



**Potensi Limbah Biomassa Pertanian Sebagai
Material Keramik Fungsional Maju**

(Turning Biowaste Into Mesoporous Silica)

Donanta Dhaneswara

Pidato pada Upacara Pengukuhan sebagai
**Guru Besar Tetap dalam Bidang
Material Fungsional Keramik**
Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Depok, 30 Agustus 2023



**Potensi Limbah Biomassa Pertanian Sebagai
Material Keramik Fungsional Maju**
(Turning Biowaste Into Mesoporous Silica)

Donanta Dhaneswara

Pidato pada Upacara Pengukuhan sebagai
**Guru Besar Tetap dalam Bidang
Material Fungsional Keramik**
Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Depok, 30 Agustus 2023

Potensi Limbah Biomassa Pertanian Sebagai Material Keramik
Fungsional Maju (*Turning Biowaste Into Mesoporous Silica*)

ISBN : 978-623-333-581-2

E-ISBN : 978-623-333-582-9 (PDF)

©Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip, memperbanyak dan menerjemahkan sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa ijin tertulis dari penulis dan penerbit.

Cetakan 2023

Diterbitkan pertama kali oleh UI Publishing
Anggota IKAPI & APPTI
Jalan Salemba 4, Jakarta 10430
0818 436 500
E-mail: uipublishing@ui.ac.id

*“Bukankah Kami telah melapangkan dadamu (Muhammad)?
dan Kami telah menghilangkan dari padamu bebanmu
yang memberatkan punggungmu?*

*Dan Kami tinggikan sebutan (nama)mu.
Karena sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.
Sesungguhnya, bersama kesulitan itu ada kemudahan.*

*Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan),
tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).
Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”*

(Q.S. Al-Insyirah: 1-8)

FOTO ORATOR



Prof. Dr. Ir. Donanta Dhaneswara, M.Si.

Guru Besar Tetap Bidang Ilmu Material Fungsional Keramik
Fakultas Teknik Universitas Indonesia

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT saya panjatkan, karena atas Berkah dan Rahmat-Nya, atas Karunia dan Limpahan-Nya, penyusunan dan penulisan buku Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap Bidang Ilmu Material Fungsional Keramik Fakultas Teknik Universitas Indonesia berjudul “Potensi Limbah Biomassa Pertanian Sebagai Material Keramik Fungsional Maju (*Turning Biowaste Into Mesoporous Silica*)” dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Buku ini memuat ringkasan perjalanan penulis dalam melakukan penelitian dan eksplorasi terkait potensi limbah biomassa pertanian untuk dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi material keramik fungsional maju. Penelitian ini telah dilakukan oleh penulis sejak tahun 2017, di mana penulis melihat potensi limbah biomassa pertanian sebagai alternatif sumber silika untuk menciptakan material silika mesopori yang jauh lebih ekonomis dan berujung pada peningkatan nilai tambah limbah biomassa pertanian.

Berdasarkan hal tersebut, terdapat tiga hal utama yang ingin disampaikan penulis melalui buku pidato pengukuhan ini, yaitu potensi dan pemanfaatan limbah biomassa pertanian sebagai sumber silika, produksi material keramik fungsional dalam hal ini adalah material silika mesopori, serta aplikasi material silika mesopori khususnya untuk remediasi air pada limbah industri.

Penelitian ini tentu masih jauh dari kata sempurna dan perlu pengembangan serta analisis dari berbagai perspektif bidang ilmu guna menciptakan solusi yang dapat berdaya saing untuk permasalahan pencemaran air yang dialami bangsa dan negara Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi para pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku pidato pengukuhan ini, yang tentunya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Depok, 30 Agustus 2023

Penulis,

Donanta Dhaneswara

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
1. Pendahuluan	2
2. Kondisi Limbah Pertanian di Indonesia	4
3. Material Maju Keramik Fungsional	6
3.1 Definisi dan Sejarah Material Keramik	6
3.2 Taksonomi Material Keramik	7
4. Material Silika Mesopori dari Limbah Biomassa Pertanian	10
4.1 Definisi dan Sejarah Material Silika Mesopori	10
4.2 Mekanisme Pembentukan Struktur Mesopori	11
4.3 Sintesis Prekursor Silika Dari Limbah Pertanian	12
4.4 Fabrikasi Material Silika Mesopori Berbasis Limbah Pertanian	14
4.5 Aplikasi Material Silika Mesopori Dalam Dunia Industri	15
5. Penutup	24
Daftar Pustaka	24
Ucapan Terima Kasih	31
Daftar Riwayat Hidup	36

Penghormatan Kepada Hadirin

Bismillahirrahmanirrahiim.

Yang Terhormat:

- Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia;
- Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia;
- Rektor, Wakil Rektor dan Sekretaris Universitas Indonesia;
- Kepala Badan, Para Direktur, Para Kepala Kantor, Para Kepala Biro, dan Para Ketua Unit di lingkungan Universitas Indonesia;
- Ketua, Sekretaris, dan Para Anggota Senat Akademik Universitas Indonesia;
- Ketua, Sekretaris, dan Para Anggota Dewan Guru Besar Universitas Indonesia;
- Para Dekan dan Direktur Sekolah di lingkungan Universitas Indonesia;
- Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia beserta seluruh jajarannya;
- Ketua, Sekretaris, dan Para Anggota Senat Akademik Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
- Ketua, Sekretaris, dan Para Anggota Dewan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
- Para Ketua dan Sekretaris Departemen serta Ketua Program Studi di Fakultas Teknik Universitas Indonesia;
- Para Staf Pengajar, Staf Tenaga Kependidikan, Mahasiswa dan Alumni Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia serta seluruh Sivitas Akademika Universitas Indonesia;
- Prof. Dr. Ir. Imansyah Ibnu Hakim, M.Eng. dan Prof. Ir. Abdul Wahid, M.T., Ph.D. yang pada hari ini dikukuhkan bersama sebagai Guru Besar;
- Keluarga, sanak saudara, dan semua kerabat yang saya cintai;
- Bapak dan Ibu Undangan serta Seluruh Hadirin yang saya muliakan.

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua

Segala rasa puji dan syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, kita semua dapat berkumpul dalam keadaan sehat wal'afiat di ruangan ini untuk mengikuti dan menyaksikan pengukuhan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Hari ini merupakan sebuah kehormatan bagi saya untuk dapat berada di podium, diberikan kepercayaan dan tanggung jawab yang besar untuk melaksanakan amanah sebagai Guru Besar Tetap yang diberikan oleh Pemerintah Republik Indonesia, khususnya oleh Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. Hari yang bersejarah ini tentunya tidak akan terjadi tanpa dukungan, bantuan, dan doa dari semua pihak terkait selama perjalanan saya berkarya, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Hadirin yang terhormat, pada kesempatan kali ini, izinkan saya untuk menyampaikan pidato ilmiah yang menggambarkan perjalanan penelitian yang saya lakukan, dengan judul:

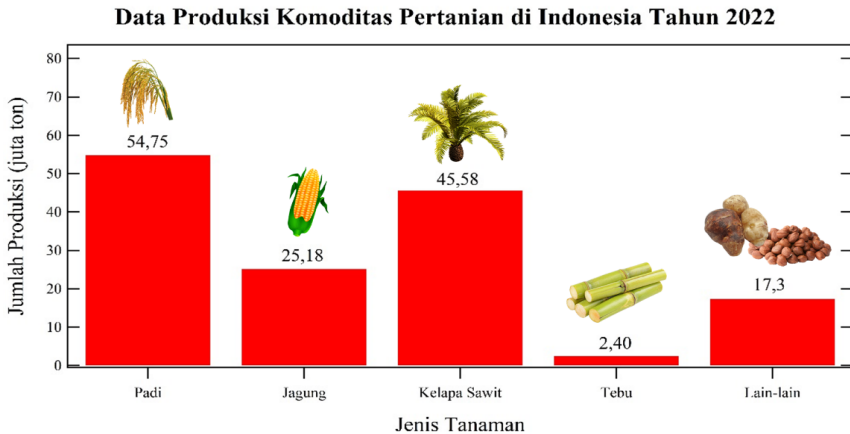
Potensi Limbah Biomassa Pertanian Sebagai Material Keramik Fungsional Maju (*Turning Biowaste Into Mesoporous Silica*)

1. Pendahuluan

Hadirin yang terhormat,

Indonesia merupakan negara agrikultural yang kaya akan sumber daya hayati, dengan hasil pertanian seperti padi, jagung, kelapa sawit, dan tebu sebagai komoditas utama [1]. Dengan jumlah produksi hasil pertanian utama mencapai 145,2 juta ton pada tahun 2022 (Gambar 1), membuat Indonesia menjadi salah satu negara dengan produksi hasil pertanian terbesar di dunia [2]. Kuantitas hasil panen komoditas pertanian yang besar mengakibatkan tingginya aktivitas pengolahan

tanaman pangan, yang berujung pada besarnya produksi limbah pertanian sebagai produk samping. Namun sayangnya, tingkat pemanfaatan limbah pertanian di Indonesia masih rendah. Sebagian besar limbah pertanian dibakar, mengakibatkan limbah pertanian terbuang dengan percuma dan diperparah dengan munculnya masalah polusi udara [3].



Gambar 1. Jumlah produksi hasil pertanian utama di Indonesia tahun 2022 [4]

Padahal di balik itu, limbah pertanian menyimpan potensi yang sangat besar untuk dikembangkan dalam berbagai aplikasi, salah satunya sebagai bahan baku untuk material maju keramik fungsional, guna meningkatkan nilai tambahnya. Limbah pertanian dapat menjadi solusi bahan baku alternatif material maju keramik fungsional yang jauh lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Material maju saat ini mulai memegang peranan yang krusial terhadap pertumbuhan, kemakmuran, dan profitabilitas yang berkelanjutan dari setiap industri. Di antara berbagai jenis material maju, material keramik fungsional merupakan salah satu kandidat utama dengan potensi pengembangan yang besar, mengingat saat ini pengembangan material berfokus pada peningkatan kekuatan,

keringanan, resistansi korosi, dan kemampuan menahan temperatur tinggi [5]. Material maju keramik fungsional dihasilkan dari substansi dan proses yang digunakan dalam pengembangan dan manufaktur material keramik yang menghasilkan sifat yang spesial [6].

Pengembangan material keramik fungsional saat ini mulai menarik perhatian para ilmuwan. Berbagai jenis material keramik fungsional mulai diterapkan dalam berbagai aplikasi, salah satunya yaitu material keramik mesopori yang dapat dijadikan sebagai adsorben dan pendukung (*support*) material fotokatalis untuk aplikasi remediasi air [7]. Material keramik mesopori umumnya terbuat dari silika yang disintesis dengan menggunakan tetraetil ortosilikat (TEOS) sebagai sumber silika. Namun penggunaan TEOS sebagai sumber silika memiliki kekurangan, yaitu harganya yang mahal. Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif sumber silika yang lebih ekonomis [8].

Pada tahap inilah, limbah pertanian dapat berperan dalam aplikasi material keramik mesopori. Beberapa limbah pertanian memiliki kandungan silika yang tinggi, sehingga memiliki potensi sebagai alternatif sumber silika [9]. Dengan proses ekstraksi silika yang sederhana, penggunaan limbah pertanian dapat menjadi solusi dalam menciptakan material silika mesopori ekonomis dengan performa yang berdaya saing [10].

2. Kondisi Limbah Pertanian di Indonesia

Hadirin yang saya hormati,

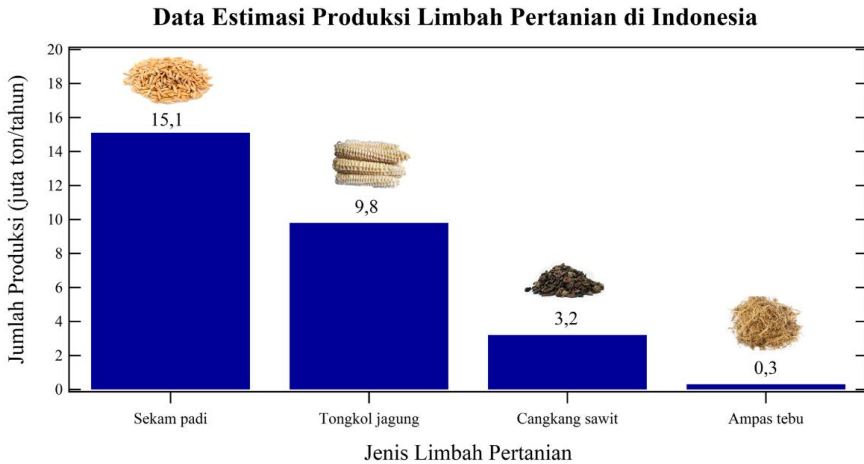
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa Indonesia merupakan salah satu negara penghasil komoditas pertanian terbesar di dunia, dengan padi, jagung, kelapa sawit, dan tebu sebagai komoditas utama. Produksi tanaman padi terkonsentrasi pada wilayah Jawa Barat (Indramayu dan Karawang), Jawa Timur, serta Sulawesi Selatan; produksi tanaman jagung terkonsentrasi pada wilayah Jawa Tengah (Wonosobo, Semarang, Jepara, dan Rembang), Jawa Timur (Besuki dan Madura),

Sulawesi Utara, dan Sulawesi Tenggara; produksi kelapa sawit terkonsentrasi pada wilayah Riau, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Jambi, dan sebagian di pulau Jawa; sedangkan produksi tebu terkonsentrasi pada wilayah Jawa Timur, Lampung, dan Jawa Tengah [11]. Peta persebaran produksi komoditas pertanian di Indonesia ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Peta persebaran produksi komoditas pertanian di Indonesia
(Sumber: Olahan penulis)

Meskipun data kuantitatif terkait jumlah limbah biomassa nasional sulit untuk ditemukan, kita dapat menghitung jumlah kasarnya dengan menggunakan pendekatan. Berdasarkan studi literatur, didapatkan bahwa setiap ton produksi padi akan menyumbang limbah sekam padi sebesar 200 kg (20%), setiap ton produksi jagung menyumbang limbah tongkol jagung sebesar 500 kg (50%), setiap ton produksi kelapa sawit menghasilkan limbah cangkang sawit sebesar 70 kg (7%), sedangkan setiap ton produksi tebu menghasilkan limbah ampas tebu sebesar 100 kg (10%) [12-14]. Jika kita mengacu pada data produksi komoditas pertanian pada Gambar 1, maka didapatkan jumlah kasar produksi limbah sekam padi sebesar 15,1 juta ton per tahun, limbah tongkol jagung sebesar 9,8 juta ton per tahun, limbah cangkang kelapa sawit sebesar 3,2 juta ton per tahun, dan limbah ampas tebu sebesar 0,3 juta ton per tahun (Gambar 3).



