



um

Excellence in  
Learning Innovation



**PIDATO PENGUKUHAN  
JABATAN GURU BESAR**

**Prof. Dr. Sukarni, S.T., M.T.**

Bahan Bakar Terbarukan dari Mikroalga:  
Peluang dan Tantangan untuk  
Pasokan Energi Masa Depan

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI MALANG  
16 DESEMBER 2021



# **BAHAN BAKAR TERBARUKAN DARI MIKROALGA: PELUANG DAN TANTANGAN UNTUK PASOKAN ENERGI MASA DEPAN**

**Prof. Dr. Sukarni, S.T., M.T.**

Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
dalam Bidang Ilmu Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran  
pada Fakultas Teknik  
disampaikan pada Sidang Terbuka Senat  
Universitas Negeri Malang  
Tanggal 16 Desember 2021

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM)  
DESEMBER 2021**

# **BAHAN BAKAR TERBARUKAN DARI MIKROALGA: PELUANG DAN TANTANGAN UNTUK PASOKAN ENERGI MASA DEPAN**

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh*

Yth. Ketua Senat Universitas Negeri Malang, Bapak Prof. Dr.  
Sukowiyono, S.H., M.Hum.

Yth. Rektor Universitas Negeri Malang, Bapak Prof. Dr. Ah. Rofi'uddin,  
M.Pd.

Yth. Para Anggota Senat, Ketua dan para Anggota Komisi Guru Besar  
Universitas Negeri Malang

Yth. Para Pejabat Struktural Universitas Negeri Malang

Yth. Rekan sejawat dosen, tenaga fungsional, dan mahasiswa Universitas  
Negeri Malang

Yth. Para tamu undangan dan hadirin yang berbahagia

Mengawali pidato ini, izinkahlah pertama-tama saya menyampaikan puji syukur alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, Dzat yang telah menciptakan langit dan bumi dengan segala fenomena dan keteraturannya. Atas kekuasaan Allah semata, yaitu Dzat yang telah mengkaruniakan nikmat yang tiada terhingga, yang terlimpahkan kepada kita semua dan kami sekeluarga khususnya, sehingga pagi ini kita dapat berbagi kebahagiaan melalui majelis terhormat ini. Lebih khusus, saya bersyukur, pada hari ini, saya masih diberi kesempatan dan kehormatan untuk memenuhi tradisi akademik yang terpelihara dengan baik di Universitas Negeri

Malang, yaitu menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar dalam Bidang Ilmu Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang.

Kedua, saya juga menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada Ketua Senat Universitas Negeri Malang, Bapak Prof. Dr. H. Sukowiyono, S.H., M. Hum, beserta segenap anggota Senat dan Komisi Guru Besar, dan rasa terimakasih yang setinggi-tingginya juga saya sampaikan kepada Rektor Universitas Negeri Malang, Bapak Prof. Dr. Ah. Rofi'uddin, M.Pd, serta segenap jajaran pimpinan dan staf yang telah menghantarkan saya untuk berdiri di mimbar yang terhormat ini.

*Hadirin yang saya hormati,*

Pada kesempatan ini, perkenankanlah saya menyampaikan sedikit sumbangsih pemikiran, dari hasil kegiatan akademik saya sebagai dosen. Materi yang saya sampaikan ini merupakan rangkuman pengetahuan dari berbagai sumber dan sebagian besarnya adalah gagasan yang telah saya tindaklanjuti dengan sejumlah kegiatan penelitian yang saya lakukan bersama-sama dengan dosen, baik dosen dari dalam UM, dosen mitra kerjasama dari luar UM, dan dosen kolaborator riset dari luar negeri, sejumlah balai penelitian dan pengembangan, serta melibatkan sejumlah mahasiswa program sarjana dan pascasarjana yang dalam masa pendidikannya saya bimbing.

Materi ini saya kemas dan saya paparkan secara berurutan mulai dari gambaran umum kecenderungan energi global dan nasional, kebijakan energi dan isu lingkungan, sejarah *biofuel*, mengapa mikroalga, *trend* riset mikroalga untuk bahan bakar, teknik konversi mikroalga menjadi bahan bakar, sumbangsih pemikiran dan hasil penelitian untuk pengembangan bahan bakar dari mikroalga, serta tantangan dan hambatan yang perlu secara terus menerus diteliti dan dicarikan solusi. Berdasarkan gambaran

umum tadi, maka pidato ilmiah ini saya beri judul: “*Bahan Bakar Terbarukan dari Mikroalga: Peluang dan Tantangan untuk Pasokan Energi Masa Depan*”.

