

**IMPLEMENTASI PENDEKATAN *ZERO WASTE*
DAN EKONOMI SIRKULAR PADA
PENGOLAHAN MINERAL KRITIS DAN
STRATEGIS UNTUK MEWUJUDKAN
PENGOLAHAN BAHAN MINERAL
BERKELANJUTAN**



**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru
Besar Bidang Ilmu Pengolahan Bahan
Mineral
Pada Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada
pada Tanggal 12 September 2023**

**oleh:
Prof. Himawan Tri Bayu Murti Petrus, S.T., M.E., D.Eng.**

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

*Assalamu 'alaikum waramahatullahi wabarakatuh, Syalom,
Om Swastiastu, Namu Buddhaya, Salam Kebajikan, dan
Selamat Pagi.*

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan kasih dan karuniaNya, juga berkat kesehatan yang telah diberikan, sehingga kita dapat berkumpul di Balai Senat yang agung ini, dalam kondisi damai dan bahagia. Dengan penuh kerendahan hati, ijin saya berdiri di hadapan hadirin yang terhormat di Balai Senat ini, untuk menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar di bidang Pengolahan Bahan Mineral dengan judul:

IMPLEMENTASI PENDEKATAN ZERO WASTE DAN EKONOMI SIRKULAR PADA PENGOLAHAN MINERAL KRITIS DAN STRATEGIS UNTUK

MEWUJUDKAN PENGOLAHAN BAHAN MINERAL BERKELANJUTAN

Hadirin yang saya hormati,

Pidato pengukuhan ini akan saya sampaikan dalam tiga bagian utama. Bagian pertama akan menguraikan arti penting mineral kritis dan strategis. Bagian kedua membahas arah dan prospek pengembangan pengolahan mineral kritis dan strategis di dunia dan di Indonesia. Pada bagian ketiga, saya akan menyampaikan potensi, tantangan, dan strategi pengolahan mineral berdasarkan aspek keberlanjutan melalui dua konsep *zero waste* dan ekonomi sirkular dalam pengolahan mineral kritis dan strategis.

Arti Penting Mineral Kritis dan Strategis

Sejak dimulainya revolusi industri pada abad ke-18, teknologi berkembang sangat cepat yang dapat memberikan kenyamanan dan kemudahan bagi kehidupan manusia sehingga meningkatkan harkat dan martabat, serta kesejahteraan bersama. Namun, perkembangan tersebut mengorbankan keberlanjutan alam akibat pencemaran dan perusakan yang terjadi. Salah satunya adalah perubahan iklim akibat peningkatan emisi gas rumah kaca.

Center for Disease Control and Prevention (CDC), lembaga di bawah naungan kementerian kesehatan Amerika Serikat memberikan beberapa contoh dampak perubahan iklim secara langsung dan tidak langsung terhadap kualitas hidup manusia [1], di antaranya polusi udara, perubahan ekologi vektor penyakit, peningkatan alergen, penurunan kualitas air, konflik sosial akibat degradasi lingkungan, dan cuaca ekstrem.

Hadirin yang saya muliakan,

Kesadaran pada dampak nyata perubahan iklim mulai dirasakan oleh komunitas masyarakat global, dengan aspek keberlanjutan menjadi salah satu fokus dalam perkembangan teknologi ke depan. Kebijakan *net zero emission* (NZE) atau emisi bersih nol pada tahun 2050 merupakan bentuk inisiatif bersama oleh negara anggota PBB, yang dibangun berdasarkan prinsip sebagai berikut [2]:

1. Pengurangan emisi melalui penggunaan teknologi berdasarkan biaya, kematangan teknologi, kebijakan publik, dan kondisi pasar masing-masing negara.
2. Partisipasi aktif semua negara untuk mencapai target emisi bersih nol global, melalui kerja sama efektif dan saling menguntungkan, dengan mengakui perbedaan kemampuan ekonomi dan teknologi.
3. Transisi energi secara sistematis ke sumber energi baru terbarukan (EBT) dengan memperhatikan keamanan rantai pasok energi dan menjaga kestabilan pasar.

Usaha untuk menjaga keberlanjutan alam dapat secara efektif dilakukan dengan mengidentifikasi sumber emisi dan potensi pengurangan yang dapat dilakukan. Berdasarkan data perkembangan emisi gas rumah kaca sejak 1990 hingga 2020, sektor industri, energi, dan transportasi menjadi sektor penyumbang emisi gas rumah kaca utama, dengan peningkatan paling pesat sebesar 50% selama 30 tahun terakhir [3]. Pada tahun 2020, sektor industri menyumbang sebesar 31%, sektor energi sebesar 28%, dan transportasi menyumbang sebanyak 16% dari emisi gas rumah kaca global [4].

Potensi disrupti teknologi pada sektor industri, energi, dan transportasi dapat terjadi melalui pemanfaatan sumber energi baru terbarukan dan optimasi infrastruktur terkait. Sebagai contoh, disrupti pada sektor transportasi melalui penggunaan kendaraan listrik memungkinkan peralihan ke sumber energi baru terbarukan secara masif pada sektor

transportasi, yang sebelumnya bergantung pada sektor minyak dan gas. Hal yang sama dapat ditemui pada sektor industri dengan penggunaan listrik dari sumber energi baru terbarukan. Beberapa upaya lain meliputi, peningkatan efisiensi produksi, penerapan teknologi alternatif ramah lingkungan, dan pemberian insentif pada produk-produk yang diproduksi melalui proses ramah lingkungan.

Sektor industri, energi, dan transportasi memiliki potensi terbesar dalam pengurangan emisi gas rumah kaca dengan potensi penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor energi mencapai 4,3 juta ton CO₂ dengan penerapan energi baru terbarukan, sektor transportasi 1,9 juta ton CO₂ dengan penerapan kendaraan listrik dan peningkatan efisiensi sektor transportasi, dan industri sebanyak 1,3 juta ton CO₂ dari efisiensi proses produksi [5].

Penerapan teknologi ramah lingkungan membutuhkan bahan baku mineral yang didefinisikan dalam klasifikasi **mineral kritis dan strategis**. Komisi Eropa menggolongkan beberapa jenis mineral kritis pada *Critical Raw Materials Act* dengan hasil penilaian terbaru pada tahun 2023 menggolongkan sebanyak 21 unsur strategis, dan 31 unsur dan 3 kelompok unsur (meliputi logam tanah jarang (LTJ) ringan dan berat dan golongan platina) sebagai unsur kritis [6]. Beberapa mineral kritis yang menjadi perhatian terutama mineral yang dibutuhkan untuk produksi baterai seperti litium, nikel, kobalt, mangan, grafit, dan silikon menjadi salah satu pokok bahasan dengan kemungkinan besar terjadi defisit suplai dalam 50 tahun ke depan [7]. Unsur lain yang cukup penting untuk diperhatikan, yakni logam tanah jarang (LTJ) seperti lantanum, serium, neodimium, praseodimium, skandium yang banyak digunakan sebagai aditif dan unsur penguat atau *enhancer* dalam peningkatan efisiensi dan kinerja teknologi hijau.

Sebagian besar unsur tersebut memiliki titik kritis yang rawan akan gangguan, baik gangguan secara politis, sosial,

ekonomi, dan geopolitik. Unsur grafit, silikon, mangan dan logam tanah jarang (LTJ) misalnya, rawan dari segi rantai pasokan akibat monopoli oleh Tiongkok. Sebagai gambaran, Tiongkok memegang 73% suplai grafit untuk baterai, 64% suplai silikon, 94% suplai mangan untuk baterai, dan 85% suplai logam tanah jarang (LTJ). Gesekan geopolitik antara Tiongkok dan negara barat dapat menyebabkan kekacauan rantai pasokan global, padahal mineral tersebut memiliki peran sangat penting dalam peralihan ke teknologi hijau. Posisi Indonesia sebagai blok netral dengan kekayaan mineral yang dimiliki dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pemain global untuk memenuhi rantai pasok mineral-mineral tersebut. Eksplorasi sumber primer dan sekunder mineral kritis dan strategis tersebut perlu menjadi perhatian, juga kemandirian pada tahapan hilirisasi untuk meningkatkan *added value* dari potensi mineral yang ada.

Prediksi kebutuhan mineral kritis untuk mencapai *net zero emission* (NZE) dibagi menjadi dua skenario, yaitu *stated policies scenario* (STEPS) berdasarkan komitmen yang dinyatakan oleh masing-masing negara, dan *sustainable development scenario* (SDS) berdasarkan perkembangan berkelanjutan yang bersifat keseluruhan. Perbedaan terletak pada berapa besar pangsa teknologi hijau dalam keseluruhan sistem produksi. Permintaan mineral kunci seperti litium diprediksi akan meningkat 12 kali lipat pada skenario STEPS, dan 50 kali lipat pada skenario SDS. Mineral grafit diprediksi meningkat hingga 8 kali lipat pada skenario STEPS, dan 25 kali lipat pada skenario SDS. Mineral kobalt dan nikel diprediksi meningkat hingga 6 kali lipat pada skenario STEPS, dan 20 kali lipat pada SDS. Hal ini membuka kesempatan bagi negara-negara pemilik sumber daya primer mineral tersebut, seperti halnya Indonesia dengan kekuatan sumber nikel dan kobalt pada deposit batuan laterit tertinggi di dunia sebesar 50% dari total deposit yang ada.

Arah dan Prospek Pengembangan Mineral Kritis Dan Strategis Di Indonesia Dan Dunia

Hadirin yang berbahagia,

Dalam kesempatan ini, penting kita ketahui arah dan perkembangan teknologi dalam kaitannya dengan target emisi *net zero emission*. Beberapa tren penting pada skala global, meliputi:

1. Peralihan energi fosil ke energi baru terbarukan dan aplikasi pada kehidupan masyarakat, seperti penggunaan kendaraan listrik dengan mineral kritis kunci seperti litium, kadmium, kobalt, nikel, grafit, dan silikon.
2. Perkembangan infrastruktur berkelanjutan dengan mineral kunci seperti besi, aluminium, tembaga, dan komposit.
3. Perkembangan teknologi komputasi seperti kecerdasan buatan, komputer kuantum, robotika dan otomasi produksi, dengan mineral kunci seperti logam tanah jarang, silikon, grafen, dan tembaga.

Penerapan teknologi hijau pada berbagai teknologi tersebut secara langsung akan meningkatkan permintaan mineral kritis dan strategis seiring dengan pertumbuhan populasi. Pengolahan bahan mineral memiliki peran penting untuk memenuhi perubahan rantai pasok global, sehingga penting untuk kita sadari agar perkembangan pada pengolahan mineral juga dilakukan berdasarkan aspek keberlanjutan.

Dampak lingkungan akibat pengolahan mineral seperti pembuangan *tailing*, emisi gas rumah kaca dari proses produksi dan pembangkitan energi, dan pengolahan limbah tidak dapat dihindari. Peningkatan efisiensi proses dan penggunaan limbah sesuai konsep *zero waste* menjadi fokus ke depan dalam perkembangan teknologi pengolahan mineral.

Indonesia memiliki posisi strategis sebagai aktor netral dalam dinamika geopolitik global, didukung kelimpahan

sumber daya mineral kritis dan strategis [8–12] yang penting dalam perkembangan teknologi hijau. Kemandirian dalam pengolahan bahan mineral yang dilakukan dengan memperhatikan aspek keberlanjutan menjadi tanggung jawab kita bersama dalam memajukan kesejahteraan bersama dan harkat martabat bangsa Indonesia. Inisiatif pemerintah melalui pelarangan ekspor bijih nikel melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 11 Tahun 2019 perlu diikuti dengan kemandirian rantai pasok dalam negeri dalam hal bahan mineral maupun unsur-unsur penting lainnya. Aspek nilai tambah industri yang dapat diberikan oleh hilirisasi industri dapat meningkatkan devisa negara dan mendorong perkembangan riset dan pengembangan di Indonesia.