Gambar 3. Estimasi Jumlah Produksi Limbah Pertanian di Indonesia
(Sumber: Olahan penulis)

Angka-angka tersebut bukanlah angka yang kecil, sehingga diperlukan penanganan dan pemanfaatan terhadap limbah tersebut secara tepat. Dengan memanfaatkan limbah pertanian sebagai alternatif bahan baku material keramik maju, tentunya memiliki berbagai keuntungan, seperti meningkatkan nilai tambah, menekan biaya bahan baku, hingga mendukung ekonomi sirkuler.

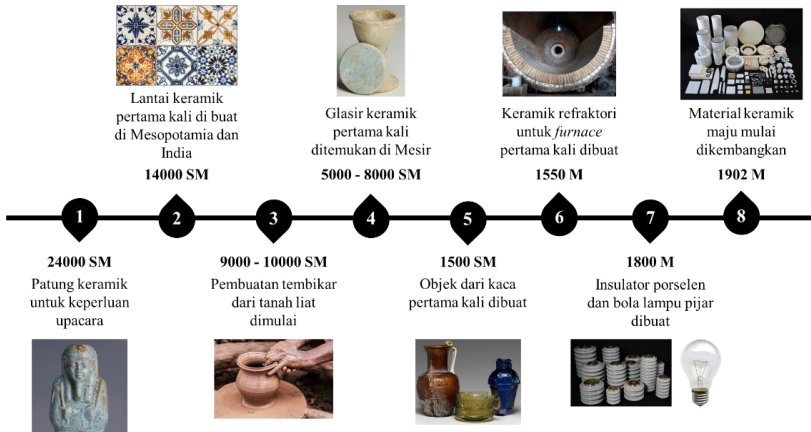
3. Material Maju Keramik Fungsional

3.1 Definisi dan Sejarah Material Keramik

Bapak dan Ibu, serta para hadirin yang saya muliakan,

Keramik berasal dari bahasa Yunani, yaitu “*keramos*”, yang merupakan material non-metalik dan inorganik yang tersusun atas atom-atom logam, non-logam, atau metaloid yang membentuk senyawa melalui ikatan ionik ataupun ikatan kovalen [15]. Produk material keramik tertua yang pernah ditemukan adalah patung keramik, yang diperkirakan

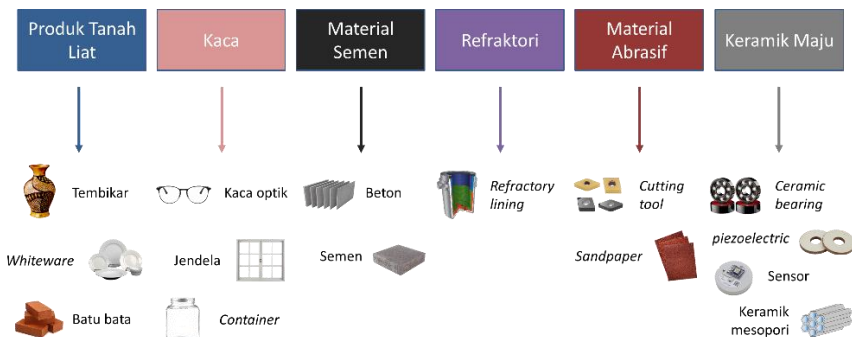
dibuat pada tahun 24.000 SM untuk keperluan upacara [16]. Sejak itu material keramik terus dikembangkan untuk berbagai aplikasi hingga saat ini (Gambar 4).



Gambar 4. Sejarah perkembangan material keramik [17]

3.2 Taksonomi Material Keramik

Material keramik terbagi menjadi dua kategori, yaitu keramik tradisional dan keramik maju, dengan taksonomi seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Produk-produk dari tanah liat, kaca, refraktori, semen, hingga material abrasif termasuk dalam kategori keramik tradisional.

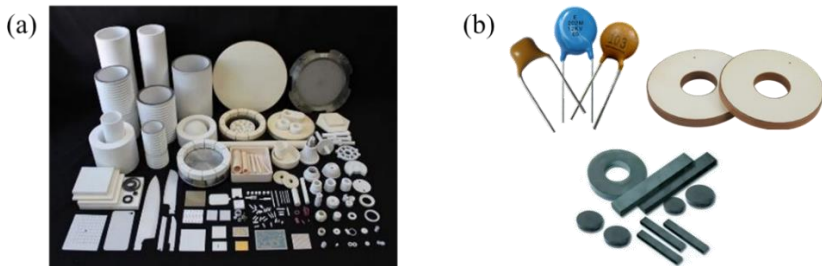


Gambar 5. Taksonomi material keramik [18]

Pada dasarnya, material keramik tradisional mengacu pada keramik yang terbuat dari material alami seperti pasir kuarsa atau mineral tanah liat, dengan contoh produk seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Sementara material keramik maju merujuk pada semua produk yang terbuat dari senyawa anorganik dengan kemurnian tinggi melalui rangkaian proses manufaktur khusus dengan menggunakan bahan baku sintesis seperti senyawa-senyawa oksida, karbida, atau nitrida. Material keramik maju diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu keramik struktural (aplikasinya mengutamakan sifat mekanik dan termal) dan keramik fungsional (penambahan sifat lain seperti sifat listrik, magnet, atau optik untuk aplikasi yang spesifik) [6], dengan contoh produk seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Perbedaan lebih detail mengenai perbedaan material keramik tradisional dan keramik maju dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 6. Produk keramik tradisional: (a) Barang putih (*whiteware*), (b) Lapisan refraktori (*refractory lining*), dan (c) Batu bata [19]



Gambar 7. Produk keramik maju: (a) Keramik struktural, dan (b) Keramik fungsional [20]

Tabel 1. Perbedaan antara material keramik tradisional dan keramik maju [21]

Aspek	Keramik Tradisional	Keramik Maju
Bahan baku	Material alami seperti feldspar, kuarsa, atau tanah liat.	Material sintetis berbasis senyawa oksida, karbida, atau nitrida.
Struktur	Ditentukan oleh komposisi material alami, memiliki lebih banyak cacat atau pengotor.	Dapat dimodifikasi dengan mengubah senyawa kimia penyusunnya, mikrostruktur lebih seragam tanpa cacat atau pengotor.
Proses manufaktur	Lebih sederhana dan umumnya tanpa pemrosesan tambahan setelah <i>sintering</i> .	Lebih kompleks dan umumnya memerlukan pemrosesan tambahan setelah <i>sintering</i> .
Fungsi	Umumnya dibuat menjadi produk sehari-hari dan material bangunan.	Diimplementasikan untuk manufaktur berbagai <i>part</i> khusus yang memerlukan sifat yang spesifik.

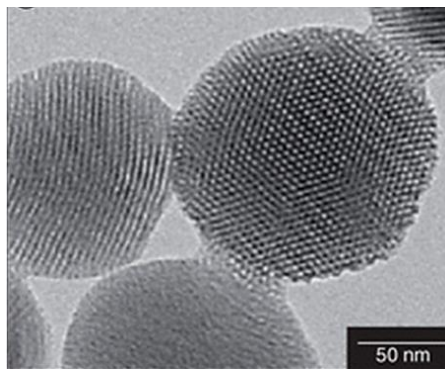
Sifat material keramik fungsional maju yang dapat dimodifikasi menghasilkan produk dengan variasi sifat listrik, mekanik, optik, hingga termal yang luas, sehingga memungkinkan material ini untuk diterapkan dalam berbagai aplikasi [22]. Salah satu material keramik maju yang saat ini sedang gencar untuk dikembangkan adalah material mesopori. Fabrikasi material mesopori dilakukan melalui rekayasa struktur keramik dalam skala nano, atau dikenal dengan teknologi nano.

4. Material Silika Mesopori dari Limbah Biomassa Pertanian

4.1 Definisi dan Sejarah Material Silika Mesopori

Para hadirin sekalian yang saya hormati,

Menurut *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), material mesopori didefinisikan sebagai material yang memiliki pori dengan diameter 2 hingga 50 nm [23]. Kehadiran pori dalam jumlah besar membuat material mesopori memiliki luas permukaan yang tinggi (hingga 1200 m²/g) dan volume pori yang besar (hingga 90%) [24]. Dengan pori berukuran nano, struktur pori pada material mesopori hanya dapat diamati dengan menggunakan mikroskop elektron transmisi (TEM), seperti dapat dilihat pada Gambar 8. Material mesopori umumnya terbuat dari senyawa oksida seperti silika (SiO₂), titania (TiO₂), dan alumina (Al₂O₃) [25]. Namun, dalam konteks ini pemanfaatan limbah biomassa pertanian sebagai bahan baku mengacu pada fabrikasi material mesopori dari silika.



Gambar 8. Mikrostruktur material mesopori [26]

Material silika mesopori pertama kali ditemukan pada tahun 1990 oleh beberapa peneliti dari Jepang, dan kemudian tahun 1992 disintesis oleh Laboratorium *Mobil Corporation*, yang dinamakan dengan *molecular*

41 sieves (M41S). M41S memiliki beberapa jenis silika mesopori yang dinamakan dengan *Mobil Crystalline Materials* (MCM), seperti MCM-41, MCM-48, dan MCM-50 dengan struktur pori yang beragam seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Material ini kemudian mulai dikenal secara luas, dan menjadi cikal bakal para peneliti untuk melakukan berbagai upaya guna dapat melakukan kendali atau rekayasa terhadap karakteristik silika mesopori, khususnya terhadap struktur pori dan morfologinya. Pengembangan material silika mesopori terus berlanjut, hingga pada tahun 1995 diciptakan beberapa keluarga material silika mesopori baru, seperti *Santa Barbara Amorphous* (SBA), *Michigan State University* (MSU), dan *Folded Sheet Mesoporous Material* (FSM) [27].



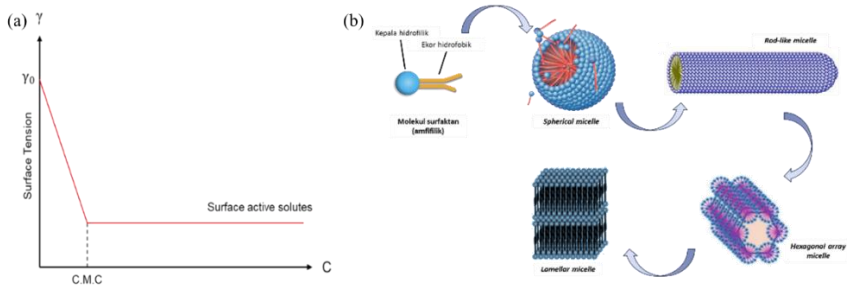
Gambar 9. Struktur pori material mesopori M41S: (a) MCM-41, (b) MCM-48, dan (c) MCM-50 [27]

4.2 Mekanisme Pembentukan Struktur Mesopori

Struktur mesopori dapat terbentuk dengan bantuan surfaktan yang membentuk misel dan pembentukan dinding oksida melalui reaksi hidrolisis dan kondensasi silika di sekitar misel [28]. Bentuk dan ukuran pori yang dihasilkan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti konsentrasi surfaktan, rasio molar prekursor dan surfaktan, temperatur pemrosesan, serta penambahan garam inorganik dan kosurfaktan [29].

Surfaktan memiliki kemampuan *self-assembly* yang memungkinkan dirinya untuk melakukan penataan secara otomatis. Hal ini dapat terjadi karena struktur surfaktan yang memiliki dua polaritas yang berbeda. Molekul surfaktan akan memenuhi permukaan larutan dan menurunkan

tegangan permukaannya. Penambahan surfaktan lebih lanjut hingga mencapai konsentrasi dan temperatur kritis mengakibatkan mulai terbentuknya misel, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10 [30].



Gambar 10. Mekanisme pembentukan misel, (a) pengaruh penambahan surfaktan terhadap tegangan permukaan dan (b) bentuk-bentuk misel [30]

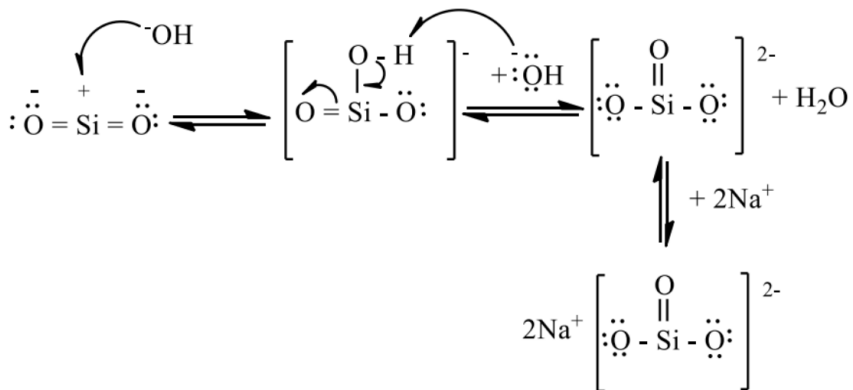
4.3 Sintesis Prekursor Silika Dari Limbah Pertanian

Sintesis prekursor silika dari limbah pertanian umumnya dilakukan sebelum fabrikasi material silika mesopori. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kandungan atau memurnikan silika dari limbah biomassa pertanian. Dalam hal ini, sintesis prekursor silika melibatkan dua tahapan utama, yaitu pembakaran limbah pertanian dan proses ekstraksi melalui proses refluks.

Proses sintesis prekursor silika bermula dari persiapan abu limbah biomassa pertanian. Limbah dicuci dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C selama 8 jam. Limbah pertanian kering kemudian dibakar di dalam dapur (*furnace*) pada suhu 550°C selama 6 jam hingga terbentuk abu. Pembakaran ini mengakibatkan peningkatan kandungan silika secara signifikan. Pembakaran pada temperatur ini akan menghasilkan silika dengan fasa amorf. Meskipun begitu, masih terdapat berbagai konstituen lain dalam abu limbah pertanian, sehingga diperlukan proses ekstraksi lebih lanjut untuk memisahkan silika dari konstituen lainnya.

Ekstraksi silika amorf dari abu limbah pertanian dilakukan melalui proses refluks menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH). Larutan NaOH sebagai larutan basa digunakan dalam proses refluks karena silika memiliki kelarutan yang tinggi di dalam basa. Proses refluks dilakukan pada temperatur 80°C selama 1 jam agar reaksi antara silika dan NaOH berjalan dengan lebih cepat dan sempurna, menghasilkan larutan natrium silikat (Na₂SiO₃) sebagai produk ekstraksi [31].