## **I. Kecenderungan Energi Global**

*Hadirin yang saya muliakan,*

Faktor penting yang menjadi penggerak kenaikan kebutuhan energi adalah peningkatan jumlah penduduk dan naiknya standar kehidupan, terutama pada negara dengan pendapatan perkapita rendah dan menengah (BP, 2020a; ExxonMobil, 2018). Antara tahun sekarang dan 2040, populasi dunia diperkirakan akan tumbuh dari 7,5 miliar menjadi lebih dari 9 miliar, dan produk domestik bruto (PDB) global diperkirakan akan meningkat hampir dua kali lipat (BP, 2021b), yang mengangkat lebih dari 2,5 miliar orang dari pendapatan rendah menjadi kelas menengah (BP Energy Outlook, 2018). Hal ini akan mendorong permintaan energi primer secara global naik sekitar 25%, merujuk kepada skenario *business-as-usual* (BAU) (BP, 2020a).

Tragedi kemanusiaan berupa pandemi Covid-19, sangat berpengaruh terhadap permintaan energi global, khususnya pada tahun 2020, dimana konsumsi energi primer turun 4,5% (BP, 2021b). Namun demikian, kondisi ini diperkirakan hanya akan berdampak dalam jangka pendek, sehingga permintaan energi global sampai dengan 2040 diperkirakan akan terus tumbuh pada kisaran 25% (ExxonMobil, 2021).

Badan Energi Internasional (IEA, 2020, 2021) memproyeksikan bahwa permintaan energi sampai dengan tahun 2040 masih didominasi oleh minyak dan gas dengan jumlah pasokan mencapai 55% (ExxonMobil, 2018). Persoalan serius terkait dengan energi fosil adalah jumlah cadangan yang terbatas dan emisi dari hasil pembakarannya. Berdasarkan rasio cadangan terhadap produksi (*reserves-to-production (R/P) ratio*), cadangan minyak terbukti saat ini diperkirakan hanya akan bertahan 50 tahun (BP,

2020b), cadangan gas akan bertahan sampai 48,8 tahun (BP, 2021a) dan batubara hanya cukup untuk 114 tahun lagi (Our World in Data, 2021). Oleh karena itu, upaya pencarian sumber energi terbarukan adalah sebuah kewajiban dan menjadi tanggungjawab bagi para peneliti bidang energi di seluruh dunia untuk menjamin keberlangsungan generasi di masa yang akan datang, agar mereka bisa hidup dengan sumber energi yang cukup.

## II. Kecenderungan Energi Nasional

*Hadirin yang saya hormati,*

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi pada tahun 2021 memproyeksikan kebutuhan energi nasional tahun 2019-2050 terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 3,5% per tahun (BPPT, 2021). Komposisi jenis energi baik saat ini sampai dengan tahun 2050 masih didominasi oleh bahan bakar minyak (BBM), dari 42% (2019) menjadi 33% (2050), batubara 17% (2019) menjadi 18% (2050), listrik 16% (2019) menjadi 23% (2050) dan gas dari 10% (2019) menjadi 11% (2050). Data ini menunjukkan bahwa sampai dengan tahun 2050, ketergantungan pada sumber energi fosil berupa BBM, batubara dan gas masih sangat tinggi. Jika dilihat secara keseluruhan pada tahun 2019, penyediaan energi primer nasional 90,7% dipenuhi dari sumber energi fosil (BPPT, 2021). Sektor transportasi, sebagai pengguna energi terbesar nasional (42%), hampir keseluruhan sumber energinya, yaitu 90,9%, menggunakan BBM.

Ketergantungan Indonesia terhadap sumber energi fosil menghadapi 2 masalah besar dan serius: *pertama*, keterbatasan cadangan energi fosil dan *kedua*, isu lingkungan terkait dengan peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK). Kementerian ESDM melalui siaran pers nomor 028.Pers/04/SJI/2021 tanggal 19 Januari 2021 menyampaikan bahwa dengan asumsi tidak ada penemuan baru dan tingkat produksi saat ini sebanyak 700 ribu *barrel oil per day* (bopd) dan gas 6 *billion standard cubic feet per day* (bscfd), maka

cadangan minyak bumi Indonesia hanya akan tersedia selama 9,5 tahun dan cadangan gas bumi hanya akan bertahan selama 19,9 tahun (ESDM, 2021b). Kementerian ESDM melalui siaran pers nomor: 246.Pers/04/SJI/2021 tanggal 26 Juli 2021 juga mengumumkan bahwa dengan rata-rata produksi batubara sebesar 600 juta ton per tahun, maka ketersediaan cadangan batubara hanya tinggal 65 tahun lagi (ESDM, 2021a). Kondisi ini tentunya membutuhkan perhatian serius dari seluruh pemangku kepentingan agar generasi yang akan datang bisa lestari dengan kecukupan jumlah energi untuk hidup mereka.