Arah pengembangan tata kelola mineral kritis dan strategis di Indonesia sudah secara sistematis dituangkan dalam Grand Strategi Komoditas Mineral dan Batubara (GSKM): Arah Pengembangan Hulu Hilir Mineral Utama dan Batubara Menuju Indonesia Maju. Tata kelola ini disusun oleh Kementerian ESDM bekerja sama dengan tim ahli dari unsur pemerintah, peneliti, praktisi industri, dan unsur lain. Hal ini sebagai realisasi penta helix yang nantinya akan menjadi pelaksana dan pengawal kegiatan yang sudah direncanakan dengan baik di dalam GSKM ini. Beberapa mineral kritis yang menjadi fokus diantaranya, komoditas nikel-kobalt, besi, aluminium, timah, tembaga, emas-perak, timbal-seng, dolomit (magnesium), mangan, logam tanah jarang, zircon, kuarsa, dan kuarsit.

Pada laporan GSKM, terdapat perbandingan kebijakan-kebijakan yang dilakukan oleh beberapa negara maju dengan berbagai jenis hambatan baik pada rantai pasok, teknologi, ekonomi, maupun sosial yang dapat diterapkan di Indonesia. Sebagai contoh, Korea memiliki keterbatasan sumber mineral kritis tetapi memiliki teknologi terkait, sehingga memilih untuk melakukan investasi sumber daya alam dan perusahaan tambang pada negara pemilik sumber daya. Di sisi lain, potensi

kelangkaan sumber daya alam di Uni Eropa mendorong penerapan ekonomi sirkular, dengan melakukan eksplorasi dalam negeri sumber sekunder dan sumber mineral kritis dari daur ulang. Korea, Tiongkok, dan Jepang juga menjadikan kemandirian rantai pasok sebagai tujuan utama, dengan melakukan penelitian pengolahan dan eksplorasi, dan *stockpiling* sumber daya alam domestik. Rusia dengan keterbatasan riset dan pengembangan memilih untuk melakukan efisiensi dan modernisasi industri yang sudah ada.

Secara proaktif Pemerintah Indonesia sudah melakukan tindakan antisipatif terkait pengelolaan mineral kritis dan strategis dengan mengeluarkan peraturan pelarangan ekspor bijih mineral yang termaktub di dalam UU no 4 tahun 2009 yang diperbaharui dengan UU no 3 tahun 2020 terkait tata kelola mineral dan batubara. Rencana pengembangan pengolahan mineral kritis dan strategis menjadi prioritas pemerintah dan dituangkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah 2020-2024 dalam Perpres no 18 tahun 2020 di mana akan dibangun sebanyak 31 kawasan smelter di Indonesia. Sebanyak 21 kawasan dibangun untuk smelter nikel, dua kawasan smelter besi, lima kawasan smelter bauksit, satu kawasan smelter timbal, dan satu kawasan smelter tembaga yang direncanakan. Beberapa kawasan smelter sudah berkembang pesat di Halmahera, Morowali, Konawe, dan Kolaka dan sudah berkontribusi secara signifikan terhadap kapasitas pengolahan nikel Indonesia.

Dengan turut berperan aktif dalam pengembangan tata kelola mineral kritis dan strategis diharapkan Indonesia mampu meningkatkan produktifitas dan juga daya serap tenaga kerja yang di tahun mendatang akan menjadi tahapan krusial untuk menuju Indonesia Maju. Sebagai contoh salah satu komoditas di mana Indonesia memiliki potensi paling besar di dunia, nikel-kobalt, pengembangan diarahkan pada produk turunan nikel yang berorientasi pada produk material dan juga

batere untuk mendukung percepatan realisasi energi baru terbarukan.

Pengembangan komoditas yang dilakukan pada nikel-kobalt, diperkirakan dapat meningkatkan pendapatan negara lebih dari 300% dalam kurun waktu 2021-2045. Peningkatan pendapatan didorong oleh peningkatan produksi *nickel pig iron* (NPI) pada industri besi baja hingga 25 juta ton pada tahun 2025, dan peningkatan adopsi kendaraan listrik sebagai moda transportasi utama di masa mendatang. Meskipun demikian, prakiraan pendapatan pada skenario tersebut masih dapat meningkat secara signifikan, apabila hambatan pengolahan nikel dari *nickel pig iron* (NPI), dilanjutkan ferronikel, *matte*, hingga akhirnya menjadi baterai dapat dilakukan secara masif.

Peningkatan nilai tambah yang sangat signifikan hingga ke bahan prekursor baterai, dan juga hilirisasi hingga diperoleh baterai ion-litium memungkinkan peningkatan pendapatan yang jauh lebih besar. Oleh karena itu perlu dilakukan diversifikasi, insentif, dan hilirisasi sehingga mendorong Indonesia berperan aktif tidak sebagai pemilik sumber daya saja, melainkan memiliki kemampuan dan kemandirian untuk mengolah mineral-mineral kritis dan strategis sampai menjadi produk jadi.

Potensi, Tantangan, dan Strategi Penerapan *Zero Waste* dan Ekonomi Sirkular dalam Pengolahan Mineral Kritis dan Strategis yang Berkelanjutan

Hadirin yang saya hormati,

Potensi sumber daya mineral dan sumber daya manusia (SDM) yang melimpah perlu dikelola dengan baik untuk memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi bangsa Indonesia. Kontribusi sumber daya manusia (SDM) unggul dalam negeri dalam pengembangan teknologi ramah lingkungan perlu menjadi fokus, sehingga efisiensi pengolahan baik dari segi

proses, energi, sumber daya dapat dicapai. Semua titik produksi dari tahap penambangan, ekstraksi, pengolahan, dan pemulihan bahan mineral apabila dilakukan berlandaskan prinsip berkelanjutan maka dapat menjaga manfaat dan meminimalisir potensi dampak pencemaran yang dapat ditimbulkan.

Perlu kita pahami juga tantangan rantai pasok global beberapa mineral kritis dan strategis yang hingga saat ini masih sangat tergantung pada beberapa negara. Sebagai contoh mineral kritis logam tanah jarang, dengan lebih dari 60% sumber tambang, 80% hasil pengolahan, dan 100% kapasitas daur ulang berada di Tiongkok. Monopoli komoditas ini memunculkan kekhawatiran pada rantai pasok global, sehingga sulit untuk kita prediksi volatilitas suplai dan pasarnya.

Pada saat yang bersamaan, globalisasi dan interkoneksi yang terjadi pada rantai pasok industri modern memiliki kerawanan, apabila terjadi gangguan pada salah satu titik rantai pasok, maka berpotensi memberikan dampak yang saling berkaitan. Disrupsi pada rantai pasok dapat disebabkan dan menyebabkan dampak pada pengembangan teknologi mutakhir, kestabilan sosial politik, kondisi pasar, aspek geopolitik, dan faktor lain yang saling berkaitan. Sebagai gambaran, ketergantungan pada unsur kobalt dan logam tanah jarang dan dampak sosial serta lingkungan yang ditimbulkan dari penambangan unsur tersebut [13] mendorong pengembangan teknologi baterai untuk mengurangi penggunaan unsur tersebut. Hal ini akan berdampak pergeseran rantai pasok global, dan dampak lanjutan pada tingkat kesejahteraan, aspek sosial, dan kebijakan negara-negara terkait.

Substitusi unsur kritis ini memberikan peluang bagi negara-negara yang memiliki potensi signifikan, seperti pada pengembangan baterai *high-nickel* yang lebih banyak menggunakan nikel untuk mengurangi kebutuhan kobalt,

sehingga mendorong perkembangan nikel di Indonesia. Selain itu riset dan pengembangan secara terus menerus untuk bisa mengidentifikasi potensi disrupsi yang muncul terkait kebutuhan mineral kritis dan strategis sangat dibutuhkan, sehingga Indonesia tidak hanya menjadi *follower*, tetapi juga dapat menjadi ujung tombak perkembangan peradaban.

Hadirin yang saya muliakan,

Indonesia memiliki kekayaan dan berkah alam dalam bentuk mineral. Terdapat batuan laterit dengan jumlah besar di wilayah Sulawesi dengan potensi nikel dan kobalt, juga mangan, bauksit, timah yang melimpah dengan *grade* terbaik di dunia tersebar di wilayah Indonesia. Untuk itu diperlukan paradigma baru dalam pengelolaan bahan mineral yang didasarkan atas aspek keberlanjutan, yaitu konsepsi *zero waste* dan ekonomi sirkular. Konsep pertama, yakni *zero waste* adalah proses pengolahan dengan mengambil seluruh unsur berharga yang dapat diperoleh, dengan memanfaatkan sisa hasil pengolahan (SHP) dan sisa hasil pengolahan dan pemurnian (SHPP) untuk penggunaan lain. Konsep kedua, yakni ekonomi sirkular yang menitikberatkan pada pembentukan siklus pada suatu proses produksi. Dalam aplikasi konsep ekonomi sirkular, barang yang mencapai *end of life* atau barang habis pakai digunakan untuk keperluan lain selama dimungkinkan, dilanjutkan dengan proses ekstraktif untuk mengambil kembali unsur berharga apabila tidak terdapat alternatif penggunaan lain. Pada konsep ekonomi sirkular, limbah yang terbentuk diminimasi hingga tujuan akhir yaitu 100% siklus tertutup selama memungkinkan. Kedua konsep *zero waste* dan ekonomi sirkular berkaitan erat, dengan tujuan akhir pada pengolahan berkelanjutan dengan menggeser sumber produksi primer dari sumber alam ke hasil daur ulang, dan meminimasi limbah yang dihasilkan semaksimal mungkin. Hal ini menghasilkan kemandirian pada

rantai pasok domestik yang sangat kuat, sehingga dapat mengurangi dampak akibat ketidakstabilan rantai pasok global.

Salah satu penerapan dari kedua konsep tersebut dengan mengolah sumber mineral non-konvensional dari sisa hasil produksi (SHP), dan sisa hasil produksi dan pengolahan (SHPP). Sebagai contoh sisa hasil pengolahan mineral, baik *tailing* dari produksi konsentrat, maupun *slag* dari smelter, pengolahan pada mineral utamanya menyebabkan terjadi efek pengonsentrasian unsur-unsur *trace* lainnya. Dari segi proses, bisa saja dilakukan pengolahan yang lebih ekonomis dari segi biaya dan energi, akibat konsentrasi unsur-unsur tersebut lebih tinggi dibandingkan dari sumber primernya. Beberapa diantaranya adalah potensi pengolahan logam tanah jarang (LTJ) dari sisa hasil pengolahan (SHP) dan sisa hasil pengolahan dan pemurnian (SHPP) industri pengolahan bauksit (alumina), timah, dan laterit (nikel).

Untuk bisa memberikan kontribusi aktif dalam mewujudkan pengolahan bahan mineral kritis dan strategis yang berkelanjutan yang berbasis *zero waste* dan ekonomi sirkular, Pusat Studi Sumberdaya Bumi Non-Konvensional atau *Unconventional Geo-resources Research Group* (UGRG) dan *Green Battery and Electronic Waste Recycling Research Group* hadir di Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Tidak hanya mengelaborasi potensi pengolahan mineral kritis dan strategis dari sisa hasil pengolahan (SHP) dan sisa hasil pengolahan dan pemurnian (SHPP) dari sumber bijih primer saja, tetapi pengembangan pengolahan mineral kritis dan strategis dari sumber sekunder dan non-konvensional juga dikembangkan untuk mengoptimalkan dan mewujudkan keberlanjutan di pengolahan bahan mineral. Beberapa penelitian yang sudah dilakukan terkait dengan pemanfaatan sumber non-konvensional seperti *brine* geotermal dan abu pembakaran batubara menunjukkan peluang untuk memperoleh mineral kritis dan strategis dalam jumlah yang

cukup signifikan. Sebagai contoh *brine* geotermal di PLTP Dieng, terdapat potensi litium dengan konsentrasi berkisar 50 ppm [14], dan juga silika yang selama ini menjadi masalah pada operasional yang dapat diolah lebih lanjut menjadi silika nano bernilai tinggi [12,15]. Contoh lain yaitu abu terbang hasil pembakaran batubara (*fly ash*) yang dulu dianggap sebagai limbah saja, memiliki kandungan logam tanah jarang (LTJ) dalam kisaran 300-1000 ppm [16–18].