Peristiwa pembentukan natrium silikat diawali dengan terdisosiasinya NaOH menjadi Na⁺ dan OH⁻. Ion Na⁺ kemudian akan berikatan dengan oksigen pada ikatan ganda silika (Si=O). Atom O pada SiO₂ dengan keelektronegatifan yang tinggi menyebabkan atom Si menjadi elektropositif dan membentuk [SiO₂OH]⁻ yang tidak stabil dan akan terjadi dehidrogenasi [32]. Ion OH⁻ lainnya akan berikatan dengan atom hidrogen dan membentuk molekul air, kemudian terdapat dua ion Na⁺ yang menyeimbangkan muatan negatif dari ion SiO₃²⁻. Oleh karena itu, terbentuklah hasil akhir natrium silikat (Na₂SiO₃) dan dengan produk samping berupa air. Reaksi pembentukan natrium silika dengan proses refluks dapat dilihat pada Gambar 11.

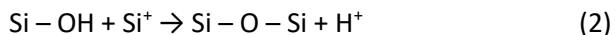
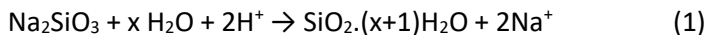


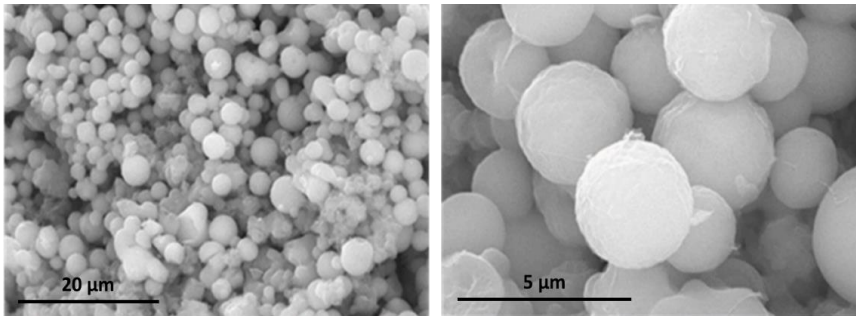
Gambar 11. Reaksi pembentukan natrium silikat melalui proses refluks [33]

4.4 Fabrikasi Material Silika Mesopori Berbasis Limbah Pertanian

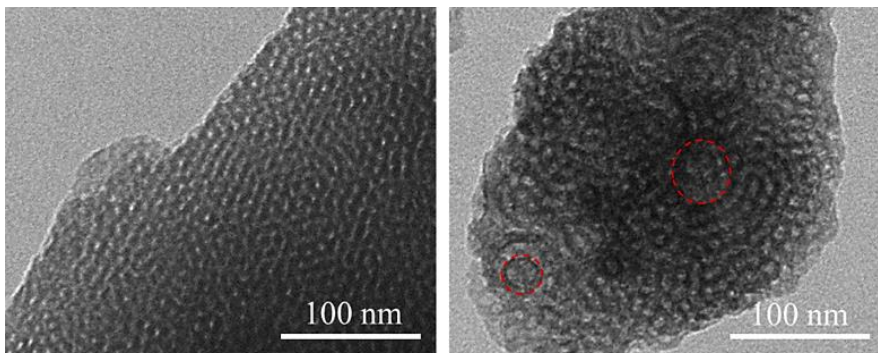
Larutan natrium silikat yang telah terbentuk dari proses ekstraksi sebelumnya akan digunakan untuk fabrikasi material silika mesopori. Larutan ini ditambahkan ke dalam surfaktan yang telah dilarutkan dalam asam klorida (HCl) sedikit demi sedikit dengan pengadukan konstan hingga viskositas larutan meningkat dan larutan berubah warna menjadi putih. Campuran ini kemudian di-*aging* pada suhu 40°C selama 24 jam, diikuti dengan kalsinasi pada temperatur 500° C selama 6 jam.

Pada tahap ini, terjadi perubahan wujud dari campuran prekursor-surfaktan dari sol menjadi gel setelah di-*aging*, dan dari gel menjadi solid setelah dikalsinasi karena adanya fenomena reaksi hidrolisis dan kondensasi dari larutan Na₂SiO₃ membentuk jaringan siloksan (Si – O – Si), sesuai dengan reaksi pada persamaan 1 dan 2. Reaksi hidrolisis bergantung pada pH (konsentrasi H⁺), menyebabkan pembentukan gugus silanol dan menghasilkan asam monosilikat (Si(OH)₄) sebagai produk hidrolisis. Sementara reaksi kondensasi menyebabkan protonisasi atom silikon menjadi ion silikonium (Si⁺) dan menghasilkan jaringan Si – O – Si sebagai produk kondensasi. Selain itu, kalsinasi juga bertujuan untuk menguapkan surfaktan dan meninggalkan struktur pori pada partikel silika, menghasilkan produk seperti ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.





Gambar 12. Hasil uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) sampel silika mesopori [31]

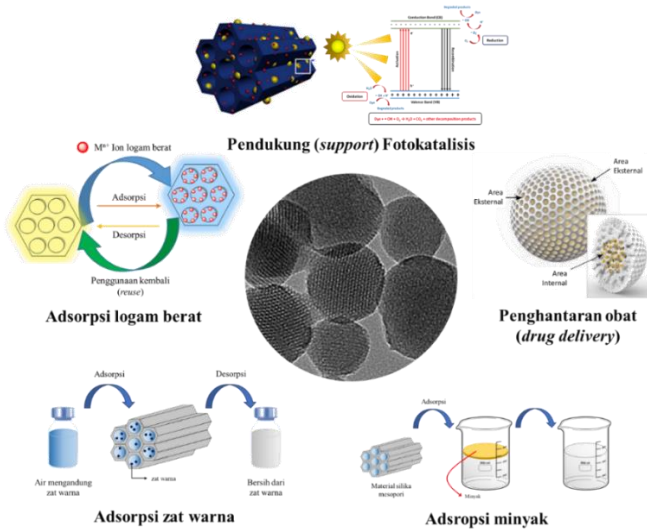


Gambar 13. Hasil uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) sampel silika mesopori [31]

4.5 Aplikasi Material Silika Mesopori Dalam Dunia Industri

Para hadirin yang saya muliakan,

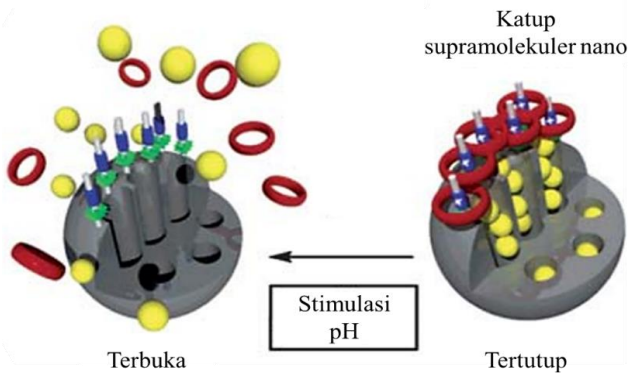
Sifat unik yang dimiliki oleh material silika mesopori, yaitu luas permukaan yang besar serta karakteristik porinya yang dapat direkayasa menjadikan silika mesopori diterapkan dalam berbagai aplikasi, misalnya sebagai adsorben zat warna, logam berat, dan minyak, sistem penghantaran obat, hingga sebagai pendukung (*support*) untuk aplikasi fotokatalisis (Gambar 14).



Gambar 14. Aplikasi material silika mesopori [34-35]

Dalam aplikasinya untuk sistem penghantaran obat, nanopartikel material silika mesopori berperan sebagai pendukung (*support*) untuk menampung molekul obat serta sebagai alat untuk melakukan pelepasan obat secara terkontrol [36]. Nanopartikel silika mesopori memiliki ukuran partikel dan pori yang dapat disesuaikan, luas permukaan yang tinggi, serta bebas dari serangan biokimia dan bioerosi, sehingga membuat nanopartikel silika mesopori cocok untuk diaplikasikan dalam sistem penghantaran obat. Pelepasan obat dari nanopartikel silika mesopori dapat terjadi akibat beberapa pemicu, seperti pH, reaksi reduksi-oksidasi (redoks), suhu, enzim, atau dengan rangsangan dari luar seperti gelombang ultrasonik [37]. Terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan saat fabrikasi silika mesopori untuk aplikasi penghantaran obat, yaitu susunan dan ukuran pori harus homogen, volume pori yang tinggi untuk menampung jumlah obat yang dibutuhkan, luas permukaan yang tinggi, serta adanya gugus silanol pada permukaan dinding mesopori untuk memungkinkan pengendalian adsorpsi dan pelepasan obat yang lebih terkontrol [38].

Contoh penerapan silika mesopori dalam sistem penghantaran obat melalui stimulasi pH untuk mengobati tumor dan inflamasi dapat dilihat pada Gambar 15. Jaringan tumor dan daerah inflamasi memiliki daerah yang cenderung lebih asam dibandingkan dengan jaringan dengan kondisi normal. Nanopartikel silika mesopori yang berisi molekul obat akan bergerak di dalam tubuh melalui sistem peredaran darah. Daerah inflamasi dengan perubahan pH akan menstimulasi terbukanya katup supramolekuler berukuran nano dan memicu pelepasan molekul obat ke daerah yang spesifik. Hal ini tentunya memberikan keuntungan yang besar, yaitu meningkatkan efikasi dan mengurangi efek samping dari obat [39].



Gambar 15. Mekanisme pelepasan molekul obat dalam nanopartikel silika mesopori dengan stimulasi pH [40]

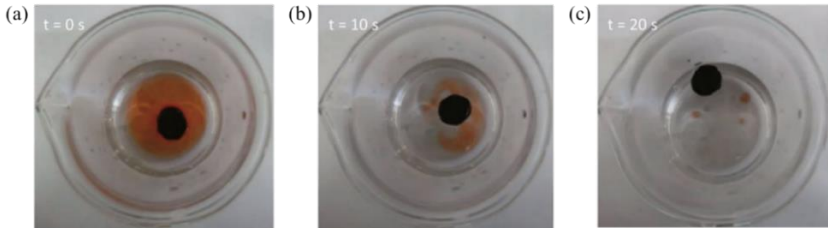
Untuk aplikasi sebagai adsorben logam berat, material silika mesopori terbukti dapat mengadsorpsi ion logam berat dengan performa yang baik. Penelitian ini pernah dilakukan sebelumnya, di mana telah dibuat material silika mesopori yang di-fungsionalisasi dengan 3-kloropropiltrimetoksisilan (CPTMS) untuk diterapkan sebagai adsorben logam berat seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), dan kadmium (Cd). Hasil

yang diperoleh terbilang menggembirakan, dengan performa adsorpsi optimum seperti ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Performa adsorpsi CPTMS-silika mesopori terhadap logam berat

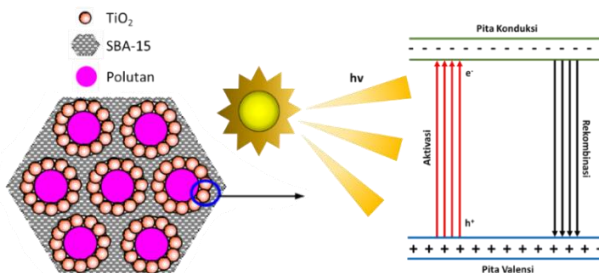
Ion Logam (M ⁿ⁺)	Konsentrasi Ion Logam (mg/L)	Konsentrasi Adsorben (mg/L)	Persentase <i>Removal</i> (%)	Referensi
Cu	10	7491	98,1	[41]
Pb	100	1000	89,9	[42]
Cd	50	120	63,9	[43]

Selain diaplikasikan sebagai adsorben logam berat, material silika mesopori juga dapat diaplikasikan sebagai adsorben minyak. Aplikasi silika mesopori sebagai adsorben minyak didasari oleh kondisi polusi lingkungan yang disebabkan oleh tumpahan minyak pada lingkungan perairan. Berbagai upaya telah diteliti untuk menghilangkan polutan minyak, salah satunya dengan metode adsorpsi dengan menggunakan adsorben, seperti ditunjukkan oleh Gambar 16. Dalam aplikasinya, kapasitas adsorpsi yang tinggi umumnya memiliki korelasi yang kuat dengan tingkat porositas adsorben. Oleh karena itu, material silika mesopori dengan volume pori yang besar secara umum digunakan sebagai adsorben minyak. Selain tingkat porositas, hidrofobisitas juga merupakan sifat yang penting dalam aplikasi adsorpsi minyak [44]. Adsorben dengan tingkat hidrofobisitas yang tinggi menunjukkan efisiensi yang jauh lebih baik dibandingkan adsorben dengan tingkat hidrofobisitas rendah, sehingga dalam beberapa kasus dilakukan pelapisan terhadap nanopartikel silika mesopori untuk membuat sifatnya menjadi jauh lebih hidrofobik [45].



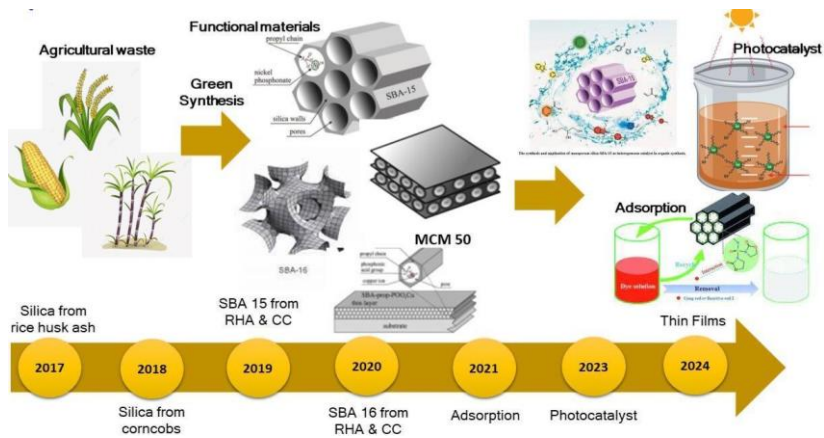
Gambar 16. Contoh aplikasi material pori sebagai adsorben minyak [46]

Aplikasi silika mesopori tidak hanya terbatas sebagai adsorben, namun juga dapat diterapkan sebagai pendukung (*support*) untuk nanopartikel fotokatalis. Silika mesopori hanya terdiri dari atom silikon (Si) dan oksigen (O) yang tidak memiliki kapasitas oksidasi dan kemampuan adsorpsi sinar UV dan cahaya tampak. Hal ini menyebabkan aplikasi silika mesopori sangat terbatas dalam bidang katalisis, terutama fotokatalisis. Untuk memperluas kegunaannya dalam aplikasi fotokatalisis, dilakukan dispersi nanopartikel semikonduktor pada permukaan pori dari silika mesopori, sehingga terbentuk material komposit yang memiliki aktivitas fotokatalitik, seperti ditunjukkan pada Gambar 17. Deposisi nanopartikel semikonduktor pada material mesopori akan meningkatkan jumlah situs fotoaktif dan mencegah aglomerasi nanopartikel, yang berakibat pada meningkatnya aktivitas fotokatalitik [47].