### **III. Kebijakan Energi dan Isu Lingkungan**

*Hadirin yang saya muliakan,*

Kebijakan energi baik secara global dan nasional tidak bisa dilepaskan dari isu lingkungan, khususnya isu pemanasan global sebagai akibat meningkatnya jumlah gas rumah kaca (GRK) dari hasil pembakaran bahan bakar fosil. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer mengalami peningkatan dari 280 ppm pada masa pra-industri menjadi 412 ppm saat ini, dimana 35 miliar ton CO<sub>2</sub> dilepaskan ke atmosfer per tahun (NOAA, 2021a), dan ini menyebabkan perubahan iklim yang merusak. Pemanasan global telah terjadi secara nyata. *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* telah melaporkan kenaikan temperatur global mendekati 1 °C pada bulan Oktober 2015 (NOAA, 2015), tertinggi selama kurun waktu pencatatan sejak tahun 1880. Data tahun 2021 juga menunjukkan bahwa rata-rata temperatur permukaan bumi selama Januari-Oktober 2021 adalah 0,84 °C di atas rata-rata temperatur selama abad ke-20 (NOAA, 2021b). Simulasi yang menggambarkan dampak buruk dan serius akibat kenaikan temperatur 1,5 dan 2 °C dibandingkan sebelum era pra-industri, telah dipaparkan dalam tulisan Alan Buis, seorang penulis Science dari *NASA Jet Propulsion Laboratory* (Buis, 2019), diantaranya:

- (1). Terjadinya temperatur yang ekstrem pada tanah dengan intensitas panas yang berbeda-beda terjadi antara satu tempat dengan tempat yang lain. Hal ini akan mengakibatkan 14-37 % populasi di bumi ditimpa gelombang panas yang berbahaya setidaknya sekali dalam lima tahun.
- (2). Terjadinya kekeringan dan kelangkaan air. Pemanasan global akan berdampak pada menipisnya kandungan air di dalam tanah. Jika kenaikan temperatur melampaui batas 2 °C, maka sekitar 61 juta atau lebih banyak orang di daerah urban akan terkena kekeringan yang parah.
- (3). Pemanasan 2 °C mengakibatkan beberapa tempat mengalami peningkatan hujan lebat dengan risiko banjir yang lebih tinggi. Badai siklon tropis diproyeksikan akan terjadi lebih tinggi.
- (4). Pemanasan global juga akan berdampak pada biodiversitas dan ekosistem. Hilang dan punahnya spesies penyerbuk, akan berdampak pada ketahanan produktivitas terestrial, termasuk pertanian untuk konsumsi makanan manusia. Peluang terjadinya kebakaran hutan dan cuaca yang ekstrem akan lebih besar akibat kenaikan pemanasan 2 °C. Membatasi kenaikan temperature 1,5 °C, akan mempertahankan 2,5 juta kilometer persegi tanah *permafrost* tetap beku dan mencegah hilangnya cadangan karbon tersimpan di dalam tanah.
- (5). Jika pemanasan mencapai 2 °C, lebih dari 70 persen garis pantai bumi akan mengalami kenaikan permukaan laut lebih besar 0,2 meter, mengakibatkan peningkatan banjir pesisir, erosi pantai, salinisasi pasokan air dan dampak lainnya pada manusia dan sistem ekologis.
- (6). Peningkatan kadar CO<sub>2</sub> akan menyebabkan kenaikan temperatur air laut, meningkatkan keasaman dan mengurangi kadar oksigen dalam air. Kondisi ini akan menjadikan laut sebagai zona mematikan bagi makhluk hidup perairan.



Didasarkan pada kesadaran untuk menjaga kelestarian lingkungan ini, maka *Paris Agreement* tahun 2015 yang diikuti oleh 196 negara, telah menetapkan beberapa point penting (IESR, 2021; UNFCCC, 2021), yaitu:

- (1). Membatasi pemanasan global di bawah 2 °C dan lebih disukai menjaga pada 1,5 °C dibandingkan dengan pra-industri.
- (2). *Net-zero emission* sebagai tujuan jangka panjang. Untuk mencapai target ini, *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* menetapkan bahwa emisi dari bahan bakar fosil harus turun pada rentang tahun 2040-2070 dan setelah itu menjadi *net-zero emission*.