Potensi mineral kritis dan strategis dalam sumber non-konvensional ini menarik dikembangkan secara komprehensif dengan mengimplementasikan pendekatan *zero waste*. Berbasis pada potensi lokal yang dimiliki karena keberadaan mineral kritis dan strategis pada sumber non-konvensional sangat dipengaruhi oleh karakteristik geologi suatu daerah yang sangat *site specific*, dengan urutan proses yang didasarkan atas pertimbangan aspek *added value*, teknis, lingkungan, dan kebutuhan energi, maka tahapan awal pemanfaatan abu terbang hasil pembakaran batubara adalah pemungutan material *cenospheres*. *Cenospheres* adalah material aluminosilikat dengan bentuk bola yang memiliki densitas lebih kecil dari air, dengan fraksi massa umumnya sebanyak 0,3-1,5% dari total *fly ash*. Pemisahan *cenospheres* relatif mudah dilakukan, dengan prinsip pemisahan fisis [19,21,23] dan nilai produk yang cukup tinggi. Tahap selanjutnya yaitu ekstraksi unsur logam tanah jarang (LTJ) yang terkonsentrasi di dalam *fly ash* dengan proses hidrometalurgi dan pemisahan selektif. Sebagai residu akhirnya adalah senyawa aluminosilikat yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan material konstruksi berbasis *high volume fly ash* (HVFA) atau geopolimer [20] dan atau material untuk perbaikan kualitas tanah. Penerapan konsep *zero waste* pada kasus *fly ash* tersebut dapat mengeliminasi kuantitas abu pembakaran batubara dan memberikan *added value* bagi perusahaan, masyarakat dan keberlangsungan hidup alam yang lestari.

Hilirisasi konsep *zero waste* dan ekonomi sirkular yang menjadi pedoman di Pusat Studi Sumberdaya Bumi Non-Konvensional atau *Unconventional Geo-resources Research Group* (UGRG) telah dilakukan secara bertahap bersama sama dengan badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan PT. Geodipa Energi. Salah satu implementasi nyata adalah pembuatan skala prototipe unit pengolahan nano silika dari silika geotermal PLTP Geodipa Energi Dieng. Hal ini dilatarbelakangi kandungan silika pada *brine* geotermal yang menyebabkan masalah operasional akibat pengendapan yang terjadi pada system pemipaan. Salah satu solusi yakni dengan mengendapkan silika terlebih dahulu pada *pond* agar mengurangi potensi pengendapan di pipa. Muncul peluang untuk memanfaatkan potensi silika yang ada, dengan diolah menjadi produk dengan nilai tambah seperti nanosilika [25] dan aktivator padat geopolimer yang ramah lingkungan karena memiliki potensi untuk mengurangi emisi CO₂ eq sebesar 20-30% dibandingkan dengan penggunaan semen untuk keperluan material konstruksi [20,26]. Setelah pemisahan silika dari *brine* geotermal dapat tercapai, terdapat peluang untuk melakukan pengolahan unsur berharga seperti litium, kalium, dan boron. Beberapa penelitian terkait pemungutan litium, kalium, dan boron dari *brine* geotermal juga sudah dilakukan, seperti aplikasi teknologi membran dengan nanofiltrasi [27,28], elektrodialisis [29], dan *forward osmosis*. Proses pengambilan litium dengan menggunakan teknologi ion shieved adsorption juga sudah dilakukan [30]. Hasil yang didapatkan di skala laboratorium cukup menarik, namun masih harus dielaborasi lebih lanjut sesuai tahapan hilirisasi dengan meningkatkan skala dari prototipe sampai demo plant.

Beberapa penelitian lain yang sudah dilakukan terkait dengan pemanfaatan sumber non-konvensional diantaranya pemungutan litium dari lumpur sidoarjo [22], dan pemungutan ittrium (logam tanah jarang/LTJ) dari *tailing* pengolahan zircon [24]. Penelitian lain yang dilakukan oleh *Green Battery*

and Electronic Waste Recycling Research Group yakni, terkait pengolahan baterai bekas yang dikepalai oleh Bapak Ir. Indra Perdana, S.T., M.T., Ph.D., sebagai aksi nyata pengolahan mineral dengan prinsip keberlanjutan, dan aplikasi konsep ekonomi sirkular.

Aplikasi konsep *zero waste* dan ekonomi sirkular pada pengolahan bahan mineral yang berkelanjutan dapat mengurangi potensi pencemaran, memberikan *added value* pada rantai produksi, dan mengurangi ketergantungan mineral tertentu. Dengan demikian, maka pengolahan sisa hasil pengolahan (SHP), sisa hasil pengolahan dan pemurnian (SHPP), dan sumber non-konvensional tidak lagi menjadi beban keuangan perusahaan, akan tetapi bisa menjadi sumber daya mineral kritis dan strategis sesuai dengan potensi yang dimiliki. Oleh karena itu, upaya untuk menjaga keberlanjutan ini tidak hanya menjadi tugas salah satu pihak, melainkan menjadi tanggungjawab semua pemangku kepentingan yang terintegrasi dalam sinergi pentahelix, yaitu, pemerintah, industri, akademisi dan atau peneliti, masyarakat, dan media massa, masing-masing memiliki tanggung jawab untuk bersama-sama mewujudkan implementasi pengolahan bahan mineral yang berkelanjutan. Pendekatan ini bukan hanya soal menjaga lingkungan, tetapi juga membangun ekonomi yang lebih resilien dan berdaya saing.

Para hadirin yang saya hormati,

Pusat Studi Sumberdaya Bumi Non-Konvensional atau *Unconventional Geo-resources Research Group* (UGRG) yang berada di bawah Fakultas Teknik UGM didirikan pada tanggal 2 Januari 2019, melalui keputusan dari Dekan Fakultas Teknik UGM dengan nomor 106.P/H1.17/KP/2019. UGRG berfungsi sebagai wadah untuk melakukan penelitian lintas disiplin ilmu dalam rangka mempelajari sumberdaya bumi non-konvensional. Para peneliti yang tergabung dalam UGRG

berasal dari berbagai latar belakang disiplin ilmu yang saling melengkapi, dengan tujuan mewujudkan pengelolaan sumberdaya bumi yang berkelanjutan dan berorientasi pada keberlanjutan lingkungan.

UGRG membentuk tiga kelompok kerja utama, yakni komisi sumberdaya mineral, sumberdaya energi, dan lingkungan. Fokus penelitian yang dilakukan oleh UGRG meliputi seluruh proses, mulai dari eksplorasi, eksploitasi, hingga ekstraksi sumberdaya bumi non-konvensional. Dalam konteks energi, sumberdaya non-konvensional merujuk pada minyak dan gas yang diperoleh dari reservoir dengan permeabilitas rendah, seperti shale oil, shale gas, tight sand gas, coal bed methane, dan methane hydrate. Pada aspek sumberdaya mineral, istilah ini mengacu pada mineral-mineral tertentu yang belum banyak dieksploitasi serta teknik ekstraksi yang sesuai. Sedangkan di bidang lingkungan, istilah non-konvensional merujuk pada aspek keberlanjutan yang bertujuan untuk melindungi keseimbangan lingkungan.

UGRG memiliki peran penting dalam melakukan penelitian yang tidak hanya bermanfaat untuk pengembangan ilmu, tetapi juga dapat diaplikasikan secara langsung untuk kepentingan masyarakat. Selama berjalan, UGRG telah menjalin kerjasama yang solid dalam bidang penelitian dan pemberian kontribusi kepada masyarakat. Kerjasama tersebut terbentuk dengan berbagai mitra, termasuk lembaga penelitian, pemerintah, industri swasta dan BUMN, serta institusi pendidikan baik di dalam maupun luar negeri. Tim UGRG terbuka untuk berkolaborasi dalam berbagai bentuk kerjasama demi memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat, bangsa, dan negara.

Para hadirin yang saya hormati,

Dalam mengakhiri pidato ini, marilah kita merenung tentang urgensi dan kompleksitas tantangan yang dihadapi

dalam mengembangkan pengolahan bahan mineral yang berkelanjutan melalui pendekatan *zero waste* dan ekonomi sirkular. Pengelolaan sumber daya bumi non-konvensional memang menjadi sebuah perjuangan yang mengharuskan kita untuk berpikir jauh ke depan dan mengambil tindakan tegas hari ini untuk mewujudkan masa depan yang lebih baik.

Tantangan *zero waste* mengingatkan kita akan keterbatasan alam dalam menyediakan sumber daya mineral. Sumber daya yang terbatas perlu diatur dengan bijaksana agar tetap dapat memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang. Kita harus memahami bahwa ekstraksi berlebihan akan berdampak pada kerusakan lingkungan dan ketidakseimbangan ekosistem, yang pada akhirnya dapat merugikan manusia itu sendiri. Oleh karena itu, membatasi ekstraksi dan mengembangkan teknologi ekstraksi yang lebih efisien adalah langkah penting dalam memastikan kelangsungan sumber daya mineral yang berkelanjutan.

Sementara itu, konsep ekonomi sirkular memberikan gambaran tentang bagaimana bahan-bahan yang sudah tidak terpakai dapat menjadi sumber daya yang berharga lagi. Namun, penerapan ekonomi sirkular dalam pengolahan bahan mineral tidaklah mudah. Diperlukan infrastruktur, teknologi, dan proses yang memadai untuk mendaur ulang limbah menjadi bahan baku yang dapat digunakan kembali. Ini memerlukan investasi, inovasi, dan komitmen yang kuat dari berbagai pihak, baik pemerintah, industri, maupun masyarakat.

Tantangan dalam menerapkan ekonomi sirkular juga termasuk dalam perubahan perilaku konsumen. Pendidikan dan kesadaran publik tentang pentingnya daur ulang dan penggunaan bahan dengan bijak menjadi kunci dalam membangun budaya berkelanjutan. Penerapan prinsip *environmental, social, and corporate governance* (ESG) yang sudah dilakukan oleh beberapa perusahaan dan negara dapat menjadi acuan, sehingga kelestarian lingkungan dapat terjaga,

juga produk dalam negeri yang dihasilkan dapat bersaing dengan perusahaan global lainnya.

Dalam menghadapi masa depan yang penuh tantangan dan ketidakpastian, penting bagi kita untuk tetap berpegang pada komitmen untuk mengelola sumber daya bumi non-konvensional dengan bijaksana dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan potensi *zero waste* yang tepat dan menerapkan prinsip-prinsip ekonomi sirkular, diharapkan dapat mengatasi tantangan dan menciptakan lingkungan yang seimbang, ekonomi yang berkelanjutan, serta masa depan yang lebih baik bagi generasi mendatang.

Hadirin yang saya hormati,

Perjalanan menuju jabatan Guru Besar bukanlah sekedar untaian capaian demi capaian yang dinilai dengan angka kredit. Perjalanan ini adalah jalan spiritual yang didalamnya tidak hanya melibatkan dukungan dari rekan-rekan sejawat, mitra, staf administrasi dan mahasiswa, namun juga dukungan seluruh keluarga dan semua orang yang peduli -melintas dalam perjalanan hidup seorang “Bayu”. Untuk itu, ijin saya menghaturkan terima kasih kepada semua pihak yang baik langsung maupun tidak langsung telah mengantarkan saya pada posisi sekarang ini. Pertama dan yang utama terima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus yang sudah melimpahkan dan melayakkan saya dengan semua berkat hidup dan saat ini saya dilayakkan untuk mengemban amanah sebagai seorang Guru Besar. Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas kepercayaan yang diberikan kepada saya untuk menduduki jabatan akademik tertinggi sebagai Guru Besar dalam Bidang Pengolahan Bahan Mineral di Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Ungkapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Rektor Universitas Gadjah Mada beserta jajarannya, Pimpinan dan Anggota Senat Akademik,

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

Menjadi seorang “Bayu” seperti sekarang ini tentunya dibentuk oleh banyak tangan, pikiran dan jiwa, untuk itu perkenan saya untuk mengucapkan terima kasih kepada para guru saya dari tingkat dasar sampai menengah atas. Para guru SDN Ketandan III, SMPN 1 Klaten, dan SMAN 1 Klaten, yang telah membentuk dan selalu menguatkan saya selama masa pendidikan dasar sampai menengah atas. Teriring doa untuk bapak dan ibu guru yang telah mendahului menghadap Sang Khalik, semoga beristirahat dalam damai. Rasa hormat sangat mendalam saya sampaikan kepada para pendahulu dosen DTK yang telah berpulang dalam kedamaian, terima kasih atas perjumpaan dan sesi berbagi nilai hidup dan pengetahuan selama saya menjalani pendidikan dan berkarir di Departemen Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada. Kepada para dosen senior, rekan sejawat, dan para dosen muda, terimakasih saya sampaikan atas kebersamaan selama ini, yang sangat mewarnai dan mendukung karya pengabdian saya di Departemen Teknik Kimia sampai saat ini. Terimakasih juga disampaikan kepada seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia dan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Saya tidak bisa menyelesaikan tugas dan karya tanpa bantuan bapak dan ibu sekalian.

Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada dosen, tim pendukung, dan mahasiswa yang tergabung dalam kelompok

peneliti pengolahan bahan mineral di Departemen Teknik Kimia FT-UGM, *Unconventional Georesources Research Group* (UGRG-UGM) dan *Green Battery and Electronic Waste Recycling Research Group*, kebersamaan yang kita lewati dalam perjuangan untuk bisa memberikan kontribusi nyata dalam bidang pengolahan bahan mineral tidak hanya mewarnai capaian yang bersifat akademik, namun mengikat kita menjadi keluarga besar yang berbagi suka dan duka dalam menjalani karir kita masing masing. Selalu semangat dalam karya kita untuk mewujudkan cita bersama, pengolahan bahan mineral yang berkelanjutan di Indonesia.

Terima kasih juga saya ucapkan kepada para pemangku kepentingan yang telah bekerjasama dan memberikan dukungan yang sinergis dalam mewujudkan cita bersama pengolahan bahan mineral yang berkelanjutan. Terima kasih kepada rekan rekan di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), MIND ID group, dan juga PT. Geodipa Energi Dieng yang selalu ada dalam perjalanan yang tidak kita ketahui kapan akan berhenti. Semoga usaha dan upaya dalam karya kita bersama dapat memberikan dampak yang positif untuk perwujudan pengolahan bahan mineral yang berkelanjutan. Terima kasih juga kepada pada sahabat yang selalu menguatkan dalam doa, teman teman alumni departemen teknik kimia angkatan 1996, alumni SMA N 1 Klaten, Alumni SMP N 1 Klaten, warga wilayah 3 Siloam Gereja Kristen Jawa Dayu, dan Bapak Pendeta Martana Pancahadi. Terkhusus Romo Cosmas Christian Timur, matur nuwun Romo sudah menjadi sahabat sejak pendidikan sarjana dan juga pengarahannya untuk membawa semua dalam doa, sehingga saya akhirnya melabuhkan diri untuk menjadi seorang dosen dan berdiri disini untuk bisa mengapresiasi sentuhan dan penguatan para sahabat dalam hidup saya. Mohon doanya selalu supaya amanah besar ini bisa saya pertanggungjawabkan dalam karya-karya di tahun mendatang.

Kepada almarhum orang tua saya, Bapak F.X. Soengkono dan Ibu Th.M. Sri Hartini yang telah melahirkan, mendoakan, mengasuh, membesarkan, dan mendidik saya dalam segala keterbatasannya, terima kasih banyak, mohon maaf saya belum bisa membahagiakan bapak dan ibu saat kita masih bersama. Harapan untuk menjadi orang baik menjadi nilai hidup yang saya estafetkan untuk cucu-cucu tercinta, dan tidak terbersit sedikitpun dalam benak beliau berdua seorang “Bayu” bisa menjadi Guru Besar, semoga capaian ini bisa membuat bapak dan ibu semakin bahagia di alam keabadian. Maturnuwun nggih bapak dan ibu, teriring selalu doa setiap malam untuk kebahagiaan bapak dan ibu dalam naungan kasih Tuhan. Terima kasih juga kepada bapak Kabar Tarigan almarhum dan mamak Rasien Rosalina Br Purba yang sudah mengizinkan saya menjadi bagian dari keluarga besar Tarigan, dukungan dan doa bapak almarhum dan mamak yang selalu menjadi penguat dan penghiburan saya. Terima kasih juga kepada bapak dan ibu mertua, bapak Daulat Purba dan ibu Kasta Br Sembiring. Terima kasih atas dukungan dan pendampingan baik secara moral maupun material. Mohon maaf sampai pada titik inipun, kami masih selalu merepotkan bapak dan ibu. Kepada Mbak Banu dan Bli Nengah sekeluarga, Mas Nino dan Mbak Ari sekeluarga, Wisnu dan Lia sekeluarga, Bang tua Yerry Purba dan turangku Merlyna Tarigan sekeluarga, Nina Purba dan Jaya Silalahi sekeluarga, Kak Jenni Tarigan dan Mas Slamet sekeluarga, Kak Agnes Tarigan dan Bang Ferdinan Ginting sekeluarga, Kak Rika Tarigan dan Bang Benyamin Ginting sekeluarga, Henri Tarigan dan Mariani Ginting sekeluarga, terima kasih karena ada untuk kami meskipun jarak memisahkan kita semua. Tak lupa keluarga besar Jrah Purworejo (Dono Prawiro), Wanglu Klaten (Ponco Disastro) dan keluarga besar Purba Mergana ras Anak Beruna, serta keluarga besar Tarigan Mergana ras Anak Beruna. Terima kasih atas kebersamaan dan dukungan selama ini.

Akhirnya, terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada istri saya tercinta Melna Agustriani Purba. Penopang dan penguat disaat paling rendah dalam hidup saya, terima kasih dan mohon maaf sekali belum bisa menjadi suami yang baik dan bisa selalu membawa bahagia untuk Bunda. Juga terima kasih saya ucapkan kepada dua jagoan cilik yang selalu haus mencari jatidiri, Ernest Mesikel Murti dan Ezekiel Melias Murti. Kalianlah alasan perjuangan ayah dan bunda selama ini, semoga kami bisa menjadi orang tua yang baik yang bisa mengantarkan kalian menapaki jalan hidup yang utama, penuh kebahagiaan, dan selalu takut akan Tuhan.

Hadirin yang berbahagia,

Dengan tulus dan ikhlas, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua yang hadir dalam acara pengukuhan ini. Keikhlasan dan kesabaran hadirin dalam mendengarkan pidato saya sangatlah berarti bagi saya dan keluarga. Selain itu, saya juga ingin memohon maaf apabila ada kata atau ucapan yang mungkin kurang berkenan di hati hadirin yang saya muliakan. Dalam momen yang bersejarah ini, saya merasa terhormat dan bersyukur atas kepercayaan yang diberikan kepada saya untuk menduduki jabatan Guru Besar. Saya menyadari bahwa ini adalah suatu amanah yang besar, dan saya akan berusaha semaksimal mungkin untuk menjalankan tugas ini dengan penuh tanggung jawab dan dedikasi.

Mohon doa dan dukungan dari hadirin semua agar saya dapat mengemban amanah ini dengan baik dan dapat berkontribusi secara nyata bagi dunia akademik dan masyarakat lebih luas. Semoga setiap langkah perjalanan karier saya selalu mendapat berkat dan tuntunan dari Tuhan Yang Maha Kasih. Terima kasih atas kehadiran dan perhatian hadirin semua. Semoga Tuhan senantiasa melimpahkan berkat dan rahmat-Nya kepada kita semua, serta memberikan

kekuatan dan kebijaksanaan dalam setiap langkah kehidupan kita. Terima kasih. Matur nuwun. Matur Suksma. Mejuah juah.

REFERENSI DAN DAFTAR BACAAN

- [1] Centers for Disease Control and Prevention, (2022)Climate Effects on Health. Available at: <https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/default.htm>.
- [2] International Energy Agency, (2022)Global Energy and Climate Model Documentation.
- [3] Alfredo Rivera, Shweta Movalia, Hannah Pitt, and Kate Larsen, (2022)Global Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020 and Preliminary 2021 Estimates. Available at: <https://rhg.com/research/global-greenhouse-gas-emissions-2021/>.
- [4] Alfredo Rivera, Shweta Movalia, Hannah Pitt, and Kate Larsen, (2022)Global Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020 and Preliminary 2021 Estimates. .
- [5] Department of Natural Resources and Environmental Control Delaware, (2023)Minimizing Emissions. Available at: <https://dnrec.alpha.delaware.gov/climate-plan/minimizing-emissions/>.
- [6] European Commission, (2023)Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020.
- [7] International Energy Agency, (2021)Mineral Requirements for Clean Energy Transitions. Available

- at: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/mineral-requirements-for-clean-energy-transitions>.
- [8] E. Sugiarto, A. D.P. Putera, and H. T.B.M. Petrus, (2017) Kinetic study of nickel laterite reduction roasting by palm kernel shell charcoal. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 65:. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012027>.
- [9] Rizki Istinanda, Himawan Tri Bayu Murti Petrus, and Agus Prasetya, (2021) Optimization of Removal Impurities from Fe Element in Concentrate Rare Earth Elements Sulfate Coal of Fly Ash with Response Surface Methodology (RSM), in, p. 030005. <https://doi.org/10.1063/5.0066648>.
- [10] Aisyiyah S. N. Jenie, Fransiska S. H. Krismastuti, Yudia P. Ningrum, Anis Kristiani, Mutia D. Yuniati, Widi Astuti, and Himawan T. B. M. Petrus, (2020) Geothermal silica-based fluorescent nanoparticles for the visualization of latent fingerprints. *Materials Express* 10:258–266. <https://doi.org/10.1166/mex.2020.1551>.
- [11] V. S.H. Sujoto, Sutijan, W. Astuti, F. R. Mufakhir, and H. T.B.M. Petrus, (2021) Lithium recovery from synthetic geothermal brine using electro dialysis method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 882:0–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/882/1/012003>.
- [12] Himawan Tri Bayu Murti Petrus, Muhammad Olvianas, Widi Astuti, and Muhammad Istiawan Nurpratama, (2021) Valorization of Geothermal Silica and Natural Bentonite through Geopolymerization: A Characterization Study and Response Surface Design. *International Journal of Technology* 12:195–206. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i1.3537>.
- [13] Harvard T.H. Chan School of Public Health, (2023)The

Dangers of Cobalt Mining in the Congo. Available at: <https://www.hsph.harvard.edu/news/hsph-in-the-news/the-dangers-of-cobalt-mining-in-the-congo/>.

- [14] Pra Cipta Buana Wahyu Mustika, Widi Astuti, Slamet Sumardi, Himawan Tri Bayu Murti Petrus, and Sutijan, (2022) Separation Characteristic and Selectivity of Lithium from Geothermal Brine Using Forward Osmosis. *Journal of Sustainable Metallurgy* 8:1769–1784. <https://doi.org/10.1007/S40831-022-00602-Z/FIGURES/6>.
- [15] Muhammad Syauqi, Widi Astuti, S N Aisyiyah Jennie, Himawan Tri Bayu Murti Petrus, Vincent Sutresno Hadi Sujoto, and Panut Mulyono, (2023) Modelling of Nano Silica Formation from Geothermal Silica Using Co-Precipitation Method. *Solid State Phenomena* 345:171–178. <https://doi.org/10.4028/p-nVH0KL>.
- [16] Pramesti Prihutami, Agus Prasetya, Wahyudi Budi Sediawan, Himawan Tri Bayu Murti Petrus, and Ferian Anggara, (2021) Study on Rare Earth Elements Leaching from Magnetic Coal Fly Ash by Citric Acid. *Journal of Sustainable Metallurgy* 7:1241–1253. <https://doi.org/10.1007/s40831-021-00414-7>.
- [17] Hotden; Manurung, Widya; Rosita, I Made; Bendiyasa, Agus; Prasetya, Ferian; Anggara, Widi; Astuti, Dagus Resmana; Djuanda, and Himawan Tri Bayu Murti Petrus, (2020) RECOVERY OF RARE EARTH ELEMENTS AND YITRIUM FROM NON-MAGNETIC COAL FLY ASH USING ACETIC ACID SOLUTION. *Metal Indonesia* 42:.
- [18] Widya Rosita, I Made Bendiyasa, Indra Perdana, and Ferian Anggara, (2020) Sequential particle-size and magnetic separation for enrichment of rare-earth elements and yttrium in Indonesia coal fly ash. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 8:103575. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103>

575.

- [19] Himawan Tri Bayu Murti Petrus, Muhammad Olvianas, Wisnu Suprpta, Felix Arie, Agus Prasetya, and Ferian Anggara, (2020) Cenospheres characterization from Indonesian coal- fired power plant fly ash and their potential utilization. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 8:104116. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104116>.
- [20] Himawan T Petrus, Muhammad Olvianas, Muhammad F Shafiyurrahman, I G Pratama, Siti N Jenie, Widi Astuti, Muhammad I Nurpratama, Januarti J Ekaputri, and Ferian Anggara, (2022) Circular Economy of Coal Fly Ash and Silica Geothermal for Green Geopolymer: Characteristic and Kinetic Study. *Gels* 8:. <https://doi.org/10.3390/gels8040233>.
- [21] Tsuyoshi Hirajima, H. T.B.M. Petrus, Yuji Oosako, Moriyasu Nonaka, Keiko Sasaki, and Takashi Ando, (2010) Recovery of cenospheres from coal fly ash using a dry separation process: Separation estimation and potential application. *International Journal of Mineral Processing* 95:18–24. <https://doi.org/10.1016/J.MINPRO.2010.03.004>.
- [22] Anisa Maulidia, Vincent Sutresno Hadi Sujoto, Dewa Putu Agus Sudarmaja, Januarti Jaya Eka Putri, Siti Nurul Aisyiyah Jenie, Widi Astuti, Yayat Iman Supriyatna, I Wayan Warmada, Sutijan, Ferian Anggara, and Himawan Tri Bayu Murti Petrus, (2023) Kinetic Study of Lithium Leaching from Sidoarjo Mud Using Sulfuric Acid. *Mining, Metallurgy & Exploration* 40:1279–1288. <https://doi.org/10.1007/s42461-023-00812-3>.
- [23] H. T.B.M. Petrus, Tsuyoshi Hirajima, Yuji Oosako, Moriyasu Nonaka, Keiko Sasaki, and Takashi Ando, (2011) Performance of dry-separation processes in the recovery of cenospheres from fly ash and their

- implementation in a recovery unit. *International Journal of Mineral Processing* 98:15–23. <https://doi.org/10.1016/J.MINPRO.2010.09.002>.
- [24] Harry Supriadi, Iga Trisnawati, Tri Handini, Sri Rinanti Susilowati, Vincent Sutresno Hadi Sujoto, Panut Mulyono, and Himawan Tri Bayu Murti Petrus, (2023) Kinetics Study of Yttrium Leaching from Zircon Tailings Using Sulfuric Acid. *Indonesian Journal of Chemistry* 23:489. <https://doi.org/10.22146/ijc.79966>.
- [25] Aufa Rai Adiatama, Ratna Frida Susanti, Widi Astuti, Himawan Tri Bayu Murti Petrus, and Kevin Cleary Wanta, (2022) SYNTHESIS AND CHARACTERISTIC OF NANOSILICA FROM GEOTHERMAL SLUDGE: EFFECT OF SURFACTANT. *Metalurgi* 37:73–86. <https://doi.org/10.14203/METALURGI.V37I2.637>.
- [26] Himawan Tri Bayu Murti Petrus, Faaza Ihda Fairuz, Naala Sa'dan, Muhammad Olvianas, Widi Astuti, S. N. Aisyiyah Jenie, Felix Arie Setiawan, Ferian Anggara, Januarti Jaya Ekaputri, and I. Made Bendiyasa, (2021) Green geopolymer cement with dry activator from geothermal sludge and sodium hydroxide. *Journal of Cleaner Production* 293:126143. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126143>.
- [27] Sutijan Sutijan, Christopher Mario Hananto, Stevanus Adi Darma, Vincent Sutresno Hadi Sujoto, Fika Rofiek Mufakhir, Widi Astuti, and Himawan Tri Bayu Murti Petrus, (2023) Pengaruh Variasi pH Larutan Umpan terhadap Percent Recovery Litium dari Geothermal Brine Sintesis dengan Proses Low Pressure Nanofiltration. *Metal Indonesia* 45:1–12. <https://doi.org/10.32423/JMI.2023.V45.1-12>.
- [28] Sutijan Sutijan, Stevanus Adi Darma, Christopher

Mario Hananto, Vincent Sutresno Hadi Sujoto, Ferian Anggara, Siti Nurul Aisyiyah Jenie, Widi Astuti, Fika Rofiek Mufakhir, Shinta Virdian, Andhika Putera Utama, and Himawan Tri Bayu Murti Petrus, (2023) Lithium Separation from Geothermal Brine to Develop Critical Energy Resources Using High-Pressure Nanofiltration Technology: Characterization and Optimization. *Membranes* 2023, Vol. 13, Page 86 13:86.

<https://doi.org/10.3390/MEMBRANES13010086>.

- [29] Vincent Sutresno Hadi Sujoto, Sutijan, Widi Astuti, Slamet Sumardi, Isana Supiah Yosephine Louis, and Himawan Tri Bayu Murti Petrus, (2022) Effect of Operating Conditions on Lithium Recovery from Synthetic Geothermal Brine Using Electrodialysis Method. *Journal of Sustainable Metallurgy* 8:274–287. <https://doi.org/10.1007/S40831-021-00488-3>.

- [30] I. Wayan Christ Widhi Herman Tangkas, Vincent Sutresno Hadi Sujoto, Widi Astuti, Siti Nurul Aisyiyah Jenie, Ferian Anggara, Andhika Putera Utama, Himawan Tri Bayu Murti Petrus and Sutijan, (2023) Synthesis of Titanium Ion Sieves and Its Application for Lithium Recovery from Artificial Indonesian Geothermal Brine. *Journal of Sustainable Metallurgy* 9:613-624. <https://doi.org/10.1007/s40831-023-00664-7>

BIODATA



Nama : Himawan Tri Bayu Murti Petrus
Tempat/Tanggal Lahir : Klaten, 09 June 1978
NIP : 197806092002121003
Pangkat/Golongan : Guru Besar/IVB
Jabatan : Guru Besar
Alamat Kantor : Departemen Teknik Kimia, FT UGM
Jl. Grafika No. 2, D.I. Yogyakarta, 55281
Email : bayupetrus@ugm.ac.id
Keluarga : 1. Melna Agustriani br Purba (istri)
2. Ernest Mesikel Murti (anak)
3. Ezekiel Melias Murti (anak)
Alamat Rumah : Jaban, gg.gribig 01 no 161D rt 03 rw 25, Sinduhadi, Ngaglik, Sleman, Yogyakarta

Riwayat Pendidikan

1997 – 2001 : Departemen Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada

- 2004 – 2006 : School of Chemical Engineering, UNESCO Membrane Center, University of New South Wales
- 2009 – 2012 : Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University

Penghargaan

- 2020 : ASEAN Science Diplomat
- 2014 : Anugerah Sobat Bumi Award 2014, Best Researcher

Hibah Penelitian Nasional dan Internasional

- 2022 : Pemanfaatan Potensi Valuable Element sebagai produk Samping dari Geothermal Brine – Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- 2021 : Potensi Pemanfaatan Silika *Geothermal* sebagai Produk Samping – PT. Geo Dipa Energi
- 2020 : Lithium and other valuable metals extraction from spent batteries – LPDP
- 2020 : Geopolymer and cenosphere recovery from fly ash – DGHE
- 2020 : REE extraction from secondary resources – DGHE
- 2020 : Lithium extraction from geothermal brine (Dieng case) – DGHE

- 2019 : Lithium and other valuable metals extraction from spent batteries – LPDP
- 2019 : REE extraction from fly ash – PT. Bukit Asam
- 2019 : Geopolymer and cenosphere recovery from fly ash – DGHE
- 2019 : Valuable metals extraction from spent catalyst – DGHE dan Kyushu University
- 2018 : Lithium and Silica Extraction from Geothermal Brine – DGHE dan Kyushu University
- 2018 : Geopolymer and cenosphere recovery from fly ash – DGHE
- 2018 : Valuable metals extraction from spent catalyst – DGHE

Asosiasi Profesional

- 2020 – skrg : Indonesian society of mineral engineering
- 2017 – skrg : Indonesian geopolymer consortium

Riwayat Kerja dan Jabatan

- 2002 – Skrg : Departemen teknik Kimia, Universitas Gadjah mada, Dosen
- 2002 - 2004 : Tin pengelola teknis QUE Project: mengelola administrasi pengadaan peralatan laboratorium, pengadaan pendanaan riset dan lain lain

- 2012 - 2013 : Tin pengelola teknis PHKI: mengelola administrasi pendanaan program riset dan lain lain.
- 2012 - 2020 : Kepala laboratorium Praktikum DTK UGM
- 2014 - 2014 : Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University, JICA Research Fellowship.
- 2018 – 2019 : School of Chemical Engineering, UNESCO Membrane Center, University of New South Wales, Endeavour Research Fellowship.
- 2019 - 2020 : ASEAN Science and Technology Fellowship (USAid) di Kemenristek DIKTI
- 2020 – 2021 : UNDP consultant for minimizing mercury in Indonesia related to the artisanal mining activity
- 2020 - skrg : Managing editor Jurnal Rekayasa Proses
- 2020 - skrg : Kepala laboratorium Konservasi Energi dan Pencegahan Pencemaran (*de facto*)

Publikasi Ilmiah dengan H-Indeks Scopus = 17 (5 Tahun Terakhir, terindeks Scopus)

1. Sutijan S, Darma SA, Hananto CM, Sujoto VSH, Anggara F, Jenie SNA, Astuti W, Mufakhir FR, Virdian S, Utama AP, **Petrus HTBM** (2023) Lithium Separation from Geothermal Brine to Develop Critical Energy Resources Using High-Pressure Nanofiltration Technology: Characterization and Optimization. *Membranes* (Basel) 13:86. <https://doi.org/10.3390/membranes13010086> [Journal]
2. Prameswara G, Tyassena FYP, Pasaribu M, Trisnawati I, **Petrus HTBM** (2023) Nickel Recovery Optimization and Kinetic Study of Morowali Laterite Ore. *Trans Indian Inst Met*

- 76:1341–1348. <https://doi.org/10.1007/s12666-022-02858-1> [Journal]
3. Astuti W, Nurjaman F, Rofiek Mufakhir F, Sumardi S, Avista D, Cleary Wanta K, **Petrus HTBM** (2023) A novel method: Nickel and cobalt extraction from citric acid leaching solution of nickel laterite ores using oxalate precipitation. *Miner Eng* 191:107982. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107982> [Journal]
 4. Tangkas IWCWH, Sujoto VSH, Astuti W, Jenie SNA, Anggara F, Utama AP, **Petrus HTBM**, Sutijan (2023) Synthesis of Titanium Ion Sieves and Its Application for Lithium Recovery from Artificial Indonesian Geothermal Brine. *J Sustain Metall* 9:613–624. <https://doi.org/10.1007/s40831-023-00664-7> [Journal]
 5. Astuti W, Mufakhir FR, Setiawan FA, Wanta KC, **Petrus HTBM** (2023) Leaching Characteristics of Lanthanum from a Secondary Resource Using Inorganic and Organic Acids: Emphasizing the Citric Acid Kinetics. *Circ Econ Sustain* 3:241–252. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00183-9> [Journal]
 6. Ayu Panggabean TKM, Susanti RF, Astuti W, **Petrus HTBM**, Kristijarti AP, Wanta KC (2023) Utilization of the spent catalyst as a raw material for rechargeable battery production: The effect of leaching time, type, and concentration of organic acids. *Int J Renew Energy Dev* 12:459–466. <https://doi.org/10.14710/ijred.2023.51353> [Journal]
 7. Supriadi H, Trisnawati I, Handini T, Susilowati SR, Sujoto VSH, Mulyono P, **Petrus HTBM** (2023) Kinetics Study of Yttrium Leaching from Zircon Tailings Using Sulfuric Acid. *Indones J Chem* 23:489–498. <https://doi.org/10.22146/ijc.79966> [Journal]