Gambar 17. Silika mesopori sebagai pendukung untuk aplikasi fotokatalisis [48]

Untuk saat ini, penelitian penulis terkait material silika mesopori berfokus pada penerapannya sebagai adsorben zat warna pada limbah tekstil dan pemanfaatan limbah biomassa pertanian. Industri tekstil saat ini menyumbang sekitar 20% kasus pencemaran air di dunia [49]. Kondisi pencemaran air yang mengkhawatirkan dan potensi limbah biomassa pertanian untuk digunakan sebagai material silika mesopori menjadi dasar pemikiran dilakukannya penelitian ini. Peta jalan penelitian silika mesopori berbasis limbah pertanian sebagai adsorben zat warna dapat dilihat pada Gambar 18.



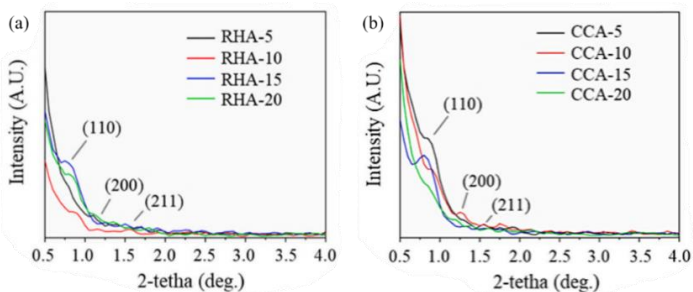
Gambar 18. Peta jalan penelitian silika mesopori berbasis limbah biomassa di laboratorium *Advanced Materials Research Center (AMRC)* FT UI (Sumber: Olahan penulis)

Pada awal perjalanan penelitian ini, dilakukan eksplorasi potensi limbah biomassa pertanian sebagai alternatif sumber silika. Berdasarkan studi literatur, ditemukan bahwa abu sekam padi, tongkol jagung, cangkang sawit, dan ampas tebu memiliki kandungan silika yang tinggi, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3. Hal ini tentunya sangat menggembirakan, karena penggunaan sumber silika dari limbah pertanian dapat menekan biaya fabrikasi silika mesopori, hanya tinggal dioptimasi sifat dan performa adsorbsinya.

Tabel 3. Kandungan silika pada beberapa abu limbah biomassa pertanian

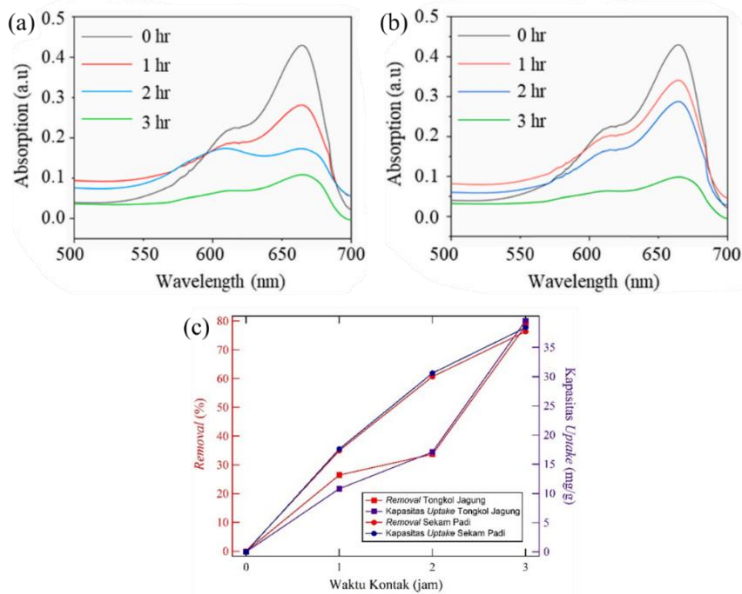
Jenis Abu Limbah Pertanian	Kandungan Silika (%)	Referensi
Abu sekam padi	> 80	[50]
Abu tongkol jagung	> 60	[51]
Abu cangkang sawit	> 55	[52]
Abu ampas tebu	> 53	[53]

Fabrikasi dan optimasi performa silika mesopori dilakukan dalam kurun waktu 2 tahun, hingga akhirnya didapatkan hasil yang terbilang memuaskan. Material silika mesopori hasil fabrikasi dikarakterisasi untuk mengkonfirmasi pembentukan struktur mesopori serta mengetahui ukuran dan geometri porinya. Salah satu karakterisasi yang dilakukan yakni *small angle x-ray diffraction* (XRD), dengan hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 19. Hasil XRD mengkonfirmasi bidang kristal (110), (200), dan (211) yang merepresentasikan struktur kristal *body-centered cubic* (BCC) dengan simetri $Im3m$, mengindikasikan karakterisasi mesostruktur *long-range order* dari SBA-16.



Gambar 19. Pola XRD material silika mesopori berbasis (a) limbah sekam padi, dan (b) limbah tongkol jagung dengan variasi konsentrasi surfaktan P123 [31]

Material silika mesopori yang telah difabrikasi memiliki performa adsorpsi zat warna yang baik, dibuktikan dengan hasil uji spektroskopi UV-Vis yang menyatakan tingkat *removal* hingga 77% dan kapasitas *uptake* hingga 38,52 mg/g untuk zat warna metilen biru dengan waktu adsorpsi 3 jam (Gambar 20). Jika dibandingkan dengan material silika mesopori konvensional berbasis TEOS, silika mesopori berbasis limbah pertanian ini memiliki performa yang lebih unggul, sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai sumber silika alternatif. Dibandingkan dengan *silica bead* komersial, performa silika mesopori berbasis limbah pertanian masih memiliki performa adsorpsi yang lebih rendah, namun *silica bead* memiliki proses fabrikasi yang kompleks dan membutuhkan biaya yang mahal, sehingga material silika mesopori berbasis limbah pertanian dapat menjadi alternatif yang menjanjikan untuk menciptakan adsorben yang ekonomis dengan performa yang berdaya saing (Tabel 4).



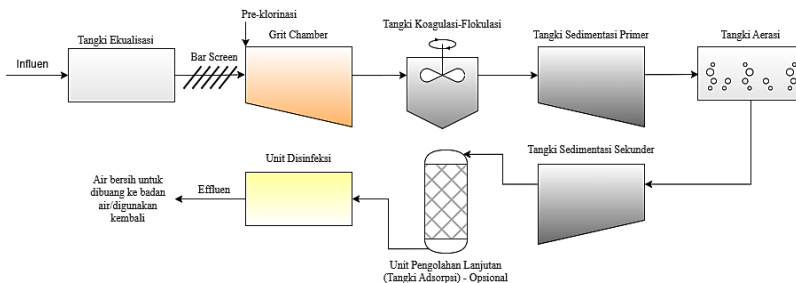
Gambar 20. Hasil uji adsorpsi zat warna metilen biru material silika mesopori berbasis limbah biomassa: (a) Abu sekam padi, (b) Abu tongkol jagung, dan (c) Persentase *removal* dan kapasitas *uptake* metilen biru

[31]

Tabel 4. Perbandingan performa adsorpsi metilen biru pada berbagai material silika mesopori

Adsorben	Sumber Silika	Konsentrasi Zat Warna (mg/L)	Volume Larutan (mL)	Muatan Adsorben (mg/L)	Efisiensi (%)	Waktu Adsorpsi (jam)	Kapasitas Uptake (mg/g)	Ref.
Xerogel silika mesopori	TEOS	30	-	750	60	75	26	[54]
SBA-15	TEOS	100	-	5000	42	1	9,4	[55]
SBA-16	Abu tongkol jagung	10	50	10	77,05	3	38,5	[31]
SBA-16	Abu sekam padi	10	50	10	74,68	3	37,4	[31]
Komersial <i>silica bead</i>	Natrium silikat	10	50	10	94,81	2	47,4	[31]

Hasil optimasi material silika mesopori ini tentunya diharapkan dapat berlanjut ke skala yang lebih besar, misalnya diterapkan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), seperti ditunjukkan pada Gambar 21. Pengolahan air limbah umumnya menggunakan proses koagulasi-flokulasi dengan penambahan agen kimiawi yang disebut dengan koagulan, seperti aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) dan ion ferri (Fe^{3+}) untuk menghilangkan berbagai kontaminan dalam limbah cair, termasuk zat warna [56]. Beberapa IPAL memiliki unit pengolahan lanjutan seperti tangki adsorpsi. Material silika mesopori dapat dijadikan kandidat sebagai adsorben pada tangki adsorpsi maupun tangki koagulasi-flokulasi.



Gambar 21. Skema Alir Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Tekstil
(Sumber: olahan penulis)

5. Penutup

Penggunaan material silika mesopori berbasis limbah pertanian, yang dikembangkan dan diteliti oleh penulis dan tim, diyakini dan diharapkan dapat diterapkan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem penghantaran obat, adsorpsi tumpahan minyak, adsorpsi logam berat, hingga fotokatalisis. Aplikasi silika mesopori berbasis limbah pertanian sebagai adsorben zat warna terbukti dapat meningkatkan efisiensi pemurnian limbah tekstil dan akan memiliki prospek pengembangan yang baik untuk peningkatan baku mutu air.

Pengembangan rekayasa material silika mesopori akan terus berjalan seiring dengan berjalannya waktu. Setiap perkembangan teknologi sintesis silika mesopori tentu memiliki keunggulan, kelemahan, serta kompleksitasnya masing-masing. Segala penjabaran dalam buku ini harapannya tentu akan dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terkait dengan dunia medis dan pencemaran lingkungan, serta berguna bagi para ilmuwan dan industri.

Daftar Pustaka

- [1] Mulyani, A. dan Las, I., 2008. Potensi sumber daya lahan dan optimalisasi pengembangan komoditas penghasil bioenergi di Indonesia. *Jurnal litbang pertanian*, 27(1), pp.31-41.
- [2] Ningsih, E.A. dan Kurniawan, W., 2016. Daya saing dinamis produk pertanian Indonesia di ASEAN. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, 9(2), pp.117-125.
- [3] Hidayati, N. dan Ekayuliana, A., 2022, June. Studi Potensial Energi Biomassa dari Limbah Pertanian dan Perkebunan di Indonesia. *Seminar Nasional Inovasi Vokasi* (Vol. 1, pp. 130-135).
- [4] Pangan, D.T., 2023. *Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Tanaman Pangan 2022*. Jakarta: Dirjen Tanaman Pangan.
- [5] Somiya, S., 2013. *Handbook of advanced ceramics: materials, applications, processing, and properties*. Academic press.

- [6] Heimann, R.B., 2010. *Classic and advanced ceramics: from fundamentals to applications*. John Wiley & Sons.
- [7] Alothman, Z.A., 2012. A review: fundamental aspects of silicate mesoporous materials. *Materials*, 5(12), pp.2874-2902.
- [8] Saravanan, M., Sudalai, S., Dharaneesh, A.B., Prahalladhan, V., Srinivasan, G. dan Arumugam, A., 2023. An extensive review on mesoporous silica from inexpensive resources: Properties, synthesis, and application toward modern technologies. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 105(1), pp.1-29.
- [9] Razak, N.A.A., Othman, N.H., Shayuti, M.S.M., Jumahat, A., Sapiai, N. dan Lau, W.J., 2022. Agricultural and industrial waste-derived mesoporous silica nanoparticles: A review on chemical synthesis route. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(2), p.107322.
- [10] Permatasari, N., Sucharya, T.N. dan Nandiyanto, A.B.D., 2016. Agricultural wastes as a source of silica material. *Indonesian journal of science and technology*, 1(1), pp.82-106.
- [11] Mulyani, A., Suryani, E. dan Husnain, H., 2020. Pemanfaatan data sumberdaya lahan untuk pengembangan komoditas strategis di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(2), pp.79-89.
- [12] Kumar, S., Sangwan, P., Dhankhar, R.M.V. dan Bidra, S., 2013. Utilization of rice husk and their ash: A review. *Res. J. Chem. Env. Sci*, 1(5), pp.126-129.
- [13] Hidayati, A.S.D.S.N., Kurniawan, S., Restu, N.W. and Ismuyanto, B., 2016. Potensi ampas tebu sebagai alternatif bahan baku pembuatan karbon aktif. *Natural B*, 3(4), pp.311-317.
- [14] Rugayah, A.F., Astimar, A.A. dan Norzita, N., 2014. Preparation and characterization of activated carbon from palm kernel shell by physical activation with steam. *Journal of Oil Palm Research*, 26(3), pp.251-264.
- [15] Carter, C.B. dan Norton, M.G., 2007. *Ceramic materials: science and engineering* (Vol. 716, p. 712). New York: springer.

- [16] Wesolowski, R.A., Wesolowski, A.P., dan Petrova, R.S., 2020. Introduction to Ceramics. *The World of Materials*, pp.69-74.
- [17] Neff, H., 1992. Ceramics and evolution. *Archaeological method and theory*, 4, pp.141-193.
- [18] Basu, B. and Balani, K., 2011. *Advanced structural ceramics*. John Wiley & Sons.
- [19] Warlimont, H., 2018. *Ceramics*. Springer Handbook of Materials Data, pp.445-488.
- [20] Riedel, R. dan Chen, I.W., 2010. *Ceramics science and technology*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGa.
- [21] Salamon, D., 2014. Advanced ceramics. *Advanced ceramics for dentistry* (pp. 103-122). Butterworth-Heinemann.
- [22] Yamauchi, Y., Suzuki, N., Radhakrishnan, L. dan Wang, L., 2009. Breakthrough and future: nanoscale controls of compositions, morphologies, and mesochannel orientations toward advanced mesoporous materials. *The Chemical Record*, 9(6), pp.321-339.
- [23] Lan, K. dan Zhao, D., 2022. Functional ordered mesoporous materials: present and future. *Nano Letters*, 22(8), pp.3177-3179.
- [24] Yu, X. dan Williams, C.T., 2022. Recent advances in the applications of mesoporous silica in heterogeneous catalysis. *Catalysis science & technology*, 12(19), pp.5765-5794.
- [25] Treccani, L., 2023. Introduction to Ceramic Materials. *Surface-Functionalized Ceramics: For Biotechnological and Environmental Applications*, pp.1-46.
- [26] Yanes, R.E. dan Tamanoi, F., 2012. Development of mesoporous silica nanomaterials as a vehicle for anticancer drug delivery. *Therapeutic delivery*, 3(3), pp.389-404.
- [27] Kumar, S., Malik, M.M. dan Purohit, R., 2017. Synthesis methods of mesoporous silica materials. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), pp.350-357.
- [28] Palmqvist, A.E., 2003. Synthesis of ordered mesoporous materials using surfactant liquid crystals or micellar solutions. *Current opinion in colloid & interface science*, 8(2), pp.145-155.