Berdasarkan dua latar belakang tersebut, yaitu adanya keterbatasan cadangan energi fosil dan perlunya menjaga kelestarian lingkungan, maka upaya pencarian sumber energi alternatif yang *renewable* dan ramah lingkungan menjadi sebuah keharusan. Skenario apapun yang dirancang untuk pengembangan energi ke depan harus mempertimbangkan dua hal penting tersebut. Maka dalam konteks penyediaan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil, perhatian dunia kembali kepada *biofuel*, yaitu bahan bakar yang berasal dari tumbuhan, dimana CO<sub>2</sub> hasil pembakarannya akan diserap kembali untuk proses fotosintesis selama proses pertumbuhannya, sehingga *biofuel* bisa *net-zero emission*.

#### **IV. Sejarah *Biofuel***

*Hadirin yang saya muliakan,*

Istilah *biofuel* mengacu pada biomassa tanaman dan produk turunannya yang akan dibakar untuk energi. *Biofuel* ada dalam bentuk padat, cair, dan gas. Manusia telah memanfaatkan *bioenergy* dan *biofuel* untuk keperluan rumah tangga sejak pra sejarah. Kayu dibakar untuk mendapatkan panas guna memasak makanan, menerangi malam, penghangat ruangan, dan merawat artefak tanah liat. Sebelum abad ke-19, kayu adalah bahan bakar

utama untuk memasak dan memanaskan, dan minyak nabati adalah bahan bakar utama untuk penerangan di seluruh dunia (Guo et al., 2015).

Etanol telah dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif jauh hari sebelum ditemukannya minyak bumi oleh Edwin Drake pada tahun 1859. Sebelum tahun ini, minyak ikan paus yang biasa digunakan sebagai minyak lampu. Minyak lampu lainnya yang berasal dari sayuran dan hewan juga digunakan, tetapi minyak ikan paus lebih disukai. Pada akhir tahun 1830-an, etanol yang dicampur dengan terpentin (dimurnikan dari pohon pinus) digunakan untuk menggantikan minyak ikan paus yang lebih mahal (Songstad et al., 2009).

Penggunaan *biofuel* pertama untuk bahan bakar mesin dimulai ketika tahun 1826, penemu Amerika Samuel Morey merancang mesin pembakaran dalam berbahan bakar etanol dan terpentin untuk menjalankan perahu dengan kecepatan 7 hingga 8 mph (mil per jam). Pada tahun 1860, insinyur Jerman Nicolaus August Otto mengembangkan mesin pembakaran dalam yang menggunakan campuran bahan bakar etanol. Kemudian industrialis Amerika Henry Ford membuat traktor yang dapat digerakkan oleh etanol (Guo et al., 2015; Songstad et al., 2009). Hambatan yang mencegah etanol digunakan sebagai bahan bakar mesin di AS adalah pajak alkohol yang diberlakukan pada tahun 1860-an untuk mendanai perang saudara. Hal membuat etanol lebih mahal daripada bensin dan lebih disukai penggunaan bensin untuk mesin pembakaran dalam. Ketika pajak ini dihapus tahun 1906, sulit bagi infrastruktur etanol untuk bersaing dengan bensin, sehingga bensin menjadi bahan bakar utama mobil sampai sekarang (Guo et al., 2015; Songstad et al., 2009).

Sejarah penggunaan minyak nabati sebagai pengganti solar sebagai bahan bakar dimulai ketika insinyur Jerman Rudolf Diesel menemukan mesin diesel dengan penyalan kompresi pada tahun 1893. Rudolf Diesel termotivasi menggunakan minyak nabati murni pada mesin pertanian,

karena ini akan lebih menguntungkan petani di daerah terpencil karena mereka bisa memproduksi minyak secara mandiri. Demonstrasi pertama mesin diesel dilakukan pada Pameran Dunia tahun 1900 di Paris dimana perusahaan Otto Prancisc mendemonstrasikan mesin diesel yang berbahan bakar minyak kacang. Perhatian untuk mengembangkan bahan bakar berbasis minyak nabati, bagaimanapun, terkalahkan oleh ketersediaan yang solar yang meluas dengan harga yang lebih murah (Guo et al., 2015; Songstad et al., 2009). Namun saat ini, ketika ancaman krisis energi fosil sudah sangat dekat dan bahaya rusaknya lingkungan akibat CO<sub>2</sub> dari pembakaran bahan bakar fosil sudah sangat mengancam, upaya untuk kembali ke bahan bakar yang *renewable* dan *net-zero emission* menjadi perhatian yang sangat serius bagi para peneliti dan pengambil kebijakan di seluruh dunia.

## V. