untuk mencegah kerusakan makanan akibat oksigen yang dapat menyebabkan oksidasi atau peningkatan aktivitas mikroba (Davies, 1995).

Pada dekade 1990, kemasan aktif (*active packaging*) mulai diaplikasikan. Jenis kemasan ini merupakan kemasan yang dirancang dengan sengaja memasukkan komponen yang akan melepaskan zat ke dalam atau menyerap zat dari makanan (European Commission, 2004). Contohnya adalah penambahan polimer yang mampu melepaskan zat aktif (antioksidan dan antimikroba), senyawa penahan (etilen, oksigen, dan air) atau senyawa yang mampu menyerap komponen makanan yang tidak diinginkan. Kemasan aktif juga dapat melibatkan agen pengontrol kelembaban seperti lempung alami, kalsium oksida, dan gel silika yang digunakan sebagai pengering pada makanan kering (Brody dkk., 2008).

2.3 Pembekuan Cepat

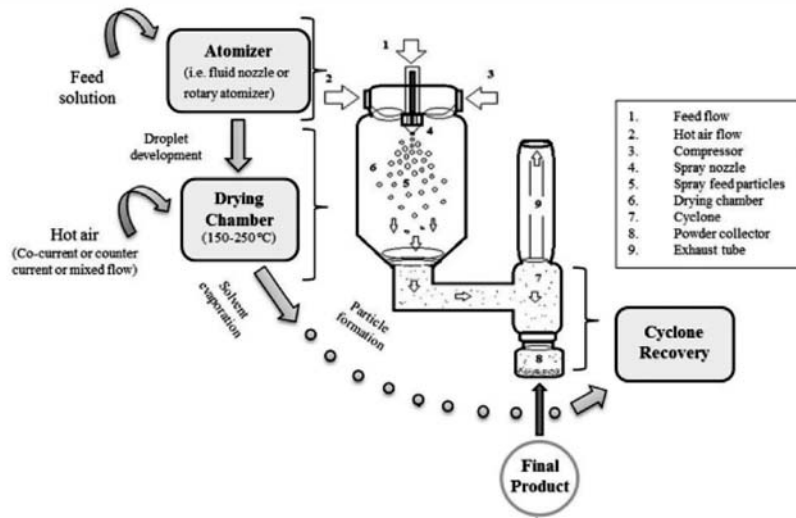
Pada dekade 1920, proses *quick freezing* atau pembekuan cepat pertama kali dibuat secara komersial oleh Birdseye, sehingga namanya sering diasosiasikan dengan makanan beku. Proses ini memungkinkan

buah dan sayur mempunyai umur simpan yang lebih panjang. Pembekuan cepat menghasilkan kualitas produk yang lebih baik daripada pembekuan lambat, karena es yang terbentuk berupa kristal halus. Pada pembekuan lambat akan terbentuk kristal es kasar yang dapat mendesak atau merobek sel sehingga bahan pangan menjadi lembek atau “benyek” saat pelelehan. Birdseye juga yang menemukan bahwa *blanching* yaitu perlakuan dengan air panas pada sayuran sebelum pembekuan akan membuat sayuran mempunyai kualitas yang baik dari segi warna dan bau karena enzim yang mengganggu akan terdeaktivasi melalui proses ini (Püssa, 2015).

2.4 Teknologi Pengeringan

Pada dekade yang sama dengan pembekuan cepat, teknik *spray drying* (Gambar 2) telah dimanfaatkan untuk pengeringan susu bubuk. Melalui teknik ini bahan dari fasa cair diubah menjadi bentuk partikel kering dengan menyemprotkan atau menghamburkannya ke dalam media pengering yang panas (Shishir dan Chen, 2017). Teknik *spray drying* memiliki beberapa keuntungan, yaitu mudah dilakukan, tidak menggunakan banyak tahap, alat relatif sederhana, dan waktu pengerjaan singkat. Kerugian dari metode ini adalah biaya relatif tinggi, efisiensi termal rendah, dan kebutuhan volume udara besar. Saat ini, *spray drying* telah dimanfaatkan pula untuk pengeringan berbagai enzim seperti amilase, protease, dan pektinase, sup; maltodekstrin; dan protein kedelai (Cheng dkk., 2018).

Selanjutnya pada dekade 1930 mulai digunakan *freeze drying*, yaitu proses menghilangkan kandungan air dari suatu bahan atau produk beku melalui sublimasi es pada kondisi temperatur sangat rendah dan tekanan sangat vakum. *Freeze drying* dapat menjaga rasa, warna, dan penampilan serta meminimalkan kerusakan termal pada nutrisi yang sensitif terhadap panas. Berat yang dihasilkan bisa mencapai 10-15% dari berat awal serta tidak memerlukan refrigerasi untuk penyimpanannya.



Gambar 2. Skema diagram proses *spray drying* (dimodifikasi dari Shishir dan Chen, 2017)

Di lain sisi, teknik ini cukup mahal karena harus dilakukan di bawah titik *triple*, dengan kata lain pada tekanan dan temperatur yang sangat rendah, di samping juga sangat menyita waktu sehingga metode ini

diaplikasikan terbatas pada produk yang bernilai tinggi. Pabrik skala komersial pertama dengan proses *freeze drying* muncul pada dekade 1960. Saat ini beragam makanan dihasilkan dari proses ini, misalnya makanan untuk astronot, untuk *hiking* dll. (Du dkk., 2021)

2.5 Teknik Memperpanjang Umur Simpan Pangan

Perang dunia di abad ke-20 juga sangat memacu perkembangan teknologi dan modernisasi yang membawa kemajuan luar biasa pada peralatan serta teknik, termasuk proses otomatisasi untuk memekatkan, membekukan, dan mengeringkan makanan. Hal ini memungkinkan produksi dan pengemasan massal untuk memasok logistik pada Perang Dunia II, termasuk *aseptic packaging* yang mampu memperbaiki kualitas serta keamanan pangan. Pada proses ini, kemasan disterilisasi terlebih dahulu untuk membunuh mikroorganisme sebelum diisi oleh makanan yang juga telah disterilisasi (Ansari dan Datta, 2003).

Proses sterilisasi makanan pada temperatur yang tinggi dan waktu yang lama dapat mengubah warna dan rasa makanan secara signifikan. Oleh karena itu, kadang digunakan pula proses pasteurisasi yang diperkenalkan oleh Louis Pasteur (1822-1895), yaitu metoda untuk memperpanjang umur simpan pangan melalui deaktivasi mikroorganisme patogen dengan menggunakan panas. Tidak seperti sterilisasi, pasteurisasi tidak dimaksudkan untuk membunuh seluruh mikroorganisme di makanan sehingga produk pasteurisasi perlu disimpan dalam lemari pendingin (Matthews dkk., 2017). Teknik pasteurisasi sudah

banyak diterapkan dalam proses produksi pangan, contohnya susu, kecap, santan, jus buah, makanan kaleng, dan minuman olahraga serta produk lainnya. Metode lain untuk memperpanjang umur simpan adalah *Ultra High Temperature* (UHT) yaitu dengan memanaskan cairan pada temperatur sangat tinggi tapi dalam waktu yang singkat, menggunakan peralatan steril komersial dan mengisinya ke dalam kemasan yang tertutup rapat dalam kondisi aseptik. Produk ini disebut "*shelf stable*" dan tidak perlu disimpan pada suhu dingin (Karlsson dkk., 2019).

2.6 Iradiasi Pangan

Pada tahun 1997 Amerika Serikat telah membolehkan perlakuan iradiasi pada daging segar ataupun beku, baik unggas maupun daging merah. Sinar yang digunakan dalam iradiasi dapat berupa sinar Gamma, sinar-X atau pancaran elektron. Manfaat iradiasi pada makanan di antaranya untuk mengurangi atau menghilangkan patogen seperti bakteri, spora, serangga, dan jamur, mencegah penyebaran bakteri *Salmonella* dari makanan ternak, serta memperlambat penuaan pada makanan seperti buah-buahan dan sayuran (Farkas dan Mohácsi-Farkas, 2011). Astronot NASA misalnya mengkonsumsi makanan yang telah diradiasi untuk menghindari munculnya masalah karena makanan.

2.7 Teknologi Lainnya

- **Bahan Aditif Pangan**

Selain tonggak-tonggak teknologi di atas, dalam satu abad terakhir

para insinyur proses juga berkontribusi dalam pengembangan bahan aditif pangan yang sangat luas penggunaannya. Saat ini hampir tidak ada satupun makanan modern yang lepas dari penggunaan aditif (Sun dan Wang, 2017). Bahan aditif pangan dapat ditambahkan pada tahap pemrosesan, pengemasan, dan transportasi untuk meningkatkan standar kualitas, daya tahan, dan stabilitas produk serta menyesuaikan aroma dan warna. Fungsi utama dari aditif pangan meliputi kontrol pH, viskositas, stabilitas dan homogenitas; fungsi biologis terkait dengan stabilitas, penghambatan proses degradasi, dan umur simpan; serta fungsi sensorik meliputi warna, aroma, dan rasa (Wu dkk., 2021).

Contoh aditif yang sering digunakan adalah pemanis, baik yang alami maupun buatan. Pemanis alami yang saat ini banyak beredar di pasaran berasal dari tebu atau bit, diolah dengan berbagai unit operasi hingga menghasilkan kristal gula (Rodowicz, 2013). Contoh pemanis buatan adalah aspartam, sakarin, dan siklamat (Chattopadhyay dkk., 2011).

Terdapat pula bahan aditif yang berfungsi menambah rasa tertentu yaitu perisa. Perisa alami diisolasi dari bahan alami atau diproduksi melalui proses enzimatis dan fermentasi mikrobiologi. Sementara itu, diciptakan pula perisa buatan karena umumnya perisa alami berharga mahal. Perisa jenis ini dikembangkan dan disintesis di laboratorium oleh insinyur kimia untuk meniru aroma yang

ditemukan di alam kemudian diproduksi secara komersial (Kuentzel dan Bahri, 1991).

Bahan aditif lain yang umum digunakan adalah pati. Pati diisolasi dari berbagai biji-bijian sereal, akar dan umbi-umbian dan sumber lainnya, kemudian dikonversi menjadi tepung agar mudah digunakan. Dalam pangan, pati dapat berfungsi sebagai pengemulsi, pengatur tekstur, pembentuk jeli, dan pengatur kejernihan minuman (Omorieghe dan Egharevba, 2020).

- **Teknologi Membran**

Teknologi membran diaplikasikan dalam industri pangan untuk memisahkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan melalui perbedaan ukuran, bentuk, atau muatan permukaan. Berbagai jenis membran telah diaplikasikan dalam industri pangan, seperti nanofiltrasi (NF), ultrafiltrasi (UF), dan mikrofiltrasi (MF) yang melibatkan mekanisme pemisahan dalam membran berpori. Jenis membran lain yang umum digunakan adalah *reverse osmosis* (RO) dan penguapan yang memanfaatkan membran yang rapat dan padat. Ada pula elektrodialisis, yaitu membran bermuatan yang digunakan untuk memisahkan molekul atau ion dalam medan listrik berdasarkan perbedaan muatan dan kecepatan transportasi melalui membran. Teknologi membran mulai banyak digunakan dalam industri pangan pada dua dekade terakhir. Saat ini potensi penggunaannya masih terus dieksplorasi untuk berbagai produk pangan, misalnya untuk

penjernihan jus buah, pemekatan protein whey dan standarisasi protein pada susu, pemurnian dan demineralisasi gula. Membran juga telah dikembangkan untuk pemulihan senyawa rasa dan aroma (Charcosset, 2020).