8. Putera ADP, Islam MS, Avarmaa KL, **Petrus HTBM**, Brooks GA, Rhamdhani MA (2023) Kinetics of Electrically Enhanced Boron Removal From Silicon Using CaO-SiO₂ and CaO-SiO₂-Al₂O₃ Slag. *Metall Mater Trans B Process Metall Mater Process Sci* 54:1228–1244. <https://doi.org/10.1007/s11663-023-02756-x> [Journal]
9. Putera ADP, Warmada IW, Amijaya DH, Astuti W, Sukadana IG, **Petrus HTBM** (2023) A Comparison Study of Nickel Laterite Reduction using Coal and Coconut Shell Charcoal: A FactSage Simulation. *Int J Technol* 14:267–275. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i2.5808> [Journal]
10. Prameswara G, Trisnawati I, Handini T, Poernomo H, Mulyono P, Prasetya A, **Petrus HTBM** (2023) Recovery of Critical Elements (Dysprosium and Ytterbium) from Alkaline Process of Indonesian Zircon Tailings: Selective Leaching and Kinetics Study. *Int J Technol* 14:770. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i4.4960> [Journal]
11. Supriyatna YI, Astuti W, Sumardi S, Prasetya A, **Petrus HTBM**, Dida EN (2023) Kinetics study of low-grade ilmenite fusion process using sodium hydroxide: Non-isothermal condition with model-free methods. *Mater Today Proceeding* [Proceeding]
12. Amiliana RA, Mulyono P, **Petrus HTBM** (2023) Dissolution of Rare Earth Elements Concentrate from Xenotime Sand with Strong Acids. In: *Materials Science Forum*. pp 119–126 [Journal]
13. Tajayani ID, Sutijan S, Sarto S, **Petrus HTBM**, Astuti W (2023) Precipitation of Rare Earth Elements from Indonesian Coal Fly Ash Using Sodium Sulfate. In: *Materials Science Forum*. pp 105–112 [Journal]
14. Kurniasari M, **Petrus HTBM**, Kusumastuti Y (2023) The Effect of Sonication Time for Synthesis of Magnetic

- Mesoporous Nanosilica using Cetyltrimethylammonium Bromide (CTAB) as Surfactant-Template. In: *Materials Science Forum*. pp 63–68 [Journal]
15. Maulidia A, Sujoto VSH, Sudarmaja DPA, Putri JJE, Jenie SNA, Astuti W, Supriyatna YI, Warmada IW, Sutijan, Anggara F, **Petrus HTBM** (2023) Kinetic Study of Lithium Leaching from Sidoarjo Mud Using Sulfuric Acid. *Mining, Metall Explor* 1–10. <https://doi.org/10.1007/s42461-023-00812-3> [Journal]
 16. Syauqi M, Astuti W, Aisyiyah Jennie SN, Petrus HTBM, Hadi Sujoto VS, Mulyono P (2023) Modelling of Nano Silica Formation from Geothermal Silica Using Co-Precipitation Method. *Solid State Phenom* 345:171–178. <https://doi.org/10.4028/p-nVH0KL> [Journal]
 17. Rahayu DS, Kusumastuti Y, Astuti W, Jenie SNA, **Petrus HTBM** (2023) Recycling of Electric Arc Furnace Dust Waste as a Precursor in Pharmaceutical Grade Zinc Oxide Synthesis. *Circ Econ Sustain* 1–13 [Journal]
 18. Sutijan, Wahyudi S, Ismail MF, Mustika PCB, Astuti W, Prasetya A, **Petrus HTBM** (2022) Forward Osmosis to Concentrate Lithium from Brine: The Effect of Operating Conditions (pH and Temperature). *Int J Technol* 13:136–146. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i1.4371> [Journal]
 19. Prihutami P, Sediawan WB, Prasetya A, **Petrus HTBM** (2022) A Product Diffusion Model for the Extraction of Cerium and Yttrium from Magnetic Coal Fly Ash Using Citric Acid Solution. *Int J Technol* 13:921–930. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i4.4826> [Journal]
 20. **Petrus HTBM**, Olvianas M, Shafiyurrahman MF, Pratama IGAAN, Jenie SNA, Astuti W, Nurpratama MI, Ekaputri JJ, Anggara F (2022) Circular Economy of Coal Fly Ash and Silica Geothermal for Green Geopolymer: Characteristic and

Kinetic Study. Gels 8:233.
<https://doi.org/10.3390/gels8040233> [Journal]

21. Besari DAA, Anggara F, Rosita W, **Petrus HTBM** (2022) Characterization and mode of occurrence of rare earth elements and yttrium in fly and bottom ash from coal-fired power plants in Java, Indonesia. *Int J Coal Sci Technol* 9:1. <https://doi.org/10.1007/s40789-022-00476-2> [Journal]
22. Besari DAA, Anggara F, Rosita W, **Petrus HTBM** (2022) Characterization and mode of occurrence of rare earth elements and yttrium in fly and bottom ash from coal-fired power plants in Java, Indonesia. *Int J Coal Sci Technol* 9:1. <https://doi.org/10.1007/s40789-022-00476-2> [Journal]
23. **Petrus HTBM**, Fairuz FI, Sa'dan N, Olvianas M, Astuti W, Jenie SNA, Setiawan FA, Anggara F, Ekaputri JJ, Made Bendiyasa I (2022) Corrigendum to Green geopolymer cement with dry activator from geothermal sludge and sodium hydroxide. *J Clean Prod* 344:131034. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131034> [Journal]
24. Mustika PCBW, Astuti W, Sumardi S, **Petrus HTBM**, Sutijan (2022) Separation Characteristic and Selectivity of Lithium from Geothermal Brine Using Forward Osmosis. *J Sustain Metall* 8:1769–1784. <https://doi.org/10.1007/s40831-022-00602-z> [Journal]
25. Sujoto VSH, Sutijan, Astuti W, Sumardi S, Louis ISY, **Petrus HTBM** (2022) Effect of Operating Conditions on Lithium Recovery from Synthetic Geothermal Brine Using Electrodialysis Method. *J Sustain Metall* 8:274–287. <https://doi.org/10.1007/s40831-021-00488-3> [Journal]
26. Maryono A, Nuranto S, Sembada PTS, **Petrus HTBM** (2022) GAMA-RainFilter: a modified rainwater harvesting technique to meet the demand of clean water in Indonesia. *Int J Hydrol*

27. Oediyani S, Triana T, Viviyana F, Mufakhir FR, Astuti W, Sumardi S, **Petrus HTBM** (2022) Gold Adsorption from Pregnant Thiocyanate Solution Using Activated Carbon. In: Materials Science Forum. pp 98–106 [Journal]
28. Wanta KC, Astuti W, **Petrus HTBM**, Perdana I (2022) Product Diffusion-Controlled Leaching of Nickel Laterite using Low Concentration Citric Acid Leachant at Atmospheric Condition. Int J Technol 13:410–421.
<https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i2.4641> [Journal]
29. Imani NAC, Kusumastuti Y, **Petrus HTBM**, Timotius D, Putri NRE, Kobayashi M (2022) Preparation, Characterization, and Release Study of Nanosilica/Chitosan Composite Films. Int J Technol 13:444–453.
<https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i2.4733> [Journal]
30. Mufakhir FR, Yuliamsa IA, Juniarsih A, Astuti W, Sumardi S, Handoko AS, Sudibyo, Alam FC, Arham LO, Poernomo V, **Petrus HTBM** (2022) Heavy metals removal in liquid waste from spent-batteries recycling. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p 12004 [Proceeding]
31. Mahmudah AF, Kusumastuti Y, **Petrus HTBM**, Purwestri YA (2022) Antibacterial Effectiveness of Synthesized Copper Nanoparticles by Ultrasonication Assisted Method. In: Proceedings of the 7th International Conference on Biological Science (ICBS 2021). pp 471–481 [Proceeding]
32. **Petrus HTBM**, Fairuz FI, Sa'dan N, Olvianas M, Astuti W, Jenie SNA, Setiawan FA, Anggara F, Ekaputri JJ, Made Bendiyasa I (2022) Corrigendum to Green geopolymer cement with dry activator from geothermal sludge and sodium

- hydroxide. J Clean Prod 344:.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131034> [Journal]
33. **Petrus HTBM**, Putera ADP, Warmada IW, Nurjaman F, Astuti W, Prasetya A (2022) Investigation on Saproilitic Laterite Ore Reduction Process using Palm Kernel Shell Charcoal: Kinetics and Phase Transformation. *Int J Technol* 13:565–574. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i3.4701> [Journal]
 34. Anungstri R, **Petrus HTBM**, Prasetya A (2022) Removal of Sulphate and Heavy Metals from Acid Mine Drainage using Permeable Reactive Barrier Technique. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p 12059 [Proceeding]
 35. Silvia PZ, Jenie SNA, **Petrus HTBM** (2022) Tunable particle size synthesis of nanoclay from Sidoarjo geothermal mud via ultrasonic method. In: AIP Conference Proceedings [Proceeding]
 36. Maulidia A, Astuti W, **Petrus HTBM** (2022) Optimization of lithium extraction from mud using surface response methodology. In: AIP Conference Proceedings [Proceeding]
 37. Surianti S, Wanta KC, Astuti W, Mufakhir FR, Perdana I, **Petrus HTBM** (2022) Synthesis of Nickel Oxalate from Extract Solution of Nickel Laterite Ore: Optimization and Kinetics Study. *J Min Sci* 58:476–485. <https://doi.org/10.1134/S1062739122030152> [Journal]
 38. Perdana I, Aprilianto DR, **Petrus HTBM**, Rochmadi R (2022) The Effect of Sulphate and Carbonate Ions on Lithium Carbonate Precipitation from a Low Concentration Lithium Containing Solution. *SSRN Electron J.* <https://doi.org/10.2139/ssrn.4295126> [Journal]

39. Timotius D, Kusumastuti Y, Omar R, Harun R, Kamal SMM, Jenie SNA, **Petrus HTBM** (2022) The Study of Methylene Blue Loading into Chitosan-graft-Maleic Sponges. *Int J Technol* 13:1796–1805. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i8.6133> [Journal]
40. Trisnawati I, Prameswara G, Sari EP, Prasetya A, Mulyono P, **Petrus HTBM** (2022) Roasting Decomposition for Phosphate Separation from Zircon Tailing. *J Min Sci* 58:830–838. <https://doi.org/10.1134/S1062739122050143> [Journal]
41. Prameswara G, Trisnawati I, Mulyono P, Prasetya A, **Petrus HTBM** (2021) Leaching Behaviour and Kinetic of Light and Heavy Rare Earth Elements (REE) from Zircon Tailings in Indonesia. *Jom* 73:988–998. <https://doi.org/10.1007/s11837-021-04584-3> [Journal]
42. Rahayuningsih E, Setiawan FA, Rahman ABK, Siahaan T, **Petrus HTBM** (2021) Microencapsulation of betacyanin from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels using pectin by simple coacervation to enhance stability. *J Food Sci Technol* 58:3379–3387. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04910-8> [Journal]
43. Istinanda R, **Petrus HTBM**, Prasetya A (2021) Optimization of removal impurities from Fe element in concentrate rare earth elements sulfate coal of fly ash with Response Surface Methodology (RSM). In: *AIP Conference Proceedings*. p 030005 [Proceeding]
44. Sujoto VSH, Sutijan, Astuti W, Mufakhir FR, **Petrus HTBM** (2021) Lithium recovery from synthetic geothermal brine using electro dialysis method. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* 882:0–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/882/1/012003> [Proceeding]
45. Prihutami P, Prasetya A, Sediawan WB, **Petrus HTBM**, Anggara F (2021) Study on Rare Earth Elements Leaching