- [29] Wan, Y. dan Zhao, 2007. On the controllable soft-templating approach to mesoporous silicates. *Chemical reviews*, 107(7), pp.2821-2860.
- [30] Cui, X., Mao, S., Liu, M., Yuan, H. dan Du, Y., 2008. Mechanism of surfactant micelle formation. *Langmuir*, 24(19), pp.10771-10775.
- [31] Dhaneswara, D., Marito, H.S., Fatriansyah, J.F., Sofyan, N., Adhika, D.R. dan Suhariadi, I., 2022. Spherical SBA-16 particles synthesized from rice husk ash and corn cob ash for efficient organic dye adsorbent. *Journal of Cleaner Production*, 357, p.131974.
- [32] Trivana, L., Sugiarti, S. dan Rohaeti, E., 2015. Sintesis dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na_2SiO_3) Dari Sekam Padi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 7(2), pp.66-75.
- [33] Mujiyanti, D. R., Ariyani, D. dan Paujiah, N., 2021. Kajian Variasi Konsentrasi NaOH dalam Ekstraksi Silika dari Limbah Sekam Padi Banjar Jenis Pandak. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 15(2), pp.143-153.
- [34] Alyassin, Y., Sayed, E.G., Mehta, P., Ruparelia, K., Arshad, M.S., Rasekh, M., Shepherd, J., Kucuk, I., Wilson, P.B., Singh, N. dan Chang, M.W., 2020. Application of mesoporous silica nanoparticles as drug delivery carriers for chemotherapeutic agents. *Drug Discovery Today*, 25(8), pp.1513-1520.
- [35] Jadhav, S.A., Patil, V.S., Shinde, P.S., Thoravat, S.S. dan Patil, P.S., 2020. A short review on recent progress in mesoporous silicas for the removal of metal ions from water. *Chemical Papers*, 74, pp.4143-4157.
- [36] Wang, Y., Zhao, Q., Han, N., Bai, L., Li, J., Liu, J., Che, E., Hu, L., Zhang, Q., Jiang, T. dan Wang, S., 2015. Mesoporous silica nanoparticles in drug delivery and biomedical applications. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 11(2), pp.313-327.
- [37] Mura, S., Nicolas, J. dan Couvreur, P., 2013. Stimuli-responsive nanocarriers for drug delivery. *Nature materials*, 12(11), pp.991-1003.

- [38] Sreeharsha, N., Philip, M., Krishna, S.S., Viswanad, V., Sahu, R.K., Shiroorkar, P.N., Aasif, A.H., Fattepur, S., Asdaq, S.M.B., Nair, A.B. dan Attimarad, M., 2022. Multifunctional mesoporous silica nanoparticles for oral drug delivery. *Coatings*, 12(3), p.358.
- [39] Geng, J., Li, M., Wu, L., Chen, C. dan Qu, X., 2012. Mesoporous silica nanoparticle-based H₂O₂ responsive controlled-release system used for Alzheimer's disease treatment. *Advanced healthcare materials*, 1(3), pp.332-336.
- [40] Cheng, C.A., Deng, T., Lin, F.C., Cai, Y. dan Zink, J.I., 2019. Supramolecular nanomachines as stimuli-responsive gatekeepers on mesoporous silica nanoparticles for antibiotic and cancer drug delivery. *Theranostics*, 9(11), p.3341.
- [41] Dhaneswara, D., Delayori, F., Utami, S., Kuskendrianto, F.R., Abdurrahman, M.H. dan Fatriansyah, J.F., 2018. The Adsorption of Copper by SBA-15-CPTMS Mesoporous for Water Remediation. *E3S Web of Conferences* (Vol. 65, p. 05007). EDP Sciences.
- [42] Fatriansyah, J.F., Dhaneswara, D., Situmorang, F.W., Brahmarsi, A., Delayori, F., Siti, U.A. dan Kusumawardhani, D.P., 2018. The Comparative Study of Pure Mesoporous Silica SBA-15 and CPTMS-SBA-15 Adsorption of Pb Heavy Metal. *E3S Web of Conferences* (Vol. 65, p. 05016). EDP Sciences.
- [43] Dhaneswara, D., Fatriansyah, J.F., Mahagnyana, A.B., Delayori, F., Putranto, D.A. dan Anwar, S.U.A.A., 2018. The Role of Modification SBA-15 Mesoporous Silica with CPTMS in Cd Adsorptions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 299, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
- [44] Cortez, J.S.A., Kharisov, B.I., Quezada, T.E.S. dan García, T.C.H., 2017. Micro-and nanoporous materials capable of absorbing solvents and oils reversibly: the state of the art. *Petroleum Science*, 14, pp.84-104.
- [45] Cho, Y.K., Park, E.J. dan Kim, Y.D., 2014. Removal of oil by gelation using hydrophobic silica nanoparticles. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(4), pp.1231-1235.

- [46] Cortez, J.S.A., Kharisov, B.I., Quezada, T.E.S. dan García, T.C.H., 2017. Micro-and nanoporous materials capable of absorbing solvents and oils reversibly: the state of the art. *Petroleum Science*, 14, pp.84-104.
- [47] Cheng, C., Lu, D., Shen, B., Liu, Y., Lei, J., Wang, L., Zhang, J. dan Matsuoka, M., 2016. Mesoporous silica-based carbon dot/TiO₂ photocatalyst for efficient organic pollutant degradation. *Microporous and Mesoporous Materials*, 226, pp.79-87.
- [48] Liu, C., Lin, X., Li, Y., Xu, P., Li, M. dan Chen, F., 2016. Enhanced photocatalytic performance of mesoporous TiO₂ coated SBA-15 nanocomposites fabricated through a novel approach: supercritical deposition aided by liquid-crystal template. *Materials Research Bulletin*, 75, pp.25-34.
- [49] Lyu, Y., Liu, Y., Guo, Y., Tian, J. dan Chen, L., 2021. Managing water sustainability in textile industry through adaptive multiple stakeholder collaboration. *Water Research*, 205, p.117655.
- [50] Todkar, B.S., Deorukhkar, O.A. dan Deshmukh, S.M., 2016. Extraction of silica from rice husk. *Int J Eng Res Dev*, 12(3), pp.69-74.
- [51] Steven, S., Restiawaty, E., Pasyimi, P. dan Bindar, Y., 2021. An appropriate acid leaching sequence in rice husk ash extraction to enhance the produced green silica quality for sustainable industrial silica gel purpose. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 122, pp.51-57.
- [52] Karimullah, R., Elvia, R. dan Amir, H., 2018. Penentuan parameter adsorpsi silika sintetik dari cangkang kelapa sawit terhadap kandungan ammonium pada limbah cair tahu. *Alotrop*, 2(1).
- [53] Miratsi, L., Aprilianti, R., Hamrin, N., Febriani, Y. dan Afriani, F., 2021, December. Karakteristik Silika Abu Ampas Tebu Melalui Metode Sol-Gel. *Proceedings Of National Colloquium Research and Community Service* (Vol. 5, pp. 152-154).
- [54] Mota, T.L.R., Gomes, A.L.M., Palhares, H.G., Nunes, E.H.M. dan Houmard, M., 2019. Influence of the synthesis parameters on the

- mesoporous structure and adsorption behavior of silica xerogels fabricated by sol–gel technique. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 92, pp.681-694.
- [55] Morsi, R.E. dan Mohamed, R.S., 2018. Nanostructured mesoporous silica: influence of the preparation conditions on the physical-surface properties for efficient organic dye uptake. *Royal Society open science*, 5(3), p.172021.
- [56] Sonal, S. dan Mishra, B.K., 2021. Role of coagulation/flocculation technology for the treatment of dye wastewater: trend and future aspects. *Water pollution and management practices*, pp.303-331.

Ucapan Terima Kasih

Para hadirin sekalian yang saya hormati, sebelum menutup sesi pidato ilmiah ini, perkenankan saya untuk mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu saya, baik secara moral maupun materi, hingga saya bisa mencapai jabatan fungsional akademik tertinggi di universitas kita yang tercinta ini.

Terima kasih yang sangat mendalam saya haturkan kepada Pemerintah Republik Indonesia, yang telah mengangkat dan menetapkan saya menjadi Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia melalui Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, bapak Nadiem Anwar Makarim, B.A., M.B.A.

Ungkapan terima kasih saya sampaikan pula kepada Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Prof. Ir. Nizam, M.Sc., DIC., Ph.D., dan Direktur Sumber Daya Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Dr. Mohammad Sofwan Effendi, M.Ed. yang telah memproses dan menyetujui usulan pengangkatan saya sebagai Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia dari Rektor Universitas Indonesia.

Lanjutan terima kasih saya ucapkan kepada Ketua dan Sekretaris Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia, DR (HC) Noni Purnomo, B.Eng., M.B.A. dan Prof. Corina DS Riantoputra, M.Com., PhD., serta para anggota Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia.

Ungkapan terima kasih kepada Rektor Universitas Indonesia, Prof. Ari Kuncoro, S.E., M.A., Ph.D.; Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kemahasiswaan, Prof. Dr. rer. nat. Abdul Haris, M.Sc.; Wakil Rektor Bidang Keuangan dan Logistik: Ibu Vita Silvira, S.E., MBA.; Wakil Rektor Riset dan Inovasi, drg. Nurtami, Ph.D., Sp.OF(K).; Prof. Dr. Ir. Dedi Priadi, DEA. sebagai Wakil Rektor Bidang SDM dan Aset; Sekretaris Universitas, dr. Agustin Kusmayati, M.Sc., Ph.D.; dan para Direktur Universitas Indonesia periode 2019 – 2024, terima kasih atas pengusulan penetapan dan pengangkatan saya sebagai Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Terima kasih banyak kepada Rektor Universitas Indonesia periode 2014 – 2019, Prof. Dr. Ir. Muhammad Anis, M.Met. yang senantiasa memberikan dukungan, dorongan, serta arahnya kepada saya hingga saat ini menjadi Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Kepada Ketua Dewan Guru Besar Universitas Indonesia, Prof. Harkristuti Harkrisnowo, S.H., M.A., Ph.D.; Sekretaris Dewan Guru Besar Universitas Indonesia, Prof. Dr. drg. Indang Trihandini, M.Kes.; serta Koordinator, Wakil Koordinator, dan para Anggota Komite Pembinaan Kehidupan Akademik dan Integritas Moral Dewan Guru Besar Universitas Indonesia, terima kasih karena telah mengukuhkan saya dan menerima saya dalam lingkungan akademik Guru Besar Universitas Indonesia pada hari yang istimewa ini.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ketua Senat Akademik Universitas Indonesia, Prof. Nachrowi Djalal Nachrowi, M.Sc., M.Phil., Ph.D.; Sekretaris Senat Akademik Universitas Indonesia, Prof. Yudho Giri Sucahyo, Ph.D., CISA., CISM.; serta Anggota Senat Akademik Universitas yang telah menyetujui saya untuk menjadi Guru Besar Tetap Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Prof. Dr. Heri Hermansyah, S.T., M.Eng. IPU serta para Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia: Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.Eng., M.Sc. dan Prof. Ir. Mahmud Sudibandriyo, M.Sc., Ph.D., terima kasih karena selalu mendukung dan membantu saya dalam pemenuhan prasyarat pengusulan pengangkatan Guru Besar, hingga akhirnya pengukuhan saya sebagai Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Indonesia dapat terlaksana hari ini.

Kepada Ketua Dewan Guru Besar Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Prof. Ir. Yulianto Sulisty Nugroho, M.Sc., Ph.D., Prof. Dr. Ir. Riri Fitri Sari, M.Sc., M.Eng. dan Prof. Dr. Kemas Ridwan Kurniawan, ST., M.Sc., saya mengucapkan terima kasih atas pengusulan guru besar saya. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Manajer Sumber Daya Manusia dan Fasilitas, Dr. Ajib Setyo Arifin,

S.T., M.T.; Manajer Komunikasi Publik dan Administrasi Umum, Ibu Tikka Anggraeni, M.Si., Ibu Amidah Wahyuningsih, S.T., dan Ibu Narisa Eka Febryolla, A.Md. yang telah membantu proses pengusulan guru besar saya dan menyelenggarakan pengukuhan ini.

Teruntuk tim reviewer usulan guru besar, Prof. Dr. Ir. Muhammad Anis, M.Met., Prof. Dr. rer. nat. Triwikantoro, M.Sc. (ITS), dan Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia, M.Eng. yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk mempelajari karya-karya ilmiah saya, saya menghaturkan rasa hormat dan terima kasih yang sedalam-dalamnya.

Terima kasih banyak kepada Direktur Sumber Daya Manusia Universitas Indonesia, Prof. Dr.-Ing. Amalia Suzianti, S.T., M.Sc.; Kasubdit Administrasi dan Karir Fungsional Tertentu; Dra. Emilda S.; dan Kepala Administrasi Karir Dosen dan Fungsional Tertentu, bapak Agus Anang, S.Kom. M.T.I. yang senantiasa membantu pengusulan Guru Besar saya, hingga akhirnya saat ini saya bisa berdiri di podium ini.

Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Dr. Deni Ferdian, S.T., M.Sc. dan Dr. Ahmad Zakiyuddin, S.T., M.Eng., serta seluruh Guru Besar, dosen, dan tendik di lingkungan Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Indonesia, yang telah saya anggap sebagai rumah dan keluarga kedua bagi saya, saya menghaturkan terima kasih karena selalu membantu, membimbing, serta mendukung saya selama perjalanan karir di Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Teruntuk Ketua Badan Kejuruan Material Persatuan Insinyur Indonesia, Dr. Ir. Jaka Fajar Fatriansyah, M.Sc., Ph.D., IPM, saya mengucapkan beribu terima kasih karena senantiasa dengan setia mendukung dan membantu saya dalam banyak hal di setiap perjalanan saya sebagai peneliti staf pengajar tetap di Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Terima kasih yang sangat tulus juga saya panjatkan kepada Kepala Unit dan Sekretaris Pendidikan dan Penelitian Interdisiplin Keteknikan, Prof. Dr. Ir. Widodo Wahyu Purwanto, DEA. dan Prof. Dr. Ir.

Akhmad Herman Yuwono, M.Phil.Eng., Ph.D., serta Direktur *Advanced Materials Research Center* (AMRC) Fakultas Teknik Universitas Indonesia, bapak Nofrijon Sofyan, Ph.D. yang senantiasa mendukung dan mewadahi pusat penelitian material maju di Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Tidak lupa pula saya sampaikan terima kasih kepada Direktur DISTP UI, bapak Ahmad Gamal, S.Ars., M.U.P., Ph.D., Direktur DRPM UI, bapak Munawar Khalil, S.Si., M.Eng.Sc., Ph.D., serta jajarannya. Mitra Penelitian PT. Inti Chem Selaras, bapak Fadli, PT. Inovasi Material Metalurgi, Ir. Mohamad Churiyanto, PT. Trimetal Indonesia, Ir. Lavanda Ibnu Syam yang telah mendukung hilirisasi paten lisensi bersama Universitas Indonesia.

Kepada Prof. Dr.-Ing. Bambang Suharno, Prof. Winarto, M.Sc., Ph.D., serta seluruh teman seangkatan dan seperjuangan saya Metalurgi'82, terima kasih atas segala dukungan dan motivasi yang tiada henti selama perjalanan karir saya.

Teruntuk dua orang yang sangat berjasa, Ayah dan Ibu tercinta, Dr. Ir. Mohamad Sudjadi, M.Agr., APU dan Dra. Hardati Hadikoesworo Almarhum, terima kasih sedalam-dalamnya atas kasih sayang, bimbingan, serta doa yang selalu dipanjatkan kepada saya. Ungkapan terima kasih saya sampaikan pula kepada Ayah dan Ibu mertua saya, bapak Abdoel Kobir Sasradipoera, M.A. Almarhum dan Ibu Tin Marjam yang telah mengizinkan untuk menikahi putrinya. ***Rabbighfiri Waliwalidayya Warhamhuma Kamaa Rabbayani Saghira.***

Untuk istri saya tercinta, Ir. Kanya Satyani, M.PP., teman hidup selamanya, terima kasih atas segala suka duka dan kebersamaan mengarungi bahtera hidup yang selalu mendukung karir saya.

Anak-anak saya tercinta, Danny Putera Dhaneswara, B.A., S.Psi. dan Ditto Ramadhan Dhaneswara, BBusMan, M.I.B.; menantu saya, Trinanti Avina, S.Ak.; cucu saya tersayang, Kianna Vedani Dhaneswara; adik saya tercinta, Faye Septevia Dhaneswari; keponakan saya, dr. Dhiya Ashadi; adik ipar saya, Dr-Ing. Henki Ashadi; kakak ipar saya, Ir. Dody Satyajid, Dra. Wiwin, Ir. Winya, Ir. Erry Syahrial, Ir. Edwin Satyawan, Dra. Rika Amalia,

S.Ak; serta seluruh anggota keluarga yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Terima kasih atas segala curahan kasih sayang dan doa yang tidak pernah putus, atas dukungan dan bantuan baik secara moral dan materi, dan atas kebersamaannya dalam setiap lika-liku dan pasang surut perjalanan kehidupan saya.

Sebelum saya menutup pidato ini, tidak henti-hentinya saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kerabat, keluarga, sahabat, rekan, dan para hadirin yang telah meluangkan waktunya untuk hadir di sini, di upacara pengukuhan Guru Besar hari ini.

Izinkan saya untuk meminta maaf apabila ada nama-nama yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu dan jika ada kekurangan atau kekeliruan dalam pidato pengukuhan ini. Pengetahuan penulis hanyalah sebutir pasir dalam gurun yang sangat luas. Ilmu pengetahuan yang sempurna hanyalah milik Allah Subhanahu wa ta'ala. Untuk itu, mari kita memohon hanya kepada Allah, ***La khaula wala kuwwata illa billahil'alyil'adhim***. Akhir kata, semoga kita semua selalu dalam lindungan Tuhan Yang Maha Kuasa dan semoga Allah membalas segala budi baik Bapak dan Ibu hadirin sekalian dengan balasan yang berkali-kali lipat.

Wabillahi taufiq wal hidayah,

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama Lengkap : Donanta Dhaneswara

NIP/NUP : 196403261991031008

Pangkat/Golongan : Pembina Tk. I / IVb

Jabatan : Guru Besar

Tempat/Tanggal Lahir : Bogor, 26 Maret 1964

Jenis Kelamin : Laki-laki

Agama : Islam

Nama Istri : Ir. Kanya Satyani, M.PP.

Nama Anak : 1. Danny Putera Dhaneswara, B.A., S.Psi.
2. Ditto Ramadhan Dhaneswara, BBusMan, M.I.B.

Nama Menantu : Trinanti Avina, S.Ak.

Nama Cucu : Kianna Vedani Dhaneswara

Orang Tua : Dr. Ir. Mohamad Sudjadi, M.Agr., APU (Alm)
Dra. Hardati Hadikoesworo (Almh)

Pendidikan Formal

Tahun	Keterangan
2023	Program Profesi Insinyur Institut Teknologi Indonesia
2002 – 2006	S3 Doktor Materials Science FMIPA UI
1992 – 1995	S2 Magister Materials Science FMIPA UI
1982 – 1989	S1 Sarjana Teknik Metalurgi FT UI

Pendidikan Non Formal

Tahun	Keterangan
2021	Pelatihan Pembelajaran Aktif Perguruan Tinggi (PAPT), Universitas Indonesia
2021	Pelatihan Pengembangan Modul Pembelajaran dan Modul Nusantara, Universitas Padjadjaran
2021	Pelatihan Penyusunan Buku Rancangan Pengajaran (BRP) Daring dan Bauran, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
2019	Pelatihan TOT Manajemen Inovasi, Lembaga Management Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Indonesia
2017	Pelatihan Dosen Konselor Dalam Penanganan Mahasiswa, Universitas Indonesia
2016	Pelatihan Fasilitator MPKT-A dan MPKT-B, Direktorat Pendidikan, Universitas Indonesia
2012	Pelatihan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah (LKPP)
2011	Pelatihan Layanan Pengadaan Secara Elektronik (LPSE)

Riwayat Pekerjaan/Jabatan

Tahun	Keterangan
1991 – sekarang	Staf Pengajar Tetap Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia
2016 – sekarang	Kepala Laboratorium Metalurgi Proses
2020 – sekarang	Anggota Tim Pusat Riset Material Maju Fakultas Teknik Universitas Indonesia
2020 – sekarang	Tim Perumus Mata Kuliah Pengembangan Kepribadian Terintegrasi (MPKT)
2006 – 2012	Direktur Umum dan Fasilitas Universitas Indonesia
2003 – 2006	Kepala Unit Pelaksana Teknis Pembinaan Lingkungan Kampus (UPT PLK) Universitas Indonesia
2000 – 2003	Kepala Asrama Mahasiswa Universitas Indonesia

Penghargaan Satyalancana

Tahun	Keterangan
2023	Satyalancana Karya Satya XXX tahun, Keppres RI No. 18/TK/2023
2022	Satyalancana Dharma Makara XXV, SK Dekan FT UI
2014	Satyalancana Karya Satya XX tahun, Keppres RI No. 17/TK/2014
2006	Satyalancana Karya Satya X tahun, Keppres RI No. 020/TK/2006

Penghargaan Lainnya

Tahun	Keterangan
2023	Penghargaan Karya Inovasi (Paten Lisensi) Rektor Universitas Indonesia
2022	Penghargaan Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia Inventor Utama DEGASTAB
2017	<i>Best Paper Award 3rd International Conference on Materials and Metallurgical Engineering and Technology (ICOMMET)</i>
2016	DIIB Award Kategori Kekayaan Intelektual – Paten Terdaftar, Direktorat Inovasi dan Inkubasi Bisnis Universitas Indonesia.

Riwayat Mengajar:

Program Sarjana : Teknologi Keramik, Teknologi Nano, Material Cerdas, Technopreneurship, Mata Kuliah Pengembangan Kepribadian Terintegrasi (MPKT), Pengetahuan Bahan.

Program Pascasarjana : Teknologi Nano, Teknik Material Terpadu, Teknik Sistem Integritas, Teknik Mekanikal dan Perpipaan, Perawatan Bawah Air.

Buku:

1. Teknik Penggunaan Tablet Degasser Dalam Peleburan Aluminium, ISBN: 978-979-456-845-3, Jakarta, UI Publishing, 2019.
2. Teknik pengolahan limbah tongkol jagung dan sekam padi menjadi silika (SiO_2) dengan menggunakan metode refluks alkali, ISBN: 978-979-456-846-0, Jakarta, UI Publishing, 2019.

Paten Lisensi:

1. Alat Pengukur Inklusi Dan Fluiditas (APIF) Yang Menggunakan Keramik Berpori Sebagai Filter Pada Pengecoran Aluminium Paduan. (2023). Paten terdaftar No.: **P00202215235**.
2. Produk Alfluks NF11 Sebagai Fluks Penutup Alumunium Cair dan Gas Hidrogen Atmosfer Dengan Bahan Utama Natrium Sulfat dan Natrium Klorida Untuk Proses Peleburan Paduan Aluminium. (2021). Paten terdaftar No.: **P00202106937**.
3. Produk Alfluks NF 15 Sebagai Fluks Pemisah Aluminium Cair dan Oksida Dengan Bahan Utama Natrium Sulfat Untuk Proses Peleburan Paduan Aluminium. (2021). Paten terdaftar No.: **P00202106944**.
4. Produk Alfluks NF16 Sebagai Fluks Pembersih Inklusi Oksida Untuk Aluminium Cair Dengan Bahan Utama Natrium Sulfat dan Natrium Klorida Untuk Proses Peleburan Paduan Aluminium. (2021). Paten terdaftar No.: **P00202106945**.
5. Produk Alfluks NF20 Sebagai Fluks Pembersih Dinding Dapur Peleburan Aluminium Dengan Bahan Utama Natrium Fluorida Untuk Proses Peleburan Paduan Aluminium. (2021). Paten terdaftar No.: **P00202106946**.
6. Proses Pembuatan Tablet Degasser Dengan Unsur Utama Sodium Flouride. (2018). Nomor paten: **S00201808353**.

Paten:

1. Produk Babelcat Sebagai Katalis *Catalytic Hydrocracking* Fraksi Berat Minyak Bumi Dengan Bahan Dasar Kaolin Alam Badau Belitung. (2022). Paten terdaftar No.: **P00202212824**.
2. Produk *Ceramic Mullite* Sebagai *Holder Filter Ceramic* Untuk Penyaring Inklusi Pada Pengecoran Aluminium Sekunder. (2022). Paten terdaftar No.: **S00202212823**.
3. Pembuatan Anatase TiO₂ (*Battery Grade Spesification*) Dari Prekursor TiOSO₄ Hasil Ekstraksi Bijih Ilmenit Menggunakan

Metode Sol-Gel Dengan Penambahan Skrap Besi. (2022). Paten terdaftar No.: **P00202215254**.

4. Sistem Pengecoran Vertikal Berbasis Saluran Tuang Untuk Pembuatan Plat Besi Nodular Yang Bermatriks Perlitis. (2020). Nomor paten: **IDP000070457**.
5. Ekstraksi Silika Amorf Mesopori Dari Sekam Padi Menggunakan Metode Ekstraksi Refluks Dengan Natrium Hidroksida dan Pengasaman Dengan Asam Asetat. (2020). Nomor paten: **IDS000002793**.

Riwayat Jabatan:

Jabatan	Mulai Jabatan	Masa Jabatan
Guru Besar	1 Juni 2023	-
Lektor Kepala	1 Juli 2005	17 Tahun 11 Bulan
Lektor	1 Januari 2001	4 Tahun 6 Bulan
Asisten Ahli	1 April 1996	4 Tahun 9 Bulan
Pengajar	1 Maret 1991	5 Tahun 1 Bulan

Organisasi Profesi:

Tahun	Keterangan
2020 – sekarang	Badan Kejuruan Material, Persatuan Insinyur Indonesia
2007 – sekarang	Masyarakat Nano Indonesia

Reviewer Jurnal:

1. International Journal of Cast Metals Research.
2. International Journal of Chemistry, Universitas Gajah Mada.
3. Journal of Materials Exploration and Findings, Universitas Indonesia.

Pengabdian Masyarakat/Tenaga Ahli:

1. Tenaga Ahli Penanggulangan Cacat Pengecoran Besi Tuang Kelabu Dengan Menggunakan Dapur Tukik, Dinas Perindustrian, Perdagangan, Koperasi, Usaha Kecil dan Menengah Provinsi Riau (2022).
2. Tenaga Ahli Penggunaan Coating Pada Cetakan Dalam Upaya Mengurangi Cacat Pengecoran Aluminium Untuk Komponen Perabot Rumah Tangga, Dinas Perindustrian dan ESDM, Kabupaten Sukabumi (2022).
3. Tenaga Ahli Perbaikan Kualitas Pengecoran Logam di Desa Kebasen, Kecamatan Talang, Kabupaten Tegal (2021).
4. Tenaga Ahli Penanggulangan Cacat Pengecoran Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Komponen Alat Kesehatan di Kelurahan Nagrak, Kecamatan Cisaat, Sukabumi, Jawa Barat, DRPM UI (2021).
5. Tenaga Ahli Pengukuran Faktor Higiene dan Tindak Lanjut Rekomendasi Pengukuran Higiene Faktor, PLN UID Jaya, Pusat Kajian dan Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia (2021).
6. Tenaga Ahli Pendampingan bagi IKM Komponen Alat Kesehatan, Direktorat Jenderal Industri Kecil, Menengah dan Aneka (Ditjen IKMA), Kementerian Perindustrian, Sukabumi, Jawa Barat (2020).
7. Tenaga Ahli Pemanfaatan Tablet *Degasser* sebagai Upaya Peningkatan Hasil Produksi Coran Aluminium Sentra Pengecoran Logam di Kelurahan Cibatu, Kecamatan Cisaat, Sukabumi, Jawa Barat, DRPM UI (2019).