- **Pemrosesan Tepung dan Bahan Padat**

Pemrosesan tepung dan bahan padat menjadi lebih canggih saat ini dengan adanya kemajuan dalam bidang pemisahan, klasifikasi, *conveying*, pengeringan, pencampuran, penanganan emisi debu, dan *electrostatic hazard*, sehingga memungkinkan untuk memproduksi *premix* bahan kue, *cake* dan sebagainya. Perkembangan yang pesat pada industri pengolahan tepung terutama bermanfaat untuk produksi roti (Levy dan Kalman, 2001).

- **Atomisasi**

Atomisasi adalah proses mengubah sebagian besar cairan menjadi tetesan halus. Pada proses atomisasi, cairan dengan tekanan tinggi dialirkan melalui *nozzle* sehingga membentuk tetesan-tetesan kecil. Ukuran tetesan ketika disemprotkan dalam ruang hampa bervariasi dari diameter submikrometer hingga beberapa ratus mikrometer, sehingga proses ini banyak digunakan dalam *spray drying*, pelapisan permukaan produk makanan, pendinginan evaporatif, dan enkapsulasi (Ashgriz, 2011).

- **Makanan Convenience**

Makanan instan dan makanan beku adalah contoh dari makanan

convenience. Teknologi makanan instan juga maju dengan pesat seiring dengan gaya hidup yang modern, karena para ibu tidak hanya menjadi ibu rumah tangga tetapi bekerja di luar rumah (Brunner dkk., 2010).

3. TEKNOLOGI PANGAN MASA DEPAN

Keilmuan teknik kimia telah berkontribusi dalam inovasi proses dan produk pangan untuk meningkatkan rasa dan nilai gizi. Selama dua dekade terakhir, industri makanan terus mengalami perubahan dalam berbagai aspek. Makanan yang dimakan 20 tahun yang lalu sekarang hilang atau dikonsumsi oleh lebih sedikit konsumen karena kesadaran akan kesehatan yang makin tinggi, di samping banyak jenis pilihan makanan baru yang muncul di pasaran. Di sisi lain, populasi manusia di masa depan terus tumbuh sehingga timbul tantangan dalam memenuhi kebutuhan pangan. Tuntutan produksi pangan yang berkelanjutan juga semakin meningkat. Oleh karena itu, tugas insinyur kimia dalam industri pangan di masa depan harus disesuaikan dengan perubahan tersebut (Grunert, 2013).

Beberapa hal yang pasti akan mempengaruhi pilihan konsumen terhadap makanan di masa depan adalah kenaikan pendapatan per kapita, tren urbanisasi, perubahan pola rantai pasok makanan yang menyebabkan perusahaan makanan transnasional menyebar ke berbagai negara, makin menyebarnya sektor *retailer* (supermarket dan

minimarket), makin agresifnya *marketing* produsen makanan, dan kesadaran konsumen akan kesehatan yang makin tinggi (Kearney, 2010).

Insinyur kimia sebagai pendorong strategis untuk pertumbuhan industri pangan harus merespon tren baru tersebut dengan merumuskan kembali produk dan proses, misalnya dengan (PMML, 2017):

- Menghilangkan bahan yang tidak aman dan menciptakan formulasi baru dengan bahan yang lebih sehat dan ramah lingkungan.
- Melakukan fortifikasi dengan menambahkan kalsium, protein, zat besi, vitamin, mineral, serat, dan antioksidan ke dalam makanan.
- Menghilangkan atau mengurangi kadar pemanis buatan dalam makanan, sesuai dengan kenaikan permintaan akan pemanis alami.
- Memperpanjang umur simpan makanan.

Berikut adalah perkembangan riset dan teknologi mutakhir dalam mengantisipasi perubahan global dan menjawab beragam permintaan konsumen di masa depan.

3.1 Sumber Protein Alternatif

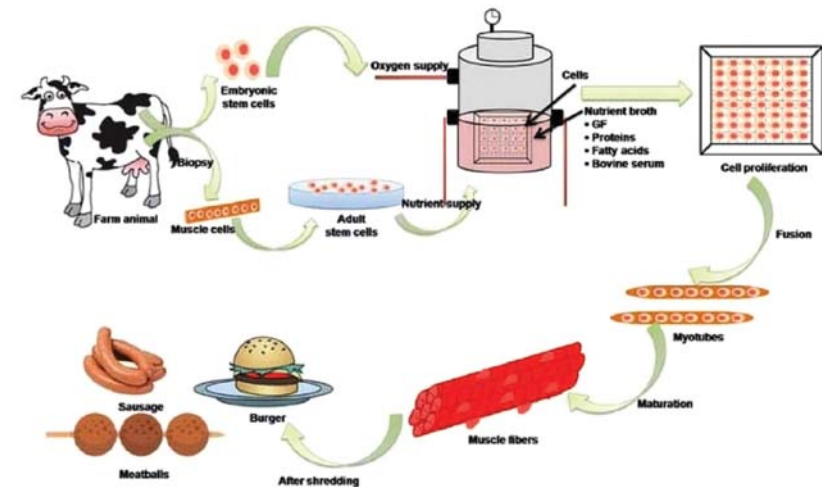
Sumber utama protein di negara maju saat ini umumnya adalah protein hewani, terutama daging sapi. Di sisi lain produksi protein hewani mengandung risiko bagi keberlanjutan bumi karena memerlukan banyak air, lahan yang luas, dan jumlah pakan yang besar. Selain itu, produksi protein hewani juga berkontribusi terhadap 14,5% dari keseluruhan emisi gas rumah kaca, yang turut menyebabkan pemanasan global (Rojas-

Downing dkk., 2017). Meningkatnya kesadaran masyarakat mengenai keberlanjutan telah mendorong inovasi dalam mencari alternatif sumber protein agar mengurangi dampak buruk dari produksi protein hewani.

Salah satu alternatif tersebut adalah menggunakan protein nabati sebagai substitusi. Berbagai tanaman kacang-kacangan, seperti kedelai, polong, lentil, dan kacang arab memiliki potensi sebagai bahan baku karena kandungan proteinnya yang tinggi dan mempunyai kemiripan dengan protein hewani, serta dampak pada lingkungan yang jauh lebih kecil (Neacsu dkk., 2017). Tantangan terbesar dalam substitusi sumber protein adalah meyakinkan konsumen untuk mengganti jenis makanan karena sifat sensoris protein nabati belum mendekati daging. Proses produksinya juga memerlukan biaya cukup besar sehingga menjadi tantangan tersendiri karena harus bersaing dengan daging hewani (Sha dan Xiong, 2020).

Upaya lain yang tengah diteliti adalah produksi daging secara *in-vitro*. Daging ini diproduksi melalui pembiakan dan pertumbuhan sel daging hewan di luar hewan tersebut seperti disajikan pada Gambar 3. Proses budi daya ini melibatkan ekstraksi sel hewan ternak dan pembiakan di media yang dilengkapi dengan nutrisi, sumber energi, serta faktor lain yang diperlukan untuk pertumbuhan dan diferensiasi sel induk menjadi sel dewasa dalam bioreaktor. Dengan membiakkan sel-sel miosatelit pada substrat, sel-sel otot dewasa dapat dipanen setelah diferensiasi dan diolah menjadi berbagai produk daging (Gaydhane dkk.,

2018). Teknologi daging *in-vitro* ini memerlukan biaya produksi yang relatif tinggi akibat harga nutrisi yang mahal. Selain itu, konsumen menilai karakteristik daging *in-vitro* masih terlalu berbeda dari daging konvensional (Gaydhane dkk., 2018).



Gambar 3. Tahap produksi daging *in-vitro* (Gaydhane dkk., 2018)

3.2 Pemrosesan Pangan Melalui Kontak Langsung Dengan Listrik

Di masa yang akan datang, pengolahan pangan melalui kontak langsung dengan listrik akan semakin banyak diaplikasikan. *Pulsed Electric Field* (PEF) memanfaatkan tegangan tinggi (3000-4000 V) dalam bentuk *pulse* untuk merusak mikroba sehingga dapat menjadi alternatif untuk preservasi makanan. Suhu pemrosesan yang rendah menyebabkan karakteristik sensorik dan gizi dapat terjaga, sehingga proses ini sangat

potensial untuk masa depan (Fellows, 2000). PEF telah berhasil diimplementasikan di industri pengolahan kentang pada tahun 2010 (Fauster dkk., 2021).

Ohmic heating merupakan aplikasi arus listrik bolak-balik yang dilewatkan pada makanan. Hambatan listrik pada makanan menyebabkan daya diterjemahkan langsung menjadi panas. *Ohmic heating* termasuk efisien karena hampir semua energi yang masuk ke makanan dikonversi menjadi panas. Arus listrik mengalir melalui produk dengan kecepatan tinggi dan menghasilkan suhu seragam di seluruh penampang aliran (Varghese dkk., 2012).

Shockwave atau *hydrodynamic pressure processing* (HDP) merupakan aplikasi gelombang tekanan tinggi hingga 1 GPa dalam fraksi milidetik. *Shockwave* (listrik) merambat dengan kecepatan yang lebih tinggi dari kecepatan suara dan bergerak cepat melalui cairan di sekitarnya. Unit HDP terdiri atas catu daya tegangan tinggi dan kapasitor, serta sakelar tegangan tinggi/arus untuk melepaskan energi listrik yang tersimpan melintasi elektroda. HDP telah diuji coba untuk pelunakan daging, namun masih memiliki kekurangan yaitu kemasan daging dapat rusak akibat gelombang tekanan tinggi sehingga menimbulkan risiko kontaminasi daging di dalamnya (Bolumar dkk., 2013).

3.3 Pemrosesan Tekanan Tinggi

Pemrosesan Tekanan Tinggi atau *High Pressure Processing* (HPP)

adalah teknik pasteurisasi tanpa pemanasan dengan cara menempatkan makanan yang telah dikemas dalam bejana bertekanan tinggi (300 – 700 MPa) berisi cairan sebagai pemancar tekanan. Cairan yang digunakan dapat bermacam-macam, seperti air, minyak jarak, minyak silikon, natrium benzoat, etanol, atau glikol. Mikroorganisme berbahaya dalam makanan dapat terbunuh pada tekanan tinggi, sehingga proses ini memperpanjang umur simpan. Tekanan ditransmisikan secara seragam (isostatik) di seluruh sampel. Waktu yang diperlukan untuk proses ini tidak tergantung pada ukuran sampel sehingga lebih unggul dibanding pemrosesan termal. Enzim-enzim seperti polifenol-oksidadase dan peroksidase yang dapat menyebabkan perubahan warna dan rasa pada jus buah juga bisa mengalami inaktivasi pada tekanan tinggi, sehingga kualitas jus dapat terjaga (Rastogi dkk., 2010).

Pemrosesan tekanan tinggi membutuhkan investasi awal untuk pembelian alat yang cukup besar, namun energi yang digunakan untuk mencapai tekanan tinggi masih lebih rendah dibanding energi pemanasan pada proses pasteurisasi termal, sehingga biaya operasi proses ini menjadi lebih rendah. Teknologi ini potensial untuk diaplikasikan pada pengolahan jus buah, produk susu, dan protein hewani agar memiliki umur simpan yang lebih panjang (Rastogi dkk., 2010).

3.4 Nanoteknologi

Nanoteknologi merupakan teknologi pada skala nanometer, ribuan kali lebih kecil dari bakteri dan sepuluh juta kali lebih kecil dari lebar

rambut manusia. Bahan-bahan berstruktur nano mencakup area yang luas, dari pemrosesan pangan hingga pengemasannya. Dalam pemrosesan pangan, struktur nano dapat digunakan dalam bahan aditif makanan, *anti-caking agents*, senyawa antimikrobal, dan senyawa pembentuk jeli. Nanoteknologi pun dapat dimanfaatkan untuk nanoenkapsulasi, misalnya perlindungan senyawa polifenol, mikronutrien, enzim, dan antioksidan dalam skala nano menggunakan lemak atau polimer untuk menghindari kerusakan pada lingkungan yang tidak sesuai. Dalam pengemasan, nanomaterial dapat digunakan untuk merancang kemasan yang lebih baik dalam menjaga kualitas serta memperlambat degradasi makanan akibat aktivitas mikroorganisme misalnya dengan penambahan minyak atsiri, asam organik, dan bakteriosin pada skala nano (Singh dkk., 2017).

Karena ukurannya yang sangat kecil, nanoteknologi memiliki berbagai keunggulan. Rasa makanan selama penyimpanan dapat dilindungi oleh nanoenkapsulasi, lalu diatur agar dilepaskan pada waktu yang tepat dengan laju yang teratur saat berkontak dengan air liur di dalam mulut. Ukuran nano dapat pula meningkatkan efisiensi penyerapan senyawa bioaktif di dalam usus serta melindungi senyawa tersebut dalam sistem pencernaan sebelum mencapai usus (Yu dkk., 2018).

3.5 Bioteknologi

Bioteknologi adalah teknologi yang diaplikasikan pada makhluk

hidup atau komponen sub-seluler untuk menghasilkan bahan-bahan yang bernilai tambah. Bioteknologi pertama kali diaplikasikan pada tanaman untuk menghasilkan bibit unggul dengan sifat tahan terhadap hama. Setelah itu bioteknologi mulai banyak digunakan pada mikroorganisme dengan teknologi rekombinasi DNA untuk dapat menghasilkan enzim, antara lain enzim renin untuk pemrosesan keju (Floros dkk., 2010).

Di masa yang akan datang, modifikasi genetik dapat meningkatkan nutrisi dan komponen fungsional tanaman maupun hewan ternak, sekaligus menekan jumlah komponen yang dapat menyebabkan alergi dan racun alami. Dalam teknologi bioproses, bioteknologi dapat dimanfaatkan agar mikroorganisme bisa menghasilkan komponen pangan yang sebelumnya tidak dapat diproduksi atau hanya dihasilkan dalam jumlah sedikit oleh mikroorganisme tersebut, seperti misalnya vitamin, aroma, pemanis, dan pengawet alami (Hugenholtz, 2008).

Beberapa tahun terakhir ini teknologi modifikasi genetik mengalami perkembangan yang luar biasa akibat makin canggihnya metode *whole genome sequencing* untuk memetakan genetika pada makhluk hidup dan makin mudahnya biaya sintesis DNA. Selain itu, muncul teknologi seperti *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* (CRISPR) yang mampu melakukan modifikasi genetika secara spesifik dan efisien, sehingga risiko mutasi genetik yang tidak diperlukan menjadi minim (Pines dkk., 2015). Dengan demikian, penerapan bioteknologi untuk

meningkatkan nutrisi dan efisiensi produksi pangan semakin terbuka lebar di masa depan setelah risiko terhadap manusia dan lingkungan dapat diminimalkan.

3.6 Pemutakhiran Teknik Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses untuk memisahkan komponen yang diinginkan dari suatu bahan berdasarkan kelarutan relatifnya dalam pelarut. Contoh aplikasi ekstraksi adalah pemurnian protein menggunakan pelarut organik seperti etanol dan isopropanol. Selain itu, berbagai bahan aditif makanan alami juga telah berhasil diisolasi melalui proses ekstraksi, seperti pewarna (likopen, antosianin, klorofil, dan karoten), antioksidan (senyawa polifenolik), vitamin, dan perisa. Proses ini memiliki efisiensi yang rendah dan membutuhkan banyak pelarut organik yang kurang ramah lingkungan serta juga berbahaya jika dikonsumsi oleh manusia (Joana Gil-Chávez dkk., 2013).

Inovasi yang lebih efisien untuk mengekstrak senyawa bioaktif yang umumnya berkadar kecil adalah proses ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro dan ultrasonik. Gelombang mikro mampu memanaskan air di dalam sel sehingga terjadi penguapan, akibatnya timbul tekanan tinggi di dalam sel yang menghasilkan rongga pada dinding sel dan organel. Oleh karena itu, pelarut lebih mudah masuk ke dalam sel sehingga meningkatkan efisiensi ekstraksi (Routray dan Orsat, 2012). Sementara itu, gelombang ultrasonik dapat menyebabkan

perubahan jarak antar molekul sehingga menghasilkan ruang hampa dalam bentuk gelembung. Gelembung akan membesar hingga akhirnya pecah dan menyebabkan ledakan kecil dengan tekanan dan temperatur yang sangat tinggi. Efisiensi ekstraksi dapat meningkat karena kerusakan sel akibat ledakan tersebut, dan pelarut juga mudah berdifusi ke dalam sel akibat tekanan tinggi dari ledakan (Esclapez dkk., 2011).

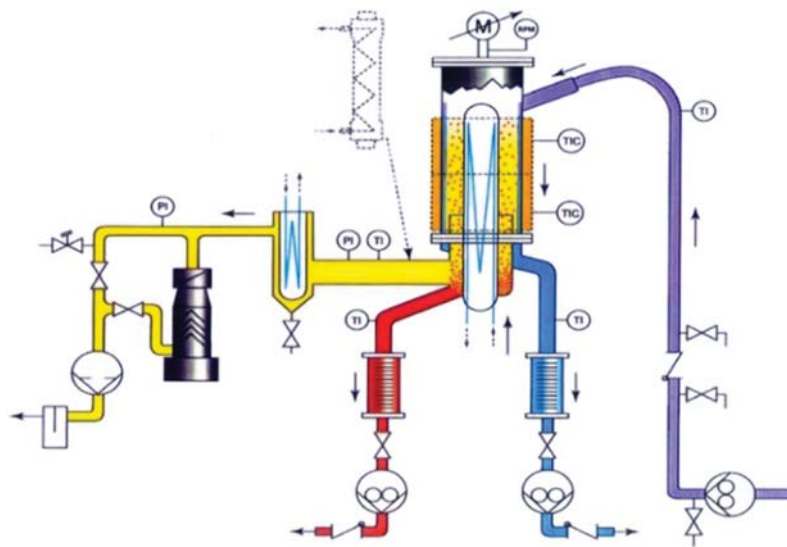
3.7 Teknologi Lainnya

- **Distilasi Molekuler**

Distilasi atau penyulingan adalah teknik pemisahan menggunakan panas dengan memanfaatkan perbedaan tekanan uap dari komponen cairan. Pemaparan pada panas dapat menyebabkan reaksi kimia dan/atau dekomposisi bahan tertentu. Oleh karena itu, dikembangkan sistem distilasi molekuler, yaitu distilasi yang dilaksanakan pada kondisi vakum (0,01 torr atau bahkan lebih kecil), sehingga tidak membutuhkan temperatur tinggi dan dapat dilaksanakan dengan waktu lebih singkat. Distilasi molekuler memungkinkan bahan sensitif panas pada makanan dimurnikan hingga derajat kemurnian tinggi (Bethge, 2014). Keunggulan ekonomis proses ini adalah kebutuhan pemanas yang lebih kecil serta perolehan produk yang lebih besar karena kerusakan produk dapat dihindari.

Pada sistem ini cairan yang akan didistilasi dialirkan melewati kolom silinder yang diselubungi oleh pemanas di bagian luar dan dilengkapi

kondensor di bagian tengah seperti terlihat pada Gambar 4. Aliran akan menyebar di dinding kolom membentuk lapisan tipis dan menjadi turbulen karena *wiper* berputar cepat. Cairan akan mengalir ke bawah akibat gravitasi, tetapi komponen yang memiliki tekanan uap lebih tinggi akan menguap lebih dahulu menjauhi dinding kolom. Komponen yang mudah menguap ini bergerak mengenai kondensor sehingga mengembun menjadi distilat, sedangkan fraksi dengan tekanan uap lebih rendah tidak sempat menguap dan akan mengalir turun di sepanjang dinding kolom menjadi residu (Pope Scientific, 2021).



Gambar 4. Desain *Wiped Film Molecular Still Distillation* (Pope Scientific, 2021)

- **Microwave Heating**

Pemanasan gelombang mikro (*microwave heating*) telah diaplikasikan dalam industri makanan termasuk *tempering* makanan beku, pasteurisasi makanan kemasan, dan pengeringan akhir pasta. Keuntungan penggunaan *microwave heating* adalah waktu *startup* dan pemanasan yang cepat, efisiensi energi tinggi, penghematan ruang, kontrol proses yang tepat, dan pemanasan selektif pada makanan dengan nilai gizi tinggi. Pemanasan pada makanan dihasilkan dari konversi energi elektromagnetik menjadi energi panas melalui peningkatan agitasi molekul air dan ion bermuatan ketika terkena gelombang mikro (Decareau dan Peterson, 1986).

- **Pemrosesan Ultraviolet**

Dalam spektrum elektromagnetik, sinar ultraviolet (UV) berada pada panjang gelombang yang lebar di daerah non-ionisasi, yaitu antara 200 nm (sinar-X) hingga 400 nm (cahaya tampak). Pemaparan makanan pada sinar UV dapat menghasilkan makanan tanpa mikroba berbahaya atau enzim yang tidak diinginkan dengan tetap mempertahankan sifat sensoris dan nutrisi sehingga dapat menjadi alternatif proses pasteurisasi. Metode UV memiliki kelebihan dalam hal biaya instalasi dan perawatan yang murah serta penggunaan energi yang lebih rendah dibandingkan metode termal. Akan tetapi, salah satu batasan terbesar dari radiasi UV adalah penetrasi yang rendah, misalnya pada pemrosesan susu (Datta dkk., 2015).