- from Magnetic Coal Fly Ash by Citric Acid. *J Sustain Metall* 7:1241–1253. <https://doi.org/10.1007/s40831-021-00414-7> [Journal]
46. Supriyatna YI, Astuti W, Sumardi S, Sudibyoy, Prasetya A, Ginting LIB, Irmawati Y, Asri NS, **Petrus HTBM** (2021) Correlation of Nano Titanium Dioxide Synthesis and the Mineralogical Characterization of Ilmenite Ore as Raw Material. *Int J Technol* 12:749–759. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i4.4270> [Journal]
 47. Qurrahman AH, Wilopo W, Susanto SP, **Petrus HTBM** (2021) Energy and Exergy Analysis of Dieng Geothermal Power Plant. *Int J Technol* 12:175–185. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i1.4218> [Journal]
 48. **Petrus HTBM**, Fairuz FI, Sa'dan N, Olvianas M, Astuti W, Jenie SNA, Setiawan FA, Anggara F, Ekaputri JJ, Bendiyasa IM (2021) Green geopolymer cement with dry activator from geothermal sludge and sodium hydroxide. *J Clean Prod* 293:126143. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126143> [Journal]
 49. **Petrus HTBM**, Olvianas M, Astuti W, Nurpratama MI (2021) Valorization of Geothermal Silica and Natural Bentonite through Geopolymerization: A Characterization Study and Response Surface Design. *Int J Technol* 12:195–206. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i1.3537> [Journal]
 50. Mustika PCBW, Sutijan S, **Petrus HTBM** (2021) Effect of operating conditions on the flux recovery of lithium from geothermal brine using forward osmosis. In: AIP Conference Proceedings. p 020056 [Proceeding]
 51. Prasetya A, Darmawan R, Benedita Araujo TL, **Petrus HTBM**, Setiawan FA (2021) A Growth Kinetics Model for Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae. *Int J Technol*

- 12:207–216. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i1.4148>
[Journal]
52. Trisnawati I, Yulandra A, Prameswara G, Pusparini WR, Mulyono P, Prasetya A, **Petrus HTBM** (2021) Optimization of Multistage Precipitation Processes for Rare Earth Element Purification from Indonesian Zircon Tailings. *J Sustain Metall* 7:537–546. <https://doi.org/10.1007/s40831-021-00353-3>
[Journal]
53. Widyasari DA, Julyansyah D, Kristiani A, Widyaningrum BA, **Petrus HTBM**, Manurung R V., Jenie SNA (2021) Conjugation of E.coli antibody with fluorescent natural silica-based nanoparticles: Preparation and characterization. In: *AIP Conference Proceedings* [Proceeding]
54. Imani NAC, Kusumastuti Y, **Petrus HTBM**, Timotius D, Kobayashi M (2021) Enhanced Mechanical Properties of Organic-Inorganic Chitosan/Nano Silica Composite Film. *J Adv Manuf Technol* 15:1–11 [Journal]
55. Rezki AS, Sumardi S, Astuti W, Made Bendiyasa I, **Petrus HTBM** (2021) Molybdenum Extraction from Spent Catalyst Using Citric Acid: Characteristic and Kinetics Study. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. p 12020 [Proceeding]
56. Khumairoh P, **Petrus HTBM**, Purnomo CW (2021) Production of biochar from Bitter Melon Seeds Waste by Pyrolysis Method. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. p 12019 [Proceeding]
57. Raharjanti NA, Warmada IW, **Petrus HTBM** (2021) Ore characterization of LSE gold deposit in “x” Pit, Toka Tindung Project, North Sulawesi. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. p 12043 [Proceeding]

58. Besari DAA, Anggara F, **Petrus HTBM**, Astuti W, Husnah WA (2021) Effect of power plant operating conditions on fly ash and bottom ash composition: A case study from power plant in Lampung. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p 12039 [Proceeding]
59. Ulandari O, Astuti W, Sumardi S, Prasetya A, **Petrus HTBM** (2021) Synthesis of solid activator for geopolymer product from fly ash and sodium hydroxide. In: AIP Conference Proceedings [Proceeding]
60. Izzati AUN, **Petrus HTBM**, Prasetya A (2021) Nickel recovery from precipitate of NCA lithium-ion battery leach liquor by using disodium ethylene diamine tetraacetate. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p 12002 [Proceeding]
61. H Tangkas IWCW, Astuti W, Sutijan, Sumardi S, **Petrus HTBM** (2021) Lithium titanium oxide synthesis by solid-state reaction for lithium adsorption from artificial brine source. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p 12005 [Proceeding]
62. Utama DK, Prasetya A, **Petrus HTBM**, Astuti W (2021) Recovery of cobalt and molybdenum from consumed catalyst using hydrochloric acid. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p 12004 [Proceeding]
63. Farqhi M, Ayu Besari DA, Anggara F, **Petrus HTBM** (2021) The potency of rare earth elements and yttrium in Konawe coal ashes, Indonesia. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p 12037 [Proceeding]
64. Wanta KC, Simanungkalit ICN, Bahri EP, Susanti RF, Gemilar GP, Astuti W, **Petrus HTBM** (2021) Study of Nickel Extraction Process from Spent Catalysts with Hydrochloric Acid Solution: Effect of Temperature and Kinetics Study. Int J

Appl Sci Smart Technol 3:161–170.
<https://doi.org/10.24071/ijasst.v3i2.3606> [Journal]

65. Perbawati EK, Purwanto TH, **Petrus HTBM**, Santoso WY (2021) Preliminary Study of WebGIS Implementation on Monitoring and Evaluation of the Regional Action Plan for Reduction and Elimination of Mercury Use. Proceeding ISETH (International Summit Sci Technol Humanit 252–267 [Proceeding])
66. Dewi MP, **Petrus HTBM**, Okibe N (2020) Recovering secondary ree value from spent oil refinery catalysts using biogenic organic acids. Catalysts 10:1–15. <https://doi.org/10.3390/catal10091090> [Journal]
67. Purwanti T, Setyadji M, Astuti W, Perdana I, **Petrus HTBM** (2020) Phosphate Decomposition by Alkaline Roasting to Concentrate Rare Earth Elements from Monazite of Bangka Island, Indonesia. J Min Sci 56:477–485. <https://doi.org/10.1134/S1062739120036763> [Journal]
68. Aisyiyah Jenie SN, Krismastuti FSH, Ningrum YP, Kristiani A, Yuniati MD, Astuti W, **Petrus HTBM** (2020) Geothermal silica-based fluorescent nanoparticles for the visualization of latent fingerprints. Mater Express 10:258–266. <https://doi.org/10.1166/mex.2020.1551> [Journal]
69. Prameswara G, Trisnawati I, Poernomo H, Mulyono P, Prasetya A, **Petrus HTBM** (2020) Kinetics of Yttrium Dissolution from Alkaline Fusion on Zircon Tailings. Mining, Metall Explor 37:1297–1305. <https://doi.org/10.1007/s42461-020-00220-x> [Journal]
70. Adelizar AS, Olvianas M, Adythia DM, Syafiyurrahman MF, Pratama IGAAN, Astuti W, **Petrus HTBM** (2020) Fly Ash and Bottom Ash Utilization as Geopolymer: Correlation on Compressive Strength and Degree of Polymerization Observed using FTIR. IOP Conf Ser Mater Sci Eng 742:012042.

<https://doi.org/10.1088/1757-899X/742/1/012042>
[Proceeding]

71. Widya R, Dea AAB, Bendiyasa IM, Indra P, Ferian A, **Petrus HTBM** (2020) Potency of rare earth elements and yttrium in indonesia coal ash. *Key Eng Mater* 849 KEM:102–107. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.849.102> [Journal]
72. Putri NRE, Firdausi SI, Najmina M, Amelia S, Timotius D, Kusumastuti Y, **Petrus HTBM** (2020) Effect of sonication time and particle size for synthesis of magnetic nanoparticle from local iron sand. *J Eng Sci Technol* 15:894–904 [Journal]
73. Firman K, Amila DI, Aisyah JM, **Petrus HTBM**, Achmad R (2020) Utilization of silica from indonesian solid wastes as catalyst materials. *Key Eng Mater* 849 KEM:72–77. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.849.72> [Journal]
74. Trisnawati I, Prameswara G, Mulyono P, Prasetya A, **Petrus HTBM** (2020) Sulfuric Acid Leaching of Heavy Rare Earth Elements (HREEs) from Indonesian Zircon Tailing. *Int J Technol* 11:804–816. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i4.4037> [Journal]
75. Supriyatna YI, Sumardi S, Astuti W, Nainggolan AN, Ismail AW, **Petrus HTBM**, Prasetya A (2020) Characterization and a preliminary study of tio₂ synthesis from lampung iron sand. *Key Eng Mater* 849 KEM:113–118. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.849.113> [Journal]
76. Wanta KC, Astuti W, Perdana I, **Petrus HTBM** (2020) Kinetic study in atmospheric pressure organic acid leaching: Shrinking core model versus lump model. *Minerals* 10:1–10. <https://doi.org/10.3390/min10070613> [Journal]

77. **Petrus HTBM**, Olvianas M, Suprpta W, Setiawan FA, Prasetya A, Sutijan, Anggara F (2020) Cenospheres characterization from Indonesian coal-fired power plant fly ash and their potential utilization. J Environ Chem Eng 8:104116. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104116> [Journal]
78. Prasetya A, Prihutami P, Warisaura AD, Fahrurrozi M, **Petrus HTBM** (2020) Characteristic of Hg removal using zeolite adsorption and *Echinodorus palaefolius* phytoremediation in subsurface flow constructed wetland (SSF-CW) model. J Environ Chem Eng 8:103781. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103781> [Journal]
79. Prasetya A, Ahsa WM, Gustiana HSEA, Astuti W, **Petrus HTBM** (2020) Effect of Particle Size and Shaking Speed on Enhancing Concentration of Manganese using Shaking Table. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12027 [Proceeding]
80. SURIANTI, Utami AN, Permatasari MA, Bendiyasa IM, Astuti W, **Petrus HTBM** (2020) Valuable Metals Precipitation of Low Grade Nickel Ore Leachate Using Sodium Hydroxide. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12043 [Proceeding]
81. Saputra FYA, Sutijan, **Petrus HTBM** (2020) Cenosphere Separation from Fly Ash Using Modified Gravity Separator: Feed Ratio Assessment and Stream Velocity Optimization. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12006 [Proceeding]
82. **Petrus HTBM**, Manurung H, Aditya RJ, Amanda R, Astuti W (2020) Bioleaching of Valuable Metals from Spent Catalyst Using Metabolic Citric Acid by *Aspergillus niger*. Appl Mech Mater 898:23–28. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.898.23> [Journal]

83. Wanta KC, Gunawan WT, Susanti RF, Gemilar GP, **Petrus HTBM**, Astuti W (2020) Subcritical Water as a Solvent for Extraction of Nickel and Aluminum Ions from Reforming Spent Catalysts. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12025 [Proceeding]
84. Manurung H, Rosita W, **Petrus HTBM**, Bendiyasa IM (2020) Amorphous Silicate Decomposition from Non-Magnetic Coal Fly Ash using Sodium Hydroxide. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12041 [Proceeding]
85. Manurung H, Rosita W, Anggara F, **Petrus HTBM**, Bendiyasa IM (2020) Leaching of REY from Non-magnetic Coal Fly Ash with Acetic Acid. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [Proceeding]
86. **Petrus HBTM**, Putra AE, Gustiana HSA, Prasetya A, Bendiyasa IM, Astuti W (2020) Gold Leaching from Printed Circuit Boards (PCBs) as one of the Urban Mine Resources using Thiosulphate: Optimization using Response Surface Methodology (RSM). In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [Proceeding]
87. Sreyvich S, **Petrus HTBM**, Purnomo CW (2020) Nutrient Recovery from Slaughterhouse Wastewater. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [Proceeding]
88. Yuniarti, Murachman B, Purwono S, **Petrus HTBM** (2020) Kinetics on biomass conversion of terminalia catappa l. Shell through isothermal pyrolysis. Eng J 24:49–62. <https://doi.org/10.4186/ej.2020.24.4.49> [Journal]
89. **Petrus HTBM**, Kristanto J, Wanta KC, Prasetya A (2020) Simulation of Cement Mill to Predict and Mitigate the Over-Heat Phenomenon: an Approach to Optimize the Energy Consumption in Cement Industry. INSIST 4:221–225 [Journal]

90. **Petrus HTBM**, Pratama Putera AD, Wangi IP, Ramadhian MA, Setiawan H, Prasetya A (2020) Characterization of Nitrogen Release in Modified Controlled-Release-Fertilizer using Rice Husk Biochar. *Int J Technol* 11:774–783. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i4.3520> [Journal]
91. Anggara F, **Petrus HTBM**, Patria AA, Bangun AS V. (2020) Preliminary Study of Rare Earth Element and Yttrium (REY) Content of Coal In Sangatta Coalfield, East Kalimantan, Indonesia. *Indones J Geosci* 7:305–314. <https://doi.org/10.17014/ijog.7.3.305-314> [Journal]
92. **Petrus HTBM**, Manurung H, Aditya RJ, Amanda R, Astuti W (2020) Biorecovery of Valuable Metals from Spent Catalyst Using Metabolic Citric Acid by *Aspergillus niger*. *Appl Mech Mater* 898:23–28. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.898.23> [Journal]
93. Rahayuningsih E, Setiawan FA, Ayanie CJ, Antoko AA, Ayuningtyas YI, **Petrus HTBM** (2020) Optimization model on the effect of clove oil, formaldehyde, and chitosan added to batik fabric colored with gambier (*Uncaria gambir roxb*): Antifungal properties and stability. *Indones J Chem* 20:210–222. <https://doi.org/10.22146/ijc.46038> [Journal]
94. Rahayuningsih E, Setiawan FA, Ayanie CJ, Antoko AA, Ayuningtyas YI, **Petrus HTBM** (2020) Optimization model on the effect of clove oil, formaldehyde, and chitosan added to batik fabric colored with gambier (*Uncaria gambir roxb*): Antifungal properties and stability. *Indones J Chem* 20:210–222. <https://doi.org/10.22146/ijc.46038> [Journal]
95. **Petrus HTBM**, Putera ADP, Sugiarto E, Perdana I, Warmada IW, Nurjaman F, Astuti W, Mursito AT (2019) Kinetics on roasting reduction of limonitic laterite ore using coconut-

- charcoal and anthracite reductants. *Miner Eng* 132:126–133.
<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.11.043> [Journal]
96. Fatikhin R, Cahyono RB, **Petrus HTBM**, Perdana I (2019) Synthesis of dry-mix of fly ash based geopolymer. In: AIP Conference Proceedings. p 020050 [Proceeding]
 97. **Petrus HTBM**, Adelizar AS, Widiyatmoko A, Olvianas M, Suprpta W, Perdana I, Prasetya A, Astuti W (2019) Kinetics of Fly Ash Geopolymerization using Semi Quantitative Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR); *Corr Data. IOP Conf Ser Mater Sci Eng* 532:12001.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/532/1/012001>
[Proceeding]
 98. Setiawan H, **Petrus HTBM**, Perdana I (2019) Reaction kinetics modeling for lithium and cobalt recovery from spent lithium-ion batteries using acetic acid. *Int J Miner Metall Mater* 26:98–107.
<https://doi.org/10.1007/s12613-019-1713-0>
[Journal]
 99. Setiawan FA, Rahayuningsih E, **Petrus HTBM**, Nurpratama MI, Perdana I (2019) Kinetics of silica precipitation in geothermal brine with seeds addition: minimizing silica scaling in a cold re-injection system. *Geotherm Energy* 7:22.
<https://doi.org/10.1186/s40517-019-0138-3> [Journal]
 100. Gustiana HSEA, Bendiyasa IM, Prasetya A, Mufakhir FR, Astuti W, **Petrus HTBM** (2019) The kinetic study of limonitic low grade nickel ore leaching using hydrochloric acid. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12009 [Proceeding]
 101. **Petrus HTBM**, Wijaya A, Putra ADP, Iskandar Y, Bratakusuma D, Mufakhir FR, Astuti W, Wiratni (2019) Effect of temperature and acid concentration on lanthanum extraction from spent catalyst using organic acid. In: IOP Conference

Series: Materials Science and Engineering. p 12017
[Proceeding]

102. Anggraeni RD, Prasetya A, **Petrus HTBM**, Cahyono RB, Sumardi S, Astuti W (2019) Performance of Kulon Progo low grade manganese ore leaching using acetic acid and its selectivity. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12008 [Proceeding]
103. Sutijan, Sandiwan SW, Saputra KI, Mahdi MH, Albarkan MS, Prasetya A, **Petrus HTBM** (2019) Effect of inlet speed on gravitational air separator for cenospheres accumulation from fly ash: Modeling using computational fluid dynamics (CFD). In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12028 [Proceeding]
104. Purnomo CW, Marpaung YN, Sreyvich S, Fadlilah I, **Petrus HTBM** (2019) Struvite precipitation using continuous flow reactor. In: AIP Conference Proceedings [Proceeding]
105. Kusumastuti Y, Larasati F, Gunawan DR, Najmina M, Putri NRE, **Petrus HTBM**, Kobayashi M (2019) Comparative Characterization of Chitosan/Gelatin/Geothermal Silica Biocomposites in Two-Dimensional Film and Three-Dimensional Scaffold Forms. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12028 [Proceeding]
106. Rahayuningsih E, Subagya IS, Setiawan FA, **Petrus HTBM** (2019) Fresh Neem Leaves (*Azadirachta indica* A. Juss) extraction and application: An Optimization using Response Surface Methodology. *Asian J Chem* 31:2567–2574. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2019.22207> [Journal]
107. Ernawati R, Idrus A, **Petrus HTBM** (2019) Mineralogy and Geochemistry of Gold Ore Low Sulfidation -Epithermal at Lamuntet, Brang Rea, West Sumbawa District, West Nusa

- Tenggara Province. *J Geosci Eng Environ Technol* 4:198. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2019.4.3.1653> [Journal]
108. **Petrus HTBM**, Sari DP, Yuliansyah AT, Mufakhir FR, Astuti W, Iskandar Y, Bratakusuma D, Virdhian S (2019) Manganese Recovery from Hydrocracking Spent Catalyst Using Citric Acid and Its Kinetics. *INSIST* 4:226–230 [Journal]
 109. Jenie SNA, Ghaisani A, Ningrum YP, Kristiani A, Aulia F, **Petrus HTMB** (2018) Preparation of silica nanoparticles from geothermal sludge via sol-gel method. In: *AIP Conference Proceedings*. p 020008 [Proceeding]
 110. **Petrus HBTM**, Wanta KC, Setiawan H, Perdana I, Astuti W (2018) Effect of pulp density and particle size on indirect bioleaching of Pomalaa nickel laterite using metabolic citric acid. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* 285:012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/285/1/012004> [Proceeding]
 111. Setiawan H, **Petrus HTBM**, Perdana I (2018) A kinetics study of acetic acid on cobalt leaching of spent LIBs: Shrinking Core Model. *MATEC Web Conf* 154:0–4. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401033> [Proceeding]
 112. Prasetya A, Mawadati A, Putri AMR, **Petrus HTBM** (2018) Study on Sumbawa gold ore liberation using rod mill: Effect of rod-number and rotational speed on particle size distribution. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. p 12024 [Proceeding]
 113. Ferdana AD, **Petrus HTBM**, Bendiyasa IM, Prijambada ID, Hamada F, Sachiko T (2018) Study on Sumbawa gold recovery using centrifuge. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. p 12027 [Proceeding]

114. Astuti W, Prilitasari NM, Iskandar Y, Bratakusuma D, **Petrus HTBM** (2018) Leaching behavior of lanthanum, nickel and iron from spent catalyst using inorganic acids. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. p 12007 [Proceeding]
115. Ferdana AD, **Petrus HTBM**, Bendiyasa IM, Prijambada ID, Hamada F, Sachiko T (2018) Optimization of gold ore Sumbawa separation using gravity method: Shaking table. In: AIP Conference Proceedings [Proceeding]
116. Ernawati R, Idrus A, **Petrus HTBM** (2018) Study of the optimization of gold ore concentration using gravity separator (shaking table): Case study for LS epithermal gold deposit in Artisanal Small scale Gold Mining (ASGM) Paningkaban, Banyumas, Central Java. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p 12019 [Proceeding]
117. Kusumastuti Y, Kobayashi M, Purwaningtyas FY, Najmina M, Murti **Petrus HTB**, Putri NRE, Budhijanto, Tanihara M (2018) Characterization of three dimensional scaffolds from local chitosan/alginate/geothermal silica for potential tissue engineering applications. J Eng Sci Technol 13:3500–3515 [Journal]

HAKI (5 Tahun Terakhir)

- 2023 : Rekoveri Logam Besi (ZVI) dari Lumpur Merah dengan metode Direct Electrochemical Reduction
- 2023 : Ekstraksi Litium dari Brine dengan Metode Electro-nanofiltration
- 2023 : Daur Ulang Limbah Natrium sulfat dari proses Pengolahan Baterai NMC (Nikel

- Mangan Kobalt) dengan Metode Elektrodialisis
- 2022 : Proses ekstraksi litium dari geothermal brine Menggunakan Metode Ion Sieved Adsorbtion dengan TiO₂
- 2022 : Sintesis prototipe Nano partikel tembaga (CuNPs) Menggunakan NABH₄
- 2022 : Pembuatan Prototipe Beton High Volume Fly Ash (HFVA) dari Fly Ash
- 2022 : Proses Pengambilan REY dari Coal Fly Ash menggunakan Pelarut Organik Asam Sitrat
- 2022 : Pembuatan Geopolimer dengan Filler Nanosilika Berbasis Geothermal Sludge dengan Metode Presipitasi
- 2022 : Pembuatan Pupuk Granul Silika dari Fly Ash dan Abu Sawit dengan Menggunakan Metode Wet Granulation
- 2022 : Pembuatan Prototipe Beton Geopolimer dengan Menggunakan Oil Well Cement Class G dan Nanosilika Geotermal
- 2022 : Pembuatan Prototipe Silica Gel dengan Menggunakan Silika Geotermal dengan Metode Sol-Gel
- 2022 : Pengambilan Litium dari Volcano Mud dengan Menggunakan Metode Pelindian
- 2022 : Pembentukan Nanoclay dari Volcano Mud dengan Menggunakan Metode Sonikasi

- 2021 : Pembuatan Prototipe Timah (II) Sulfat (SnSO_4) Dengan Menggunakan Metode Elektrolisis
- 2020 : Prototype silica scaling handling pada brine geothermal untuk optimalisasi pembangkit listrik binary cycle
- 2020 : Metode ekstraksi nikel dari bijih nikel laterit dengan pengendapan bertingkat
- 2020 : Ekstraksi logam tanah jarang dari limbah padat abu terbang batubara menggunakan asam asetat
- 2020 : Modified gravity separator untuk memisahkan cenosphere dari fly ash
- 2020 : Pembuatan Geopolimer Dari Fly-Ash Dengan Pencampuran Kering Menggunakan Silika Geotermal Dan Naoh Sebagai Aktivator
- 2018 : Proses pelindian senyawa logam lanthanum dari katalis bekas industri pengolahan minyak bumi menggunakan asam sitrat
- 2018 : Proses ekstraksi mangan menggunakan asam sitrat
- 2018 : Proses pembuatan nanopartikel silika berfluoresensi dari limbah lumpur silika alam dan metode penggunaannya