Pengalaman Riset:

1. Pemanfaatan Silika Mesopori Biomassa Berbasis Sekam Padi dan Tongkol Jagung dengan Cetakan Organik P123 dan CTAB Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru dan Metilen Jingga pada Limbah Tekstil, Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi, Kemenristekdikti (2023).
2. Pengembangan Purwarupa Keramik *Anorthite* Sebagai Filter Inklusi Oksida Pada Proses Penuangan Aluminium Paduan, Hibah Riset P5, DISTP Universitas Indonesia (2023).
3. Pengembangan Mineral Zirkonia Coating sebagai Material *Coating* dalam Proses *Die Casting*, Hibah Penelitian Kedaireka *Matching Fund Batch-2*, Kemenristekdikti (2023).
4. Katalis Zeolit ZSM-5 Berbahan Dasar Kaolin Badau Belitung Tanpa Cetakan Organik sebagai Katalis Katalitik *Hydrocracking* Fraksi Berat Minyak Bumi, Hibah PUTI Q2, DRPM Universitas Indonesia (2023).
5. Sintesis Zeolit ZSM-5 Berbasis Kaolin Alam Belitung Sebagai Penyangga Katalis Residual *Hydrotreating* Minyak Bumi, Hibah Penelitian Program Pascasarjana, Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, dan Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (2022).
6. Pengembangan Purwarupa Mesin Pengukur Inklusi dan Fluiditas (APIF) yang menggunakan keramik mulite berpori sebagai *filter*, Hibah Penelitian Program Kedaireka *Matching Fund Batch-2*, Kemenristekdikti (2022).
7. Produk Zirconia *Coating* Untuk Cetakan Aluminium Tuang, Hibah Penelitian P5, DISTP Universitas Indonesia (2021).
8. Produk *Drossing* Fluks untuk *Recovery* Aluminium pada Proses Daur Ulang Peleburan Aluminium Paduan, Hibah Penelitian Tahun Jamak, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (2021).
9. Pabrikasi Fluks Pembersih Inklusi Oksida Dalam Daur Ulang Peleburan Aluminium, Hibah Penelitian PTUPT, Direktorat

- Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (2021).
10. Produk Sodium Fluks Untuk Peleburan Aluminium, Hibah Penelitian P5, DISTP Universitas Indonesia (2020).
 11. Pengaruh Kalsinasi terhadap Impregnasi Nikel dan Molybdenum pada Katalis ZSM-5 Untuk *Catalytic Hydrotreating* Minyak Bumi, Hibah PUTI Q2, DRPM Universitas Indonesia (2020).
 12. Pemanfaatan Silika Hasil Ekstrasi Tongkol Jagung Menjadi Material Mesopori SBA-15 Untuk Aplikasi Remediasi Limbah Cair, Hibah PUTI Q2, DRPM Universitas Indonesia (2020).
 13. Kajian Remediasi Sumber Daya Air yang Tercemar Logam Berat Menggunakan Mesopori Silika berbasis Abu Sekam Padi dan Ampas Jagung, Hibah Penelitian PTUPT, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (2020).
 14. Optimalisasi material alumina dan *talc* sebagai *filler* sebagian refraktori *coating* berbahan dasar *zircon silicate* untuk aplikasi pengecoran aluminum, Hibah Penelitian PTUPT, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (2020).
 15. Produk Tablet *Degasser* Untuk Peleburan Aluminium, Hibah Penelitian Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional (2019).
 16. Karakterisasi Sifat Oksidasi Inconel 625 *Superalloy* NiCrAlY *Bond Coat* yang Dihasilkan melalui Metode *Selective Laser Melting* dan *Air Plasma Spray*, Hibah PITTA, DRPM Universitas Indonesia (2019).
 17. Sintesis dan Analisis Zeolit Alam sebagai Penyangga Katalis Bifungsional pada Proses *Catalytic Hydrotreating* Minyak Bumi, Hibah PITTA, DRPM Universitas Indonesia (2019).
 18. Studi Pengaruh Substitusi Parsial Berbagai *Filler* pada *Refractory Coating* Berbasis Zirkon Silikat untuk Aplikasi Pengecoran Aluminium ADC 12, Hibah PITTA, DRPM Universitas Indonesia (2019).

Konferensi Internasional/Nasional:

1. Pembicara Seminar NANO Session “*Nanofabrication: From concept to commercialization*” Tahun 2023, NANO Research Society FT UI.
2. Pembicara Seminar BK Material PII “*Mesoporous Materials Technology and Applications*” Tahun 2022, Badan Kejuruan Material Persatuan Insinyur Indonesia.
3. Pembicara Seminar NANO Session “*Smart Materials in Nanoscience and Nanotechnology*” Tahun 2022, NANO Research Society FT UI.
4. Pemakalah di *The Second International Conference on Advances in Physical Sciences and Materials (ICAPSM)* Tahun 2021, KPR Institute of Engineering and Technology.
5. Pembicara di *The 7th International Conference on Theoretical and Applied Physics* Tahun 2017, Indonesian Physical Society (HFI).
6. Pemakalah di *International Conference on Chemistry and Material Science (IC2MS)* Tahun 2017, Universitas Brawijaya.
7. Session Chair di *The 15th International Conference on QiR (Quality in Research)* Tahun 2017, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
8. Pemakalah Seminar Nasional Metalurgi dan Material X 2017, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
9. Pembicara di *International Conference on Advanced Material for Better Future* Tahun 2016, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.
10. Pembicara di *3rd International Conference on Functional Materials Science* Tahun 2016, Bali, Indonesia.
11. Pemakalah Seminar Nasional Metalurgi dan Material VII Tahun 2015, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.

Publikasi:

1. Fatriansyah, J.F., Kustiyah, E., Surip, S.N., Federico, A., Pradana, A.F., Handayani, A.S., Jaafar, M. dan **Dhaneswara, D.**, 2023. Fine-tuning optimization of poly lactic acid impact strength with

- variation of plasticizer using simple supervised machine learning methods. *Express Polymer Letters*, 17(9).
2. Yuwono, A.H., Septiningrum, F., Nagaria, H., Sofyan, N., **Dhaneswara, D.**, Arini, T., Andriyah, L., Lalasari, L.H., Ardianto, Y.W. dan Pawan, R.W., 2023. The hydrothermal synthesis of SNO₂ nanoparticles derived from tin chloride precursor for the electron transport layer of perovskite solar cells. *EUREKA: Physics and Engineering*, (4), pp.189-198.
 3. Panthoko, N.E.C., Septiningrum, F., Yuwono, A.H., Nurhidayah, E., Maulana, F.A., Sofyan, N., **Dhaneswara, D.**, Lalasari, L.H., Arini, T., Andriyah, L. dan Firdiyono, F., 2023. Synthesis of Tin Oxide Nanocrystallites with Various Calcination Temperatures using Co-Precipitation Method with Local Tin Chloride Precursor. *Metalurgi*, 38(1), pp.9-18.
 4. Robby, A.F.R., Lalasari, L.H., Sofyan, N., **Dhaneswara, D.** dan Yuwono, A.H., 2023. A review on photocatalytic performance of TiO₂ nanotubes derived from hydrothermal process. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2538, No. 1). AIP Publishing.
 5. Alfarizi, A., Lalasari, L.H., Sofyan, N., **Dhaneswara, D.** dan Yuwono, A.H., 2023. Optical properties and photocatalytic performance analysis of titanium dioxide with various crystallite size. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2538, No. 1). AIP Publishing.
 6. Wijayati, A., Sofyan, N., Yuwono, A.H., **Dhaneswara, D.**, Syahrial, A.Z., Priyono, B. dan Subhan, A., 2023. Effect of ultrasonic pretreatment on electrochemical performance of LiFeO₂. 5MnO₂. 5PO₄/V/C composite in lithium-ion battery cathode. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2538, No. 1). AIP Publishing.
 7. Rahmatullah, M.Z., Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.**, Hadi, R., Ramadhan, B.A. dan Widyantoro, M.I., 2023. Observation of the effect of temperature and pressure on the hydrogen adsorption on graphite through molecular dynamics calculation. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2538, No. 1). AIP Publishing.
 8. Fauzi, A., Lalasari, L.H., Sofyan, N., Ferdiansyah, A., **Dhaneswara, D.** dan Yuwono, A.H., 2023. Study of TiO₂ nanotube crystal structure

- by rietveld analysis. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2538, No. 1). AIP Publishing.
9. Fatriansyah, J.F., Ramadhan, B.A., **Dhaneswara, D.**, Hadi, R., Rahmatullah, M.Z. dan Widyantoro, M.I., 2023. Molecular dynamics simulation of hydrogen adsorption on graphene oxide. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2538, No. 1). AIP Publishing.
 10. Damanik, F., Ferdian, D., Priadi, D. dan **Dhaneswara, D.**, 2023. Microstructural characterization of IN625-NiCrAlY bond coat system fabricated by additive manufacturing. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2538, No. 1). AIP Publishing.
 11. Fatriansyah, J.F., Suhariadi, I., Fauziyyah, H.A., Syukran, I.R., Hartoyo, F., **Dhaneswara, D.**, Lockman, Z., Fauzi, A. dan Rohman, M.S., 2023. Prediction and optimization of mechanical properties of Ni based and Fe–Ni based super alloys via neural network approach with alloying composition parameter. *Journal of Materials Research and Technology*, 24, pp.4168-4176.
 12. Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.**, Hanifa, M., Hartoyo, F., Pradana, A.F., Anis, M. dan Fauzi, A., 2023. Perancangan Program Pengestimasi Probabilitas Kegagalan Peralatan Penukar Panas Akibat Korosi Seragam Berbasis Deep Neural Network. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 8(3), pp.1827-1839.
 13. **Dhaneswara, D.**, Zulfikar, N., Fatriansyah, J.F., Mastuli, M.S. dan Suhariadi, I., 2023. Adsorption Capacity of Mesoporous SBA-15 Particles Synthesized from Corncobs and Rice Husk at Different CTAB/P123 Ratios and Their Application for Dyes Adsorbent. *Evergreen*, 1-(2), pp. 924-930.
 14. Hasanah, I.U., Priadi, D. dan **Dhaneswara, D.**, 2023. The Effect of Current Density and Hard Chrome Coating Duration on the Mechanical and Tribological Properties of AISI D2 Steel. *Journal of Materials Exploration and Findings (JMEF)*, 2(2), p.5.
 15. Sigiro, L.M., Maksum, A. dan **Dhaneswara, D.**, 2023. Utilization of Cellulose Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast (SCOBY) with Sweet Tea Media as Methylene Blue and Brilliant Green Biosorbent

- Material. *Journal of Materials Exploration and Findings (JMEF)*, 2(1), p.2.
16. Hadi, N., Helmi, M., Cathaputra, E., Priadi, D. dan **Dhaneswara, D.**, 2023. Freespan Analysis for Subsea Pipeline Integrity Management Strategy. *Journal of Materials Exploration and Findings (JMEF)*, 1(3), p.5.
 17. Sofyan, N., Heruwiyono, M., Yuwono, A.H. dan **Dhaneswara, D.**, 2022. Effect of Heating Temperature and Die Insert Draft Angle on the Flowability of Hot Forged SCM435 Steel. *Metalurgi*, 37(2), pp.57-64.
 18. Angellinnov, F., Krisnandi, Y.K., Rahayu, D.U. dan **Dhaneswara, D.**, 2022. Comparison of Xylene and Ethyl Acetate as Solvent in the Isolation of Levulinic Acid from Conversion Reaction of Cellulose Rice Husk using Hierarchical Mn₃O₄/ZSM-5 Catalyst. *International Journal of Technology*, 13(4), pp.880-889.
 19. Ulfiati, R., **Dhaneswara, D.**, Harjanto, S. dan Fatriansyah, J.F., 2022. Synthesis and Characterization ZSM-5 Based on Kaolin as a Catalyst for Catalytic Cracking of Heavy Distillate. *International Journal of Technology*, 13(4).
 20. Priyono, S., Sofyan, N., **Dhaneswara, D.**, Widayatno, W.B. dan Yuwono, A.H., 2022. pH effect upon sol-gel processing of titanium butoxide and lithium acetate precursors on the characteristics of Li₄Ti₅O₁₂ as an anode for lithium-ion batteries. *Bulletin of Materials Science*, 45(3), p.147.
 21. **Dhaneswara, D.**, Marito, H.S., Fatriansyah, J.F., Sofyan, N., Adhika, D.R. dan Suhariadi, I., 2022. Spherical SBA-16 particles synthesized from rice husk ash and corn cob ash for efficient organic dye adsorbent. *Journal of Cleaner Production*, 357, p.131974.
 22. Fauzi, A., Lalasari, L.H., Sofyan, N., Ferdiansyah, A., **Dhaneswara, D.** dan Yuwono, A.H., 2022. Synthesis of titanium dioxide nanotube derived from ilmenite mineral through posthydrothermal treatment and its photocatalytic performance. *astern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(12), p.116.

23. Fatmi, S.E., **Dhaneswara, D.**, Anis, M. dan Ashari, A., 2022. Investigation of The Effect of Corundum Layer on The Heat Transfer of SiC Slab. *Journal of Materials Exploration and Findings (JMEF)*, 1(2), p.1.
24. **Dhaneswara, D.**, Rindharto, H. dan Aqilafif, M.S., 2022. The Effect of Sample Placement in the Furnace during the Heat Treatment Process of 7075-T6 Aluminum Alloy on Microstructure, Hardness, and Electrical Conductivity. *Journal of Materials Exploration and Findings (JMEF)*, 1(1), p.5.
25. Fauzi, A., Lalasari, L.H., Sofyan, N., Ferdiansyah, A., **Dhaneswara, D.** dan Yuwono, A.H., 2022. Titanium dioxide nanosheets derived from Indonesian ilmenite mineral through post-hydrothermal process. *Evergreen*, 9(2), pp. 470-475.
26. Septiningrum, F., Sofyan, N., **Dhaneswara, D.**, Reddy, M.V. dan Yuwono, A.H., 2022. One-dimensional silver-titania nanocomposites as modification of photoanode for enhanced dye-sensitized solar cells—A review. *Materials Today: Proceedings*, 62, pp.3301-3305.
27. Al Hijri, H., Fatriansyah, J.F., Sofyan, N. dan **Dhaneswara, D.**, 2022. Potential Use of Corn Cob Waste as the Base Material of Silica Thin Films for Anti-Reflective Coatings. *Evergreen*, 9(1), pp. 102-108.
28. Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.**, Suhariadi, I., Widyantoro, M.I., Ramadhan, B.A., Rahmatullah, M.Z. dan Hadi, R., 2021. Simple molecular dynamics simulation of hydrogen adsorption on ZSM 5, graphite nanofiber, graphene oxide framework, and reduced graphene oxide. *Heliyon*, 7(12).
29. Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.**, Kuskendrianto, F.R., Abdurrahman, M.H., Yusuf, M.B. dan Abdillah, F.A., 2021. The effect of temperature and pressure on nitrogen adsorption in amorphous silica. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2070, No. 1, p. 012045). IOP Publishing.
30. Fauzi, A., Lalasari, L.H., Sofyan, N., **Dhaneswara, D.** dan Yuwono, A.H., 2020. Synthesis of titanium oxysulfate from ilmenite through

- hydrothermal, water leaching and sulfuric acid leaching routes. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2262, No. 1). AIP Publishing.
31. Liyana, G.R., Sofyan, N., **Dhaneswara, D.**, Subhan, A. dan Yuwono, A.H., 2020. Optoelectronic properties of ZnO nanorods thin films derived from chemical bath deposition with different growth times. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2262, No. 1). AIP Publishing.
 32. Rahmat, N.G., Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.** dan Kaban, A.P.S., 2020. Study of zeolite usage in thermal degradation process of polypropylene pyrolysis. *Materials Science Forum* (Vol. 1000, pp. 331-336). Trans Tech Publications Ltd.
 33. Ulfiati, R., **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F. dan Harjanto, S., 2020. The Effect of Calcination Temperature on Metakaolin Characteristic Synthesized from Badau Belitung Kaolin. *Key Engineering Materials*, 841, pp.312-316.
 34. Dwinanda, D.A., **Dhaneswara, D.** dan Shandiana, B., 2020. The Effect of Silica Fused Addition as Filler on Zircon Based Refractory Coating. *Materials Science Forum* (Vol. 988, pp. 23-29). Trans Tech Publications Ltd.
 35. Randhiko, A., Al Fauzan, J. dan **Dhaneswara, D.**, 2020. The effect of Alumina Partial Substitution as Filler on Refractory Coating based on Zirconium Silicate for Aluminium Casting Applications. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 14(2), pp.129-136.
 36. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Haqoh, A.N. dan Wardana, A.K., 2020. The Comparative Study of Pure Mesoporous Silica from Corn Cobs Waste and CPTMS-Mesoporous Silica Adsorption of Zn Heavy Metal. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 14(2), pp.143-150.
 37. Malik, E.S., Octavia, M.R. dan **Dhaneswara, D.**, 2020. Study of Addition Kaolin as Partial Substitution Filler on Water Based Zircon Coating for Handling Die Soldering. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 14(2), pp.150-158.
 38. Fatriansyah, J.F., Khairunnisa, S.A., **Dhaneswara, D.**, Rahmatullah, M.Z. dan Ramadhan, B.A., 2020. The Effect of Acid Type in

- Mechanochemical Treatment of Rice Husk Ash for Concrete Application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 833, No. 1, p. 012066). IOP Publishing.
39. **Dhaneswara, D.**, Firmansyah, M.R., Prasetyo, Y. dan Ashari, A., 2020. Comparative study of degassing method by using NaF-NaNO₃-based tablet degasser, technical argon gas, and pure argon gas in aluminum casting. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2232, No. 1). AIP Publishing.
 40. **Dhaneswara, D.**, Yasfi, A.F.J. dan Randhiko, A., 2020. Study of effect partial substitution zirconium silicate and aluminum oxide filler as refractory filler for aluminum casting. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2232, No. 1). AIP Publishing.
 41. **Dhaneswara, D.**, Shandiana, B. dan Dwinanda, D.A., 2020. The effect of various talc composition on zircon based as refractory filler foundry coating for aluminum casting. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2232, No. 1). AIP Publishing.
 42. Ulfiati, R., Rozaq, F.M., **Dhaneswara, D.** dan Harjanto, S., 2020. Characterization of calcined Badau Belitung kaolin as potential raw materials of zeolite. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2232, No. 1). AIP Publishing.
 43. Abdurrahman, M.H., Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.**, Kuskendrianto, F.R. dan Yusuf, M.B., 2020. Modeling of Hydrogen Adsorption Phenomenon in Amorphous Silica Using Molecular Dynamics Method. *Indonesian Journal of Energy*, 3(1), pp.25-33.
 44. Madsuha, A.F., Wahab, M.S., Daelay, S., Rosa, E.S., **Dhaneswara, D.** dan Yuwono, A.H., 2020. Integration of Reduced Graphene Oxide in Platinum-Free Counter Electrode of Dye-Sensitized Solar Cell. *Materials Science Forum* (Vol. 1000, pp. 12-19). Trans Tech Publications Ltd.
 45. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Situmorang, F.W. dan Haqoh, A.N., 2020. Synthesis of amorphous silica from rice husk ash: comparing HCl and CH₃COOH acidification methods and various alkaline concentrations. *Synthesis*, 11(1), pp.200-208.

46. Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.**, Abdurrahman, M.H., Kuskendrianto, F.R. dan Yusuf, M.B., 2019. Modeling of nitrogen adsorption phenomena in amorphous silica using molecular dynamics method. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2169, No. 1). AIP Publishing.
47. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F. dan Firmansyah, M.R., 2019. Effect of addition of sodium chloride in sodium nitrate-sodium fluoride-based degasser in aluminum casting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 578, No. 1, p. 012066). IOP Publishing.
48. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F. dan Basa, A.R., 2019. A comparative study between the addition of NH₄Cl and KCl in NaNO₃ and NaF-based degassers in aluminum casting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 578, No. 1, p. 012065). IOP Publishing.
49. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Kusumawardhani, D.P. dan Khairunnisa, S.A., 2019. Synthesis of silica from rice husk as cement substitution for high strength concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 578, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
50. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Yusuf, M.B., Abdurrahman, M.H. dan Kuskendrianto, F.R., 2019. Study of Si Surface Adsorption Towards Hydrogen Molecule. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 547, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.
51. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Wardana, A.K., Haqoh, A.N. dan Khairunnisa, S.A., 2019. The Study of Thermal Decomposition of Rice Husk in Silica Production: The Effect of Hydrochloric Acid Leaching. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 547, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
52. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Hanandhira, N., Basa, A.R. dan Firmansyah, M.R., 2019. Effect of Sodium Nitrate-Sodium Fluoride Ratio as Degasser in Al-7Si-2Cu Casting Product. *IOP Conference*

- Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 547, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
53. Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.**, Khairunnisa, S.A. dan Kusumawardhani, D., 2019. The Effect of Adding Synthesis Silica from Rice Husk as Cement Substitution for High Strength Concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 547, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
54. Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.**, Abdurrahman, M.H., Kuskendrianto, F.R. dan Yusuf, M.B., 2019. Molecular Dynamics Simulation of Hydrogen Adsorption on Silica. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 478, No. 1, p. 012034). IOP Publishing.
55. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Firmansyah, M.R. dan Prasetyo, Y., 2019. Removal of Oxide Inclusions in Aluminium Scrap Casting Process with Sodium based Fluxes. *MATEC Web of Conferences* (Vol. 269, p. 07002). EDP Sciences.
56. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Ramadhan, R. dan Ashari, A., 2019. The effect of melting temperature aluminum metal casting using mixed degasser based sodium fluoride and sodium nitrate. *MATEC Web of Conferences* (Vol. 269, p. 07001). EDP Sciences.
57. Yuwono, A.H., Suhaimi, L., Sofyan, N., **Dhaneswara, D.**, Ramahdita, G., Sholehah, A. dan Hudaya, C., 2018. Nanostructural growth investigation of ZnO nanorods derived from chemical bath deposition for transparent heater application. *International Journal of Technology*, 9(6), pp.1216-1224.
58. Zulfia, A., Putro, E.C., Wahyudi, M., **Dhaneswara, D.** dan Utomo, B.W., 2018. Fabrication and characteristics of ADC-12 reinforced nano-SiC and nano-Al₂O₃ composites through stir casting route. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 432, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
59. Basa, A.R., **Dhaneswara, D.** dan Fatriansyah, J.F., 2018. A Comparative Study Between the Addition of NH₄Cl and KCl in NaNO₃ and NaF-based Degassers in Aluminum Casting. *3rd*

International Conference On Advanced Material For Better Future 2018 (3rd ICAMBF 2018).

60. Fatriansyah, J.F., Situmorang, F.W. dan **Dhaneswara, D.**, 2018. Ekstraksi silika dari sekam padi: metode refluks dengan NaOH dan pengendapan menggunakan asam kuat (HCl) dan asam lemah (CH₃COOH). *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau ke* (Vol. 3, No. 2018).
61. Sulamet-Ariobimo, R.D., Gemilang, Y., **Dhaneswara, D.**, Soedarsono, J.W. dan Suharno, B., 2018. Casting design modification to improve casting yield in producing thin wall ductile iron plate. *Materials Science Forum* (Vol. 929, pp. 10-17). Trans Tech Publications Ltd.
62. **Dhaneswara, D.**, Andani, L.N., Sofyan, N. dan Zulfia, A., 2018. Mechanical Properties of Nano SiC-Reinforced Aluminum A356 Fabricated by Stir Casting Method. In *Materials Science Forum* (Vol. 929, pp. 86-92). Trans Tech Publications Ltd.
63. Zulfia, A., Salshabia, N., **Dhaneswara, D.** dan Wahyu, B., 1964. The effect of nano-SiC on characteristics of ADC12/nano-SiC composite with Sr and TiB addition produced by stir casting process. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 20024, No. 2018).
64. Syahrial, A.Z., Puspita, L.P., **Dhaneswara, D.** dan Utomo, B.W., 2018. Effect of Sr addition on the microstructure and mechanical properties of ADC12/nano Al₂O₃ composites produced by stir casting method. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1964, No. 1). AIP Publishing.
65. **Dhaneswara, D.**, Agustina, A.S., Adhy, P.D., Delayori, F. dan Fatriansyah, J.F., 2018. The Effect of Pluronic 123 Surfactant concentration on The N₂ Adsorption Capacity of Mesoporous Silica SBA-15: Dubinin-Astakhov Adsorption Isotherm Analysis. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1011, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
66. **Dhaneswara, D.**, Suharno, B., Ariobimo, R.D.S., Sambodo, D.B. dan Fatriansyah, J.F., 2018. Effect of coating layer of sand casting mold

- in thin-walled ductile iron casting: reducing the skin effect formation. *International Journal of Metalcasting*, 12, pp.362-369.
67. **Dhaneswara, D.**, Zulfia, A., Pramudita, T.P., Ferdian, D. dan Utomo, B.W., 2018. Effect of Al-TiB Addition on the Mechanical Properties and Microstructure of Al-ADC12/NanoSiC Produced by Stir Casting Methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 333, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.
68. Zulfia, A., Ferdian, D., Utomo, B.W. dan **Dhaneswara, D.**, 2018. Characteristics of ADC12/nano Al₂O₃composites with Addition of Ti Produced By Stir Casting Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 333, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.
69. **Dhaneswara, D.**, Putranto, D.A., Bachtiar, M. dan Fatriansyah, J.F., 2018. Selective Adsorption of CPTMS-SBA-15 towards Zinc and Cadmium for Liquid Waste Remediation. *E3S Web of Conferences* (Vol. 65, p. 05008). EDP Sciences.
70. Fatriansyah, J.F., **Dhaneswara, D.**, Situmorang, F.W., Brahmarsi, A., Delayori, F., Siti, U.A. dan Kusumawardhani, D.P., 2018. The Comparative Study of Pure Mesoporous Silica SBA-15 and CPTMS-SBA-15 Adsorption of Pb Heavy Metal. *E3S Web of Conferences* (Vol. 65, p. 05016). EDP Sciences.
71. **Dhaneswara, D.**, Delayori, F., Utami, S., Kuskendrianto, F.R., Abdurrahman, M.H. dan Fatriansyah, J.F., 2018. The Adsorption of Copper by SBA-15-CPTMS Mesoporous for Water Remediation. *E3S Web of Conferences* (Vol. 65, p. 05007). EDP Sciences.
72. Zulfia, A., Ramdaniawati, D. dan **Dhaneswara, D.**, 2018. The role of Al₂O₃ nanoparticles addition on characteristic of Al6061 composite produced by stir casting process. *International Journal of Materials Science and Engineering*, 6(2), pp.39-47.
73. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Mahagnyana, A.B., Delayori, F., Putranto, D.A. dan Anwar, S.U.A.A., 2018. The Role of Modification SBA-15 Mesoporous Silica with CPTMS in Cd Adsorptions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 299, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.

74. **Dhaneswara, D.**, Fatriansyah, J.F., Putranto, D.A., Utami, S.A.A. dan Delayori, F., 2018. The structure heterogeneity of silica mesopores of Sba-15 in respect to the pluronic 123 template concentration. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 285, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
75. **Dhaneswara, D.**, Verdiyanto, R.N. dan Syahrrial, A.Z., 2017. The mechanical properties of Al₂O₃-reinforced aluminum A356 with grain refiner Al-5Ti-1B fabricated using the stir casting method. *International Journal of Technology*, 8(8), pp.1489-1497.
76. Sofyan, N., Sany, F.N., Yuwono, A.H. dan **Dhaneswara, D.**, 2017. Characteristics of Mixed Polyvinyl Alcohol and Chitosan Obtained from Shrimp Shells and Squid Pens for Electromagnetic Wave Absorber. *Int. J. Eng. Technol.(IJET)*, 9, pp.2581-2586.
77. Zulfia, A., Zhakiah, T. dan **Dhaneswara, D.**, 2017. Characteristics of Al-Si-Mg reinforced SiC composites produced by stir casting route. *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 202, No. 1, p. 012089). IOP Publishing.
78. **Dhaneswara, D.**, Suharno, B., Aprilio, A., Ariobimo, R.D.S. dan Sofyan, N., 2017. Effect of Mould Coating on Skin Formation and Nodule Characteristics of Thin Wall Ductile Iron Casting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 196, No. 1, p. 012045). IOP Publishing.
79. **Dhaneswara, D.**, Suharno, B., Nugroho, J.A., Ariobimo, R.D.S. dan Sofyan, N., 2017. Characteristic of skin formation using zircon-and graphite-coated mold in thin wall ductile iron fabrication. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1823, No. 1). AIP Publishing.
80. **Dhaneswara, D.**, Suharno, B., Nugraha, N.D., Ariobimo, R.D.S. dan Sofyan, N., 2017. Effects of ceramic fibre insulation thickness on skin formation and nodule characteristics of thin wall ductile iron casting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 176, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
81. **Dhaneswara, D.**, Syahrrial, A.Z. dan Ayman, M.T., 2017. Mechanical properties of nano SiC-reinforced aluminum A356 with Sr modifier

- fabricated by stir casting method. *Procedia engineering*, 216, pp.43-50.
82. **Dhaneswara, D.** dan Sofyan, N., 2016. Effect of Different Pluronic P123 Triblock Copolymer Surfactant Concentrations on SBA-15 Pore Formation. *International Journal of Technology*, 7(6).
83. Yuwono, A.H., Sholehah, A., Harjanto, S., **Dhaneswara, D.** dan Maulidiah, F., 2013. Optimizing the nanostructural characteristics of chemical bath deposition derived ZnO nanorods by post-hydrothermal treatments. *Advanced Materials Research*, 789, pp.132-137.
84. Yuwono, A.H., **Dhaneswara, D.**, Ferdiansyah, A. dan Rahman, A., 2011. Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna Berbasis Nanopartikel TiO₂ Hasil Proses Sol-Gel Dan Perlakuan Pasca-Hidrotermal. *Jurnal material dan energi indonesia*, 1(03), pp.127-140.
85. Yuwono, A.H., **Dhaneswara, D.**, Zhang, Y. dan Wang, J., 2009. Investigation into the nanostructural evolution of TiO₂-polymethyl methacrylate nanohybrids derived from the sol-gel technique. *Proceeding of the 11th International Conference on QiR (Quality in Research)* (pp. 799-806). Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.



*Potensi Limbah Biomassa Pertanian Sebagai
Material Keramik Fungsional Maju
(Turning Biowaste Into Mesoporous Silica)*

Advanced Materials Research Center FTUI

Setting & Percetakan Oleh: UI PUBLISHING

Komplek ILRC Gedung B Lt. 1 & 2
Perpustakaan Lama Universitas Indonesia,
Kampus UI, Depok, Jawa Barat - 16424

Jl. Salemba Raya No. 4, Jakarta Pusat - 10430
WA : 0818 436 500
E-mail: uipublishing@ui.ac.id

ISBN 978-623-333-581-2