- **Teknologi Ozon**

Ozon (O₃) adalah versi 3 atom dari molekul oksigen (O₂) 2 atom. Ozon sebagai oksidan kuat berpotensi sebagai bahan disinfektan yang mampu membunuh mikroba patogen seperti bakteri, virus, dan jamur. Setelah bereaksi dengan zat lain, ozon tidak meninggalkan residu kimia yang berbahaya sehingga teknologi ozon sangat ramah lingkungan. Teknologi ini telah digunakan secara komersial untuk pengolahan air minum sejak 1907, dan semakin banyak digunakan dalam industri pangan untuk pengawetan dan sanitasi permukaan peralatan (Guzel-Seydim dkk., 2004)

4. PERAN TEKNIK KIMIA ITB DALAM MEMAJUKAN INDUSTRI PANGAN INDONESIA

Indonesia mempunyai kekayaan alam yang berlimpah serta keanekaragaman hayati kedua terbesar dunia, tetapi ketergantungan terhadap impor masih sangat besar, sehingga hal ini dapat mengancam kemandirian pangan nasional. Oleh karena itu pada tahun 2015 Teknik Kimia ITB mengembangkan Subprogram Teknologi Pangan menjadi Program Studi Teknik Pangan untuk membantu menangani permasalahan tersebut.

Teknik dalam hal ini mengandung arti rekayasa. Melalui rekayasa diharapkan karakteristik dan fungsionalitas unik bahan pangan lokal

dapat dieksplorasi dan dimanfaatkan untuk kemudian diaplikasikan ke skala lebih besar atau skala komersial. Dengan demikian selain untuk mengembangkan kepakaran dan keilmuan di bidang pengolahan pangan, tujuan pendirian program studi ini adalah untuk memperluas basis sumber pangan lokal dan diversifikasi produk pangan yang bersumber dari kekayaan alam Indonesia dalam rangka menuju kemandirian pangan nasional.

Selain itu dibentuk pula Kelompok Keahlian Teknologi Pengolahan Biomassa dan Pangan (KK TPBP) (Gambar 5) dengan misi mendukung tujuan di atas serta mengembangkan kepakaran dan keilmuan di bidang pengolahan biomassa dan pangan, dan mendorong pendirian *Food and Biobased Product Park* sebagai persiapan menghadapi perubahan dunia yang perlahan-lahan beralih menuju ke *bio-based economy*.



Gambar 5. Perkembangan Teknik Kimia ITB untuk mendukung kemandirian pangan nasional

Food and Biobased Product Park (Gambar 6), merupakan wadah untuk mendorong dan memfasilitasi pembangunan jejaring serta kerja sama di antara seluruh pemangku kepentingan yang meliputi perguruan tinggi,

lembaga penelitian, dunia industri, pemerintah, hingga masyarakat wirausahawan dan calon pelaku wirausaha. Di dalam *Food and Biobased Product Park* ini tersedia laboratorium, pelatihan, *testing factory*, *teaching factory*, inkubator bisnis, galeri produk hasil riset dan inovasi, dll. Dengan sinergi berbagai pihak seperti yang disebutkan di atas, ide dan hasil penelitian berbasis bahan baku lokal dapat difasilitasi, diakselerasi dan diterapkan pada skala komersial sesuai dengan kebutuhan lapangan, sehingga kemandirian pangan dapat dicapai dan bangsa Indonesia dapat bersaing dengan negara-negara lain serta siap menghadapi tantangan global dalam industri pangan di masa depan.



Gambar 6. Konsep *Food & Biobased Product Park*

Saat ini Program Studi Teknik Pangan ITB telah melakukan beragam penelitian berbasis bahan baku lokal, seperti kelapa, singkong, ubi jalar,



Gambar 7. Berbagai riset yang dikembangkan di Teknik Pangan ITB

kelapa sawit, susu, dan kakao dengan memanfaatkan berbagai proses pengolahan untuk mendapatkan aneka produk pangan bernilai tambah termasuk untuk mengurangi ketergantungan impor (Gambar 7). Beberapa contoh di antaranya adalah tepung fercaf, tepung serat, antioksidan, keju, dan suplemen pakan ternak untuk meningkatkan produksi susu sapi. Riset juga mencakup pemanfaatan produk samping yang belum termanfaatkan atau limbah, seperti tandan kosong kelapa sawit, sebagai bentuk mewujudkan ekonomi sirkular.

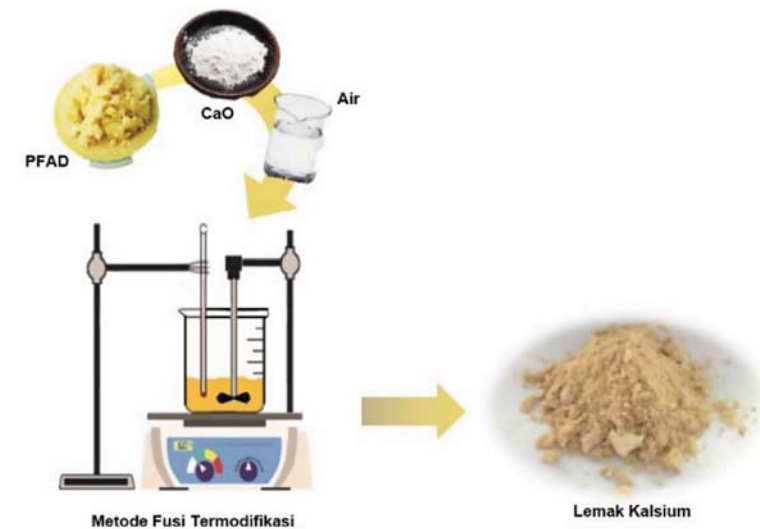
Berikut adalah dua penelitian di Teknik Kimia dan Teknik Pangan ITB yang menggali potensi kekayaan alam lokal untuk menunjang diversifikasi pangan dan/atau mengurangi ketergantungan impor yang saat ini luar biasa besar, yaitu penelitian tentang suplemen pakan ternak sabun kalsium serta tentang *fermented cassava flour* (fercaf). Penemuan-penemuan pada penelitian di atas telah memperoleh sertifikat paten.

• Suplemen Pakan Ternak Sabun Kalsium

Data tahun 2017 dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa produksi susu segar lokal hanya mampu memenuhi 23% dari kebutuhan domestik, sementara sisanya harus digenapkan melalui impor (Julianto, 2017). Pemerintah Indonesia melalui Kemenperin mencanangkan agar 60% dari kebutuhan susu nasional dapat dipasok oleh produksi lokal pada tahun 2025. Sejauh ini produktivitas susu sapi Indonesia hanya sekitar 1,716 liter/sapi/tahun, jauh lebih rendah dibandingkan dengan negara tetangga, seperti Thailand, Filipina, dan

Vietnam. Inggris bahkan mencapai produksi 8,035 liter/sapi/tahun, sementara Tiongkok 5,456 liter/sapi/tahun (FAO, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk mendukung kepentingan nasional dalam mengurangi impor susu melalui peningkatan produktivitas susu sapi perah dengan pemberian suplemen pakan ternak sabun kalsium. Suplemen sabun kalsium tersebut diperoleh melalui reaksi *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) dengan kapur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 (L. A. Handoyo dkk., 2019).



Gambar 8. Skema proses pembuatan sabun kalsium

Uji coba sabun kalsium pada beberapa peternakan rakyat seperti di Lembang dan Malang menunjukkan bahwa suplemen ini mampu

meningkatkan perolehan susu sebesar 10-14% dan kadar lemak dalam susu hingga 1,7%.

Di sisi lain, PFAD yang merupakan produk samping proses pemurnian *Crude Palm Oil* (CPO), memiliki nutrisi tinggi karena kandungan asam lemak esensial linoleat serta antioksidan seperti vitamin E, squalene, dan fitosterol (Gapor Md Top, 2010). Namun, sebagian besar PFAD yang jumlahnya di Indonesia berlimpah, langsung diekspor tanpa pengolahan, sehingga konversi menjadi suplemen pakan ternak, selain bermanfaat untuk menaikkan produktivitas susu sapi, juga akan memberi nilai tambah pada PFAD.

Di samping berbagai publikasi, hasil penelitian ini telah dituangkan pula dalam bentuk tiga buah paten (IDS000002325, 2018; IDS000002324, 2018; IDS000002323, 2018).

- **Fermented Cassava Flour (Fercaf)**

Konsumsi produk berbahan baku tepung terigu di Indonesia saat ini sangat besar dan jumlahnya meningkat dari tahun ke tahun, sementara kebutuhan akan tepung tersebut sepenuhnya harus dipasok melalui impor (Kementerian Perdagangan, 2020). Untuk membantu memecahkan masalah di atas dilakukan penelitian untuk mencari substitusi tepung terigu dengan menggunakan sumber pangan lokal. Singkong dengan produktivitas sekitar 22,95 ton umbi/ha (Kementerian Pertanian, 2016) menjadi sebuah alternatif karena merupakan tanaman sumber karbohidrat dengan

produktivitas yang relatif jauh lebih tinggi dibanding tanaman sumber karbohidrat lainnya, seperti beras dan jagung.

Sejak tahun 2013 tim Teknik Kimia dan Teknik Pangan ITB telah mengembangkan proses fermentasi menggunakan bakteri pada umbi singkong untuk menghasilkan tepung yang disebut *fermented cassava flour* atau fercaf. Tepung ini memiliki kadar senyawa sianogenik yang rendah, tambahan protein dari mikroba, atribut sensorik (aroma, rasa, dan warna) yang lebih baik, serta lebih mudah dicerna dibanding dengan tepung yang dihasilkan langsung dari umbi singkong.

Uji coba tepung fercaf sebagai substitusi tepung terigu telah dilakukan pada berbagai produk seperti roti, kue, dan pasta. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa substitusi parsial dengan fercaf mampu menghasilkan produk yang memiliki kualitas sama dengan produk yang sepenuhnya terbuat dari tepung terigu. Inovasi ini diharapkan mampu mengurangi ketergantungan impor tepung terigu, menunjang diversifikasi pangan, serta membantu para petani singkong karena produk yang dihasilkan dapat diserap oleh industri fercaf.

Hasil penelitian telah dituangkan dalam bentuk paten (IDP000073444, 2020) serta diaplikasikan oleh PT Cassava Industri Estat Tujuh Sembilan di Bangka pada tahun 2017 yang memproduksi tepung fercaf ini dalam skala industri.

5. PENUTUP

Insinyur proses telah berkontribusi terhadap perkembangan proses produksi dan formulasi pangan selama kurang lebih satu abad terakhir. Kontribusi ini telah menghasilkan proses yang lebih murah dan efisien serta produk-produk pangan yang bernilai tambah dan memiliki umur simpan yang lebih panjang. Akan tetapi, masih terdapat banyak ruang-ruang pengembangan teknologi yang dapat dieksplorasi oleh insinyur proses terutama untuk menghasilkan proses dan produk yang lebih ramah lingkungan dan memiliki kualitas nutrisi yang baik. Hal ini mendorong munculnya teknologi-teknologi baru yang masih membutuhkan penyempurnaan melalui berbagai penelitian, namun menjanjikan untuk dapat diterapkan di masa yang akan datang.

Di Indonesia sendiri, isu kemandirian pangan menjadi salah satu permasalahan yang perlu ditangani antara lain dengan partisipasi insinyur proses. Teknik Kimia ITB bersama dengan Program Studi Teknik Pangan dan Kelompok Keahlian Teknologi Pengolahan Biomassa dan Pangan, terus berkomitmen untuk memajukan industri pangan di Indonesia melalui berbagai riset yang berpusat pada pemanfaatan sumber daya alam Indonesia yang melimpah demi mendukung terciptanya kemandirian pangan nasional.

Di sisi lain keberhasilan riset-riset di perguruan tinggi tidak dapat berjalan sendiri. Dibutuhkan sinergi dari semua pemangku kepentingan (*stakeholder*) yang meliputi para peneliti dari perguruan tinggi maupun

lembaga penelitian, pemerintah, industri, masyarakat wirausaha dan calon pelaku wirausaha. Oleh karena itu, KK TPBP berusaha mendorong didirikannya *Food and Biobased Product Park*, yang diharapkan dapat menjadi wadah sinergi berbagai pihak seperti yang disebutkan di atas. agar ide dan hasil penelitian berbasis bahan baku lokal dapat difasilitasi, diakselerasi dan diterapkan pada skala komersial sesuai dengan kebutuhan lapangan. Dengan adanya sinergi tersebut, bangsa Indonesia akan dapat bersaing dengan negara-negara lain dan siap menghadapi tantangan global dalam industri pangan di masa depan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini ijin kami untuk mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberi dukungan hingga kami bisa mencapai titik ini.

- Prof. Dr. Kho Kian Hoo (alm) yang telah menginisiasi sehingga kami bergabung menjadi dosen di Departemen Teknik Kimia ITB pada tahun 1979,
- Prof. Dr. Saswinadi Sasmojo yang telah menjadi guru dan mentor yang mendidik kami dalam melaksanakan tugas sebagai dosen/pendidik di Teknik Kimia ITB,
- Prof. Dr. Karl Schügerl (alm), promotor kami di Universität Hannover, yang dengan optimisme beliau selalu memberi semangat untuk terus

- berkarya, termasuk meraih jabatan akademik tertinggi,
- Prof. Dr. Thomas Scheper, Direktur Institut für Technische Chemie, Universität Hannover, mantan supervisor S3 dan sahabat yang selalu siap mendukung program dan rencana kami dengan semua kapasitas yang ada,
 - Prof. Dr. I Gede Wenten, Ketua Kelompok Keahlian Perancangan dan Pengembangan Proses Teknik Kimia yang melalui saran-saran, ide serta dukungannya yang berharga, telah sangat berperan hingga pencapaian ke titik ini,
 - Prof. Dr. Satriyo Soemantri yang telah membuka wawasan dan sejak lama mendorong untuk menjadi Guru Besar,
 - Prof. Dr. Irawati yang telah mendorong untuk memproses kenaikan jabatan ini,
 - Prof. Dr. Hermawan Kresno Dipojono, yang semasa menjadi Dekan FTI, tak jemu terus mendorong untuk mencapai jabatan akademik ini.
 - Prof. Dr. Tommy Firman yang dengan sarannya selalu menyemangati untuk menjadi Guru Besar,
 - Prof. Dr. Renanto Handogo dan Prof. Dr. Purwiyatno Hariyadi yang telah ikut mendukung dalam pengusulan kenaikan jabatan ini,
 - Prof. Dr. Danu Ariono, rekan di Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian yang telah memberikan dukungan dan fasilitas sehingga semua formalitas yang diperlukan dapat terkompilasi dengan baik,

- Prof. Dr. Dwiwahju Sasongko, yang telah banyak memberikan saran dan dukungan dalam pengusulan ke jabatan Guru Besar,
- Dr. Khoiruddin dan Dr. Anita K. Wardani yang telah banyak memberi bantuan dalam pengurusan kenaikan jabatan ini,
- Dr. Tatang Hernas Soerawidjaja yang selalu memberikan pencerahan dalam penelitian terkait sawit,
- Dr. Antonius Indarto, rekan dalam penelitian Sabun Kalsium yang banyak memberi ide dalam publikasi hasil penelitian, serta Dr. Dian Shofinita sebagai tim peneliti, dan juga para asisten Meitha, Harry, Nabila, Reyhan, Fathinah atas kerja samanya yang baik,
- Prof. Dr. Subagio dan Prof. Herri Susanto yang selalu meluangkan waktu saat dimintakan saran dan pendapat,
- Seluruh rekan-rekan di Komunitas Teknik Kimia yang telah memberi suasana kondusif dalam bekerja dan berkarya sehingga kami dapat mencapai titik ini,
- Pak Seno, Sandi dan Thomas, teman-teman yang telah dengan setia mendampingi di hari-hari terberat kami,
- Kedua orang tua kami (alm) yang telah mendidik dan membimbing kami serta selalu memberi kesempatan seluasnya untuk meraih yang dicitakan,
- *Last but not least*, suami tercinta, alm. Mas Andri, yang dengan penuh kasih selama berpuluh tahun telah menjadi guru, pembimbing dan

pendamping dalam setiap aspek kehidupan dan dalam mencapai setiap yang kami citakan, serta putra kami terkasih, Vega yang selalu menjadi sumber inspirasi, semangat dan kegembiraan hidup kami.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansari, I. A., dan Datta, A. K. (2003): An Overview of Sterilization Methods for Packaging Materials Used in Aseptic Packaging Systems, *Food and Bioproducts Processing*, 81(1), 57-65. <https://doi.org/10.1205/096030803765208670>
- Ashgriz, N. (2011): *Handbook of Atomization and Sprays: Theory and Applications*, Springer, New York.
- Baldwin, C. J. (2014): *The 10 principles of food industry sustainability, The 10 Principles of Food Industry Sustainability*, John Wiley & Sons, Chichester, 1-207. <https://doi.org/10.1002/9781118447697>
- Bethge, D. (2014): Short Path and Molecular Distillation, 281-294 dalam W. Jorisch, ed., *Vacuum Technology in the Chemical Industry*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. <https://doi.org/10.1002/9783527653898.ch15>
- Bolumar, T., Enneking, M., Toepfl, S., dan Heinz, V. (2013): New developments in shockwave technology intended for meat tenderization: Opportunities and challenges. A review, *Meat Science*, 95(4), 931-939. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.039>

- Brody, A. L., Bugusu, B., Han, J. H., Sand, C. K., dan McHugh, T. H. (2008): Innovative food packaging solutions, *Journal of Food Science*, 73(8). <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2008.00933.X>
- Brunner, T. A., van der Horst, K., dan Siegrist, M. (2010): Convenience food products. Drivers for consumption, *Appetite*, 55(3), 498-506. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2010.08.017>
- Carvalho, F. P. (2017): Pesticides, environment, and food safety, *Food and Energy Security*, 6(2), 48-60. <https://doi.org/10.1002/FES3.108>
- Charcosset, C. (2020): Classical and Recent Applications of Membrane Processes in the Food Industry, *Food Engineering Reviews* 2020 13:2, 13(2), 322-343. <https://doi.org/10.1007/S12393-020-09262-9>
- Chattopadhyay, S., Raychaudhuri, U., dan Chakraborty, R. (2011): Artificial sweeteners - a review, *Journal of Food Science and Technology* 2011 51:4, 51(4), 611-621. <https://doi.org/10.1007/S13197-011-0571-1>
- Cheng, F., Zhou, X., dan Liu, Y. (2018): Methods for Improvement of the Thermal Efficiency during Spray Drying, *E3S Web of Conferences*, 53, 1031. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185301031>
- Datta, N., Harimurugan, P., dan Palombo, E. A. (2015): Ultraviolet and Pulsed Light Technologies in Dairy Processing dalam N. Datta dan P. M. Tomasula, ed., *Emerging Dairy Processing Technologies: Opportunities for the Dairy Industry*, Wiley-Blackwell.
- Davies, A. R. (1995): Advances in modified-atmosphere packaging, 304-

320 dalam G. W. Gould, ed., *New Methods of Food Preservation*, Springer US, Wiltshire. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2105-1_14

de Siqueira Oliveira, L., Eça, K. S., de Aquino, A. C., dan da Silva, L. M. R. (2020): Modified and controlled atmosphere packaging, 151-164 dalam M. W. Siddiqui, ed., *Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Technologies and Mechanisms for Safety Control*, Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816184-5.00007-0>

Decareau, R. V, dan Peterson, R. A. (1986): *Microwave processing and engineering*, VCH Verlagsgesellschaft, Chichester.

Du, Y., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Liu, W., dan Yang, C. (2021): Innovative applications of freeze-drying to produce compound formula instant foods: A review, <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1966795>.

Erisman, J. W., Sutton, M. A., Galloway, J., Klimont, Z., dan Winiwarter, W. (2008): How a century of ammonia synthesis changed the world, *Nature Geoscience* 2008 1:10, 1(10), 636-639. <https://doi.org/10.1038/ngeo325>

Esclapez, M. D., García-Pérez, J. V., Mulet, A., dan Cárcel, J. A. (2011): Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Products, *Food Engineering Reviews*, 3(2), 108-120. <https://doi.org/10.1007/s12393-011-9036-6>

European Commission (2004): Regulation (EC) No 1935/2004 of the European Parliament and of the council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and

repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC, *Official Journal of the European Union*, (L338/4), 1-14.

FAO (2021): FAOSTAT, diperoleh 14 September 2021, melalui situs internet: <http://www.fao.org/faostat/en/home>.

Farkas, J., dan Mohácsi-Farkas, C. (2011): History and future of food irradiation, *Trends in Food Science & Technology*, 22(2-3), 121-126. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2010.04.002>

Fauster, T., Ostermeier, R., Scheibelberger, R., dan Jäger, H. (2021): Pulsed Electric Field (PEF) Application in the Potato Industry, *Innovative Food Processing Technologies*, 253-270. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815781-7.00013-5>

Fellows, P. (2000): *Food Processing Technology: Principles and Practice, Second Edition*, diperoleh 11 Februari 2021 melalui situs internet: www.woodhead-publishing.com.

Floros, J. D., Newsome, R., Fisher, W., Barbosa-Cánovas, G. V., Chen, H., Dunne, C. P., German, J. B., Hall, R. L., Heldman, D. R., Karwe, M. V., Knabel, S. J., Labuza, T. P., Lund, D. B., Newell-McGloughlin, M., Robinson, J. L., Sebranek, J. G., Shewfelt, R. L., Tracy, W. F., Weaver, C. M., dan Ziegler, G. R. (2010): Feeding the world today and tomorrow: The importance of food science and technology, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5), 572-599. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00127.x>

Fryer, P. J., Pyle, D. L., dan Rielly, C. D. (1997): *Chemical Engineering for the Food Industry*, Springer Science, Dordrecht.

Gapor Md Top, A. (2010): Production and utilization of palm fatty acid distillate (PFAD), *Lipid Technology*, 22(1), 11-13. <https://doi.org/10.1002/LITE.200900070>

Garza, C., Paris, A., dan Hernandez, H. (2021): Chemical Engineering, diperoleh 5 Februari 2021, melalui situs internet: <https://www.acs.org/content/acs/en/careers/college-to-career/chemistry-careers/chemical-engineering.html>.

Gaydhane, M. K., Mahanta, U., Sharma, C. S., Khandelwal, M., dan Ramakrishna, S. (2018): Cultured meat: state of the art and future, *Biomanufacturing Reviews*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s40898-018-0005-1>

Grunert, K. G. (2013): Trends in food choice and nutrition, *EAAP Scientific Series*, 133(1), 23-30. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-762-2_2

Guzel-Seydim, Z. B., Greene, A. K., dan Seydim, A. C. (2004): Use of ozone in the food industry, *LWT - Food Science and Technology*, 37(4), 453-460. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.10.014>

Handojo, L. (2018): *IDS000002323*, Indonesia.

Handojo, L. (2018): *IDS000002324*, Indonesia.

Handojo, L. (2018): *IDS000002325*, Indonesia.

Handojo, L. A., Indarto, A., dan Shofinita, D. (2019): *Pengembangan*

Teknologi Produksi Sabun Kalsium untuk Pakan Ternak Ruminansia Berbahan Baku Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) pada Skala Pilot.

Hugenholtz, J. (Mei 2008): The lactic acid bacterium as a cell factory for food ingredient production, *International Dairy Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.11.015>

IFT (2009): Milestones of the Twentieth Century, diperoleh 13 September 2021, melalui situs internet: <https://www.ift.org/>.

Joana Gil-Chávez, G., Villa, J. A., Fernando Ayala-Zavala, J., Basilio Heredia, J., Sepulveda, D., Yahia, E. M., dan González-Aguilar, G. A. (2013): Technologies for Extraction and Production of Bioactive Compounds to be Used as Nutraceuticals and Food Ingredients: An Overview, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 5-23. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12005>

Julianto, P. A. (2017): Pemerintah Dorong Kemitraan Peternak dan Industri Susu, diperoleh 14 September 2021, melalui situs internet: <https://ekonomi.kompas.com/read/2017/09/23/050000026/pemerintah-dorong-kemitraan-peternak-dan-industri-susu>.

Karlsson, M. A., Langton, M., Innings, F., Malmgren, B., Höjer, A., Wikström, M., dan Lundh, Å. (2019): Changes in stability and shelf-life of ultra-high temperature treated milk during long term storage at different temperatures, *Heliyon*, 5(9), e02431. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E02431>

Kearney, J. (2010): Food consumption trends and drivers, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2793-2807. <https://doi.org/10.1098/RSTB.2010.0149>

Kementerian Perdagangan (2020): *Analisis Perkembangan Harga Bahan Pangan Pokok di Pasar Domestik dan Internasional*, diperoleh 30 September 2021 melalui situs internet: http://bppp.kemendag.go.id/media_content/2020/07/Analisis_Bapok_Bulan_Mei_2020.pdf.

Kementerian Pertanian (2016): *Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Tanaman Pangan: Ubi Kayu*.

Kuentzel, H., dan Bahri, D. (1991): Synthetic ingredients of food flavourings, *Food Flavourings*, 115-157. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0499-9_5

Kumar, P., dan Ganguly, S. (2014): Role of vacuum packaging in increasing shelf-life in fish processing technology, *Asian Journal of Bio Science*, 9(1), 109-112.

Lestari, D., Aliwarga, L., Kresnowati, M. T. A. P., Adzqia, F., Dwianto, L. N., Hazar, M., dan Bindar, Y. (2020): *IDP000073444*.

Levy, A., dan Kalman, H. (2001): *Handbook of Conveying and Handling of Particulate Solids*, Elsevier, ii. [https://doi.org/10.1016/S0167-3785\(13\)70001-0](https://doi.org/10.1016/S0167-3785(13)70001-0)

Matthews, K. R., Kniel, K. E., dan Montville, T. J. (2017): *Food microbiology : an introduction* (4 ed.), Wiley.

Neacsu, M., McBey, D., dan Johnstone, A. M. (2017): *Meat Reduction and Plant-Based Food: Replacement of Meat: Nutritional, Health, and Social Aspects, Sustainable Protein Sources*, Elsevier Inc., 359-375. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00022-6>

Nirajan, K. (1994): Chemical engineering principles and food processing, *Trends in Food Science and Technology*, 5(1), 20-23. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(94\)90044-2](https://doi.org/10.1016/0924-2244(94)90044-2)

Omorieghe Egharevba, H. (2020): Chemical Properties of Starch and Its Application in the Food Industry dalam *Chemical Properties of Starch*, IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87777>

Pines, G., Freed, E. F., Winkler, J. D., dan Gill, R. T. (2015): Bacterial Recombineering: Genome Engineering via Phage-Based Homologous Recombination, *ACS Synthetic Biology*, 4(11), 1176-1185. <https://doi.org/10.1021/acssynbio.5b00009>

PMMI (2017): *2017 Trends in Food Processing Operations*, diperoleh 3 Maret 2021 melalui situs internet: <https://www.pmmi.org/report/2017-trends-food-processing-operations>.

Pope Scientific, I. (2021): How Short Path Wiped Film Distillation Works, diperoleh 19 Oktober 2021, melalui situs internet: <https://www.popeinc.com/still-products/wiped-film-stills-evaporators/process-description/>.

Püssa, T. (2015): Nutritional and Toxicological Aspects of the Chemical

Changes of Food Components and Nutrients During Freezing, 867-896 dalam P. C. K. Cheung dan B. M. Mehta, ed., *Handbook of Food Chemistry*, Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36605-5_2

Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Balasubramaniam, V. M., Niranjana, K., dan Knorr, D. (2010): Opportunities and Challenges in High Pressure Processing of Foods, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), 69-112. <https://doi.org/10.1080/10408390600626420>

Rodowicz, K. (2013): Chemical engineering innovation in food production, *Journal of Chemical Engineering*, 2, 14.

Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., dan Woznicki, S. A. (2017): Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation, *Climate Risk Management*, 16, 145-163. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>

Routray, W., dan Orsat, V. (2012): Microwave-Assisted Extraction of Flavonoids: A Review, *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 409-424. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0573-z>

Sha, L., dan Xiong, Y. L. (2020): Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges, *Trends in Food Science and Technology*, 102, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.022>

Shishir, M. R. I., dan Chen, W. (2017): Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices, *Trends in Food Science &*

Technology, 65, 49-67. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.05.006>

Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V. K., dan Rather, I. A. (2017): Application of Nanotechnology in Food Science: Perception and Overview, *Frontiers in Microbiology*, 8(AUG), 1501. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01501>

Stuart, D., dan Woroosz, M. R. (2011): The Myth of Efficiency: Technology and Ethics in Industrial Food Production, *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 2011 26:1, 26(1), 231-256. <https://doi.org/10.1007/S10806-011-9357-8>

Sun, B., dan Wang, J. (2017): Food Additives, *Food Safety in China*, 186-200. <https://doi.org/10.1002/9781119238102.CH12>

van der Padt, A. (2014): *Sustainable Production of Food*, Wageningen University, diperoleh 26 September 2021 melalui situs internet: <https://core.ac.uk/download/pdf/29212859.pdf>.

Varghese, K. S., Pandey, M. C., Radhakrishna, K., dan Bawa, A. S. (2012): Technology, applications and modelling of ohmic heating: a review, *Journal of Food Science and Technology* 2012 51:10, 51(10), 2304-2317. <https://doi.org/10.1007/S13197-012-0710-3>

Wu, L., Zhang, C., Long, Y., Chen, Q., Zhang, W., dan Liu, G. (2021): Food additives: From functions to analytical methods, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1929823>

Yu, H., Park, J. Y., Kwon, C. W., Hong, S. C., Park, K. M., dan Chang, P. S.
(2018): An overview of nanotechnology in food science: Preparative methods, practical applications, and safety, *Journal of Chemistry*, Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2018/5427978>

CURRICULUM VITAE



Nama : **LIENDA ALIWARGA HANDOJO**

Tmpt./tgl lahir : Jakarta, 8 Oktober 1954

Kel. Keahlian : Teknologi Pengolahan Biomassa
dan Pangan

Alamat Kantor : Jalan Ganesha 10 Bandung

Nama Suami : Prof. Dr. Andrianto Handoyo (Alm.)

Nama Anak : Dr.Ing. Vega Hannovianto Handoyo

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

- Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer-nat.), bidang Technische Chemie, Universität Hannover, Jerman, 1988
- Master of Engineering (M.Eng.), bidang Food Process Engineering, Asian Institute of Technology, Thailand, 1981
- Sarjana Teknik Kimia (Ir.), Institut Teknologi Bandung (ITB), 1979

II. RIWAYAT PEKERJAAN di ITB

- Staf Pengajar Fakultas Teknologi Industri ITB, 1979-Sekarang
- Ketua Pengelola Urusan Internasional, ITB, 1999-2003
- Koordinator Kerjasama ITB-Univ. Magdeburg, Jerman 1999-2003
- Koordinator Kerjasama ITB-TU Munich, Jerman, 1999-2003
- Ketua Tim Pembentukan Program Studi Teknik Pangan, Fakultas

Teknologi Industri ITB, 2011-2014

- Pengarah Pembentukan Tim Implementasi Program Studi Teknik Pangan dan Teknik Bioenergi FTI ITB, 2014
- Anggota Tim Implementasi Program Studi Teknik Pangan FTI ITB, 2015-2016
- Ketua Kelompok Keahlian Teknologi Pengolahan Biomassa dan Pangan, 2018-Sekarang
- Senat Fakultas Teknologi Industri ITB, 2019-Sekarang
- Kepala Laboratorium Teknologi Pemrosesan Pangan, 2021.

III. RIWAYAT KEPANGKATAN

- CPNS, III/A, 1 November 1979
- Penata Muda Tingkat 1, III/A, 1 Desember 1980
- Penata, III/B, 1 April 1982
- Penata, III/C, 1 April 1990
- Penata Tingkat 1, III/D, 1 Oktober 1995
- Pembina, IV/A, 1 April 2006
- Pembina Tingkat 1, IV/B, 1 April 2020

IV. RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

- Asisten Ahli Madya, 1 November 1979
- Asisten Ahli, 1 April 1982
- Lektor Muda, 1 Januari 1990

- Lektor Madya, 1 Mei 1995
- Lektor (Inpassing Jabatan), 1 Januari 2001
- Lektor Kepala, 1 Agustus 2005
- Profesor/Guru Besar, 1 September 2019

V. KEGIATAN PENELITIAN

- Pengolahan Produk Buah-Buahan dengan *Drying Preservation Technology* untuk Peningkatan Ekonomi Masyarakat di Pulau Flores, 2021
- Aplikasi Teknologi Pengeringan untuk Meningkatkan Nilai Ekonomi Daun Stevia Kering dalam Rangka Memajukan Kesejahteraan Petani Stevia di Lembang, 2021
- Pembuatan Bubuk Antioksidan Alami dengan Metode Pengeringan Sembur, 2019
- Pembuatan Protein Terproteksi dari Kedelai dan Turunannya untuk Pakan Ternak Ruminansia, 2019
- Pengembangan Teknologi Produksi Sabun Kalsium untuk Pakan Ternak Ruminansia Berbahan Baku *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) pada Skala Pilot, 2018-2019
- Pengembangan Sistem Pemanas Udara untuk Pengeringan Chips Singkong dengan Metode Pengeringan Matahari, 2018
- Pemekatan Susu dengan Membran dalam Proses Pembuatan Keju Parmesan, 2018

- Pengembangan Teknologi Produksi Sabun Kalsium untuk Pakan Ternak Ruminansia Berbahan Baku *Palm Fatty Acid Distillate*, 2017-2018
- Pengembangan proses produksi tepung fercaf secara semi kontinyu pada skala pilot, 2016-2017
- Pengembangan proses produksi *fermented cassava flour* (fercaf), 2013-sekarang
- Pengembangan fermentor sirkulasi untuk produksi tepung singkong tekstur halus aroma netral kandungan sianida rendah dan terukur dengan pemenuhan kondisi higienis, 2013-2015
- Pengembangan metode fermentasi dan sistem identifikasi *fingerprinting metabolic* untuk peningkatan mutu biji kakao olahan Indonesia, 2013

VI. PUBLIKASI

Publikasi dalam Jurnal dan Prosiding Seminar

- **Lienda A. Handojo**, Antonius Indarto, Dian Shofinita, Muhammad R. Saadi, Dea Yulistia, and Fathinah I. Hasyiyati, 2021. "Sabun Kalsium dari PFAD untuk Pakan Ruminansia: Kualitas PFAD Sebagai Sumber Asam Lemak Bebas". *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, ISSN 2686-4991 Volume 19(1), pp. 10-12, DOI: 10.5614/jtki.2020.19.1.2.
- **Lienda Handojo**, Dian Shofinita, Karina Yuventia, and

Lindawaty, 2021. "Effects of Operating Conditions on the Production of Sodium Stearoyl 2- Lactylate", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ISSN: 1757899X, Volume 1143, International Seminar on Chemical Engineering Soehadi Reksowardojo (STKSR 2020) 16th-17th November 2020, Bandung, Indonesia; Code 012069, DOI: 10.1088/1757-899X/1143/1/012069

- Tirto Prakoso, Ilham A. Putra, **Lienda Handojo**, Tatang H. Soerawidjaja, Haryo P. Winoto, and Antonius Indarto, 2020. "A method to control terpineol production from turpentine by acid catalysts mixing", *Heliyon*, ISSN: 24058440, Volume 6, Issue 10, October 2020, Article number e04984, DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04984.
- **Lienda Handojo**, Judy R.B. Witono, Irene N. Sulaiman, Sardenianto, and Antonius Indarto, 2020. "Innovative utilization of waste chocolate condensate as cocoa powder". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ISSN: 1757-899X, Volume 823, International Seminar on Chemical Engineering Soehadi Reksowardojo (STKSR) 2019 7-9 October 2019, Kupang, Indonesia; Code 012047. DOI: 10.1088/1757-899X/823/1/012047.
- **Lienda A. Handojo**, Antonius Indarto, Dian Shofinita, Nicholas G. Stanley, Karen, Ignatius David, and Jorgensen, 2020. "Calcium soap from Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) for ruminant feed:

The effect of CaO quality on reaction temperature". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ISSN: 1757-899X, Volume 823, International Seminar on Chemical Engineering Soehadi Reksowardojo (STKSR) 2019 7-9 October 2019, Kupang, Indonesia; Code 012044. DOI: 10.1088/1757-899X/823/1/012044.

- Antonius Indarto, **Lienda A. Handojo**, Dian Shofinita, Muhammad R. Saadi, Dea Yulistia, and Fathinah I. Hasyati, 2020. "In-vivo Test of Calcium Soap from Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) in Three Cow Farms". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ISSN: 1757899X, Volume 742, International Conference on Chemical Engineering UNPAR 2019 28-29 November 2019, Bandung, Indonesia; Code 012030. DOI: 10.1088/1757-899X/742/1/012030.
- Antonius Indarto and **Lienda Handojo**, 2020, "Mekanisme Teoritis Pembentukan Senyawa Siklik Hidrokarbon dari Reaksi C_4H_5 dan C_4H_2 ", Indonesian Journal of Chemical Research, ISSN: 2614-2627, volume 7, issue 2, Januari 2020, pp 101-107, DOI: <https://doi.org/10.30598/ijcr.2020.7-ant>.
- **Lienda A. Handojo**, Megawati Zunita, and Antonius Indarto, 2020. "Molecular Study of Phenyl Formation on ZSM-5: Comparison between Surface and Gas Phase Reactions", Polycyclic Aromatic Compounds, ISSN: 1563-5333, Volume 40,

Issue 2, DOI: 10.1080/10406638.2018.1441883.

- **Lienda Handojo**, Harry Triharyogi, and Antonius Indarto, 2019. "Cocoa bean shell waste as potential raw material for dietary fiber powder", International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, ISSN 2251-7715, Volume 8, Issue 1, DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0271-9>
- **Lienda A. Handojo**, Khoiruddin Khoiruddin, Anita K. Wardani, Ahmad N. Hakim, and I G. Wenten, 2019. "Advancement in Forward Osmosis (FO) Membrane for Concentration of Liquid Foods", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ISSN: 17578981, Volume 547, Issue 1, Article number 012053, 1st International Conference on Design and Application of Engineering Materials 2018, IC-DAEM 2018 in conjunction with 11th Seminar Nasional Metalurgi dan Material, SENAMM 2018; Bandung; Indonesia; 6 September 2018 through 7 September 2018; Code 151626. DOI: 10.1088/1757-899X/547/1/012053.
- **Lienda Aliwarga**, Anita K. Wardani, Putu T.P. Aryanti, and I G. Wenten, 2019. "Recent Development of Lactic Acid Production using Membrane Bioreactors", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ISSN: 17578981, Volume 622, Issue 1, Article number 012023. 3rd Materials Research Society of Indonesia Meeting, MRS-Id 2018; Aston Denpasar Hotel and Convention Center, Denpasar, Bali; Indonesia; 31 July 2018

through 2 August 2018; Code 155192. DOI: 10.1088/1757-899X/622/1/012023.

- Antonius Indarto, Ilham A. Putra, S. Noersalim, Yansen Hartanto, and **Lienda Handojo**, 2019. "Zeolites as Adsorbent Materials for Decolorization of Crude Terpeneol". IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ISSN: 1757899X, Volume 599, Seminar Nasional Material (SNM 2018) 16–17 November 2018, Bandung, Indonesia; Code 012021, DOI: 10.1088/1757-899X/599/1/012021.
- **Lienda Handojo**, Eduardus B. Nursanto, and Antonius Indarto, 2019. "Progress of nanomaterials application in environmental concerns" dalam *Nanohybrids in Environmental and Biomedical Applications of Nanohybrids (Monograph Series in Physical Sciences)* 1st ed., Surender Kumar Sharma (Editor). ISBN-13: 978-0815367628, ISBN-10: 0815367627.
- **Lienda A. Handojo**, Antonius Indarto, Dian Shofinita, Muhammad R. Saadi, Dea Yulistia, and Fathinah I. Hasyati, 2019. "Calcium Soap from Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) for Ruminant Feed: The Influence of Initial Mixing Temperature", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ISSN: 1757899X, Volume 541 Issue 1, 1st International Symposium of Indonesia Chemical Engineering (ISIChem 2018), 4-6 October 2018, Padang, Indonesia; Code 012017, DOI: 10.1088/1757-

899X/543/1/012017

- **Lienda Handojo**, Ilham A. Putra, Muhammad M. Azis, Tirta Prakoso, Tatang H. Soerawidjaja, and Antonius Indarto, 2019. "Isomerization of turpentine using various heterogeneous and homogeneous acid catalysts", AIP Conference Proceedings, ISSN: 0094243X, Volume 2085, The 11th Regional Conference on Chemical Engineering (RCChE 2018), 7-8 November 2018, Yogyakarta, Indonesia; Code 020056, DOI: 10.1063/1.5095034
- **Lienda A. Handojo**, Antonius Indarto, Dian Shofinita, Muhammad R. Saadi, Dea Yulistia, and Fathinah I. Hasyati, 2019. "Calcium soap from Palm Fatty Acid Distillate for Ruminant Feed: Analysis of Antioxidant", AIP Conference Proceedings, ISSN: 0094243X, Volume 2085, The 11th Regional Conference on Chemical Engineering (RCChE 2018), 7-8 November 2018, Yogyakarta, Indonesia; Code 020031, DOI: 10.1063/1.5095009
- **Lienda Handojo**, Anita K. Wardani, Devina Regina, Catharine Bella, Made T.A.P. Kresnowati, dan I G. Wenten, 2019. "Electro-membrane processes for organic acid recovery", RSC Advances, ISSN: 20462069, Volume 9, pp. 7854-7869, DOI: 10.1039/C8RA09227C.
- **Lienda Aliwarga**, Herri Susanto, Reynard, and Dewi A. Iryani, 2019. "Pengaruh NaOH, Lignin, dan Furfural terhadap Kesetimbangan Uap-Cair Etanol-Air Hidrolisat Ethanosolv-

pulping Tandan Kosong Sawit pada Kondisi Isobarik”, Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi, ISSN: 2597-9914, vol. 22, no. 2, pp. 38-46. DOI: <https://doi.org/10.14710/jksa.22.2.38-46>

- **Lienda A. Handojo**, Antonius Indarto, Dian Shofinita, Muhammad R. Saadi, Dea Yulistia, and Fathinah I. Hasyati, 2019. "Calcium Soap from Palm Fatty Acid Distillate for Ruminant Feed: Calcium Oxide Particles Size”, MATEC Web of Conferences, ISSN: 2261-236X, Volume 268, The 25th Regional Symposium on Chemical Engineering (RSCE 2018), Makati, Philippines; Code 03001, DOI: 10.1051/mateconf/201926803001.
- **Lienda Aliwarga**, Reynard, and Agnes V. Victoria, 2019. "Pengendapan Titanium pada Larutan Pasir Besi dalam H₂SO₄", Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, ISSN: 2527-8789, Volume 15, Nomor 2, Halaman 109-118, DOI: 10.30556/jtmb.Vol15.No2.2019.989
- **Lienda A. Handojo**, Antonius Indarto, Daniel Pramudita, Dian Shofinita, Anggina Meitha, Rakhmawati Nabila, and Harry Triharyogi, 2019. "Calcium soap from palm fatty acid distillate for ruminant feed: reaction method”, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), ISSN: 2249-8958, Volume 8, Issue 3S, pp 422-425.
- Dianika Lestari, Made T.A.P. Kresnowati, Afina Rahmani, **Lienda Aliwarga**, and Yazid Bindar, 2019. "Effect of hydrocolloid on

characteristics of gluten free bread from rice flour and fermented cassava flour (Fercaf)", Reaktor, Volume 19, Issue 3, pp. 89-95. <https://doi.org/10.14710/REAKTOR.19.3.89-95>

- **Lienda Aliwarga**, Tatang H. Soerawidjaja, Agnes V. Victoria, Reynard, 2018. "Pengambilan Kembali Vanadium Pentaoksida dari Katalis Vanadium Bekas", Jurnal Teknik, ISSN 2580-2615, Vol 17, No.02, Hal. 24-31. DOI: 10.26874/jt.vol17no2.87
- **Lienda A. Handojo**, Yudiyanto, Michael D. Prihartoni, Ratna Frida, Susanti, Yestria Yaswari, Anggit Raksajati, and Antonius Indarto, 2018. "Non-oxidative Thermal Degradation of Amines: GCMS/FTIR Spectra Analysis and Molecular Modelling", Separation Science and Technology, ISSN: 15205754, Volume 53 (14), DOI 10.1080/01496395.2018.1445112
- **Lienda A. Handojo**, Cherilisa, and Antonius Indarto, 2018. "Cocoa Bean Skin Waste as Potential Raw Material for Liquid Smoke Production", Environmental Technology (United Kingdom), ISSN: 09593330, Volume 41, Issue 8, DOI 10.1080/09593330.2018.1520306.
- **Lienda Handojo**, Yonas Mulyadi, Jessica Suryajaya, Yansen Hartanto, and Antonius Indarto, 2018. "α-pinene conversion to terpineol and other derivatives: molecular modeling and infrared mechanistic study". Current Physical Chemistry, ISSN: 1877-9468, Volume 8 (3), Pages 211-221, DOI: <https://doi.org/10.2174/>

1877946808666181108095058

- **Lienda A. Handojo**, Antonius Indarto, Dian Shofinita, Anggina Meitha, Rakhmawati Nabila, Harry Triharyogi, and Leonardus Kevin, 2018. "Calcium Soap from Palm Fatty Acid Distillate for Ruminant Feed: The Influence of Water Temperature", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, ISSN: 1755-1315/141, Volume 141, 2nd International Conference on Biomass: Toward Sustainable Biomass Utilization for Industrial and Energy Applications 24–25 July 2017, Bogor, Indonesia; Code 012010, DOI 10.1088/1755-1315/141/1/012010
- **Lienda A. Handojo**, Antonius Indarto, Dian Shofinita, Anggina Meitha, Rakhmawati Nabila, Harry Triharyogi, Maulana G.A. Hakim, and Muhammad R. Saadi, 2018. "Calcium Soap from Palm Fatty Acid Distillate for Ruminant Feed: Ca(OH)₂ as Calcium Source", MATEC Web of Conferences, eISSN: 2261-236X, Vol 159, The 2nd International Joint Conference on Advanced Engineering and Technology (IJCAET 2017) and International Symposium on Advanced Mechanical and Power Engineering (ISAMPE 2017), August 24-26 2017, Bali, Indonesia; Code 02062, DOI: 10.1051/mateconf/201815902062
- **Lienda A. Handojo**, Antonius Indarto, Dian Shofinita, Anggina Meitha, Rakhmawati Nabila, and Harry Triharyogi, 2018. "Calcium Soap from Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) for

Ruminant Feed: Quality of Calcium Source", MATEC Web of Conferences, eISSN: 2261-236X, Vol 159, The 2nd International Joint Conference on Advanced Engineering and Technology (IJCAET 2017) and International Symposium on Advanced Mechanical and Power Engineering (ISAMPE 2017), August 24-26 2017, Bali, Indonesia; Code 02007, DOI: 10.1051/mateconf/201815902007

- **Lienda Aliwarga**, Elisabeth N. Christianti, and Chrisella Lazarus, 2017. "Development of Parmesan Cheese Production from Local Cow Milk", AIP Conference Proceedings, ISSN: 0094243X, Volume 1840, International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering 2016 (ISFACHe 2016), 1-2 November 2016, East Java, Indonesia, Code: 060003; DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4982283>
- **Lienda A. Handojo**, Samuel Zefanya, and Yohanes Christanto, 2017. "Drying performance of fermented cassava (fercaf) using a convective multiple flash dryer", AIP Conference Proceedings, ISSN: 0094243X, Volume 1840, International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering 2016 (ISFACHe 2016), 1-2 November 2016, East Java, Indonesia, Code: 060002; DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4982282>.
- **Lienda A. Handojo**, Made T.A.P. Kresnowati, Christine N. Soekiman, and Tegar Perkasa, 2016. "Development of Local

Mozzarella Cheese Production from Lembang Cow Milk”, Chemistry National Seminar, UNJANI-HKI, 3th-4th August 2016, Bandung.

- **Lienda A. Handojo**, Samuel Zefanya, and Yohanes Christanto, 2016. “Use of Convective Multiple Flash Drying to Dry Fermented Cassava: Comparison of Drying Methods and Whiteness Degree Analysis”, International Seminar on Chemical Engineering in conjunction with Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo (STKSR) 2016, Bandung Indonesia. “Sustainable Food, Energy, and Water”, ISSN: 2353-5917.
- **Lienda Aliwarga**, Yazid Bindar, Susila Hadiyati, and Paul R.M. Tangke, 2016. “Development of Drying Process of Cassava Chips for Fercaf Production”, International Seminar on Chemical Engineering in conjunction with Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo (STKSR) 2016, Bandung Indonesia. “Sustainable Food, Energy, and Water”, ISSN: 2353-5917.
- **Lienda Handojo**, Siti N. Suwanda, and Rizka T. Nuryadi, 2015, “Pengaruh Aditif terhadap Kualitas Asap Cair”, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 2015, 12th-13th October 2015, Yogyakarta.
- Dianika Lestari, Yazid Bindar, Made T.A.P. Kresnowati, **Lienda Aliwarga**, Aurinda, and Efendi Gunawan, 2015. “Effect of Hydrodynamic Flow Modes in Cassava Chips Retting Fermentor

for Production of Fermented Cassava Flour”, Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia (SNTKI 2015), Yogyakarta, 12-13 Oktober 2015.

- **Lienda Handojo**, Oey C. Ciaw, and Karima R. Armalita, 2015. “Studi Awal Pirolisis Kulit Biji Kakao”, Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia (SNTKI 2015), Yogyakarta, 12-13 Oktober 2015.
- Made T.A.P. Kresnowati, Yazid Bindar, **Lienda Aliwarga**, Dianika Lestari, Nicholas Prasetya, and A. R. Tanujaya, 2014. “Effects of Retting Media Circulation and Temperature on the Fermentation Process in Soft-Texture and Low Cyanogenic Content Cassava Flour Production”, ASEAN Journal of Chemical Engineering, ISSN: 2655-5409, Volume 14 No. 2, DOI: 10.22146/ajche.49710
- Laras Cempaka, **Lienda Aliwarga**, Susanto Purwo, and Made T.A.P. Kresnowati, 2014. “Dynamics of Cocoa Bean Pulp Degradation during Cocoa Bean Fermentation: Effects of Yeast Starter Culture Addition”, Journal of Mathematical & Fundamental Sciences, ISSN: 2337-5760, Volume 46, No. 1, pp: 14-25, DOI: 10.5614/j.math.fund.sci.2014.46.1.2
- **Lienda Aliwarga**, Made I.M. Supriyatna, and Muhamad F. Firmansyah, 2013. “Coconut Water Processing: The Effects of Operation Pressure Difference”, International Seminar on Biorenewable Resources Utilization for Energy and Chemicals 2013 In conjunction with Chemical Engineering Seminar of

Soehadi Reksowardojo 2013. ISSN: 2354-5917

- **Lienda Handojo**, Ronny Purwadi, Lius Daniel, and Julius Kosasih, 2012. "Studi Awal Pemrosesan Air Kelapa Sebagai Bahan Minuman Isotonik", Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia (SNTKI 2012), Depok, 20-24 September 2012. ISBN: 978-979-98300-2-9.
- **Lienda Handojo**, Adam M. Mustafa, and Fadjar, 2009. "Penggunaan Sodium Lauryl Sulfat dalam Enhanced Oil Recovery", Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia (SNTKI 2009), Bandung, 19-20 Oktober 2009. ISBN: 978-979-98300-1-2.
- **Lienda Handojo** and Junus Simangunsong, 2003. "Study on Electrochromic Effect of Polyaniline Film", Makara Journal of Technology, ISSN: 2356-4539, Volume 7, No. 3, pp. 96-101, LiDOI: 10.7454/mst.v7i3.202
- **Lienda Handojo** and Tatang H. Soerawidjaja, 1995. "A Study on Mass Transfer During The Extraction of Vanillin from Vanilla Bean", Reports of researches assisted by the Asahi Glass Foundation, pp. 731-735.

Publikasi dalam bentuk Buku dan Book Chapter

- Purwo Susanto and **Lienda A. Handojo**, 2020. "Kakao dan Teknologi Produksi Cokelat", ISBN: 978-623-7568-82-7, ITB Press.
- **Lienda Handojo**, Daniel Pramudita, Dave Mangindaan, and

Antonius Indarto, 2020. "Application of nanoparticles in environmental cleanup: production, potential risks and solutions" dalam Emerging Eco-friendly Green Technologies for Wastewater Treatment, Ram Naresh Bharagava (Editor), pp. 45-76. Publisher: Springer. ISBN: 978-981-15-1390-9, DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-15-1390-9>. 2020.

- **Lienda Handojo**, Natasha A. Ikhsan, Rino R. Mukti, and Antonius Indarto, 2020. "Nanomaterials for remediations of agrochemicals" dalam Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation, 1st edition, Majeti Narasimha Vara Prasad (Editor). Publisher: Butterworth-Heinemann. ISBN: 9780081030189, DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00020-9>.
- Fauzi Abdilah, Fitriana, Daniel Pramudita, Antonius Indarto, **Lienda A. Handojo**, 2018. "Nanotechnology: An Emerging Technology for Bioremediation of Environmental Pollutants" dalam Recent Advances in Environmental Management, Ram Naresh Bharagava (Editor), eBook ISBN9781351011259.
- **Lienda Handojo**, 1995. "Teknologi Kimia Bagian 1" diterjemahkan dari "Chemische Technologie" oleh G. Bernasconi, H Gerster, H. Hauser, H. Stäuble, and E. Schneiter, PT Pradnya Paramita.
- **Lienda Handojo**, 1995. "Teknologi Kimia Bagian 2" diterjemahkan dari "Chemische Technologie" oleh G. Bernasconi,

H Gerster, H. Hauser, H. Stäuble, and E. Schneiter, PT Pradnya Paramita.

Publikasi dalam bentuk Paten

- Dianika Lestari, **Lienda Aliwarga**, Made T.A.P. Kresnowati, Fahrunnisa Adzqia, Luthfan Nur Dwianto, Maharani Hazar, and Yazid Bindar, 2020. "Fermentor untuk Memproduksi Tepung Singkong Terfermentasi", IDP000073444.
- **Lienda Handojo**, 2018. "Alat Produksi Sabun Kalsium untuk Pakan Ternak", IDS000002325.
- **Lienda Handojo**, 2018. "Komposisi Suplemen Pakan Ternak Diperkaya Lemak Kalsium", IDS000002324.
- **Lienda Handojo**, 2018. "Proses Pembuatan Suplemen Pakan Ternak Diperkaya Lemak Kalsium", IDS000002325.

VII. PENGHARGAAN

- Pengabdian 40 Tahun, ITB, 2021
- Penghargaan Bidang Karya Inovasi pada Dies ITB ke-60, 2019
- Poster Penelitian Terbaik pada Pekan Riset Sawit Indonesia, Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS), 2018
- Pengabdian 35 Tahun, ITB, 2016
- Satyalencana Karya Satya XXX Tahun, Pemerintah RI, 2014
- Pengabdian 25 Tahun, ITB, 2006

- Satyalencana Karya Satya XX Tahun, Pemerintah RI, 2001
- Karya Terjemahan Terbaik, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 1996

VIII. SERTIFIKASI

- Sertifikasi Dosen, 2009. Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia.

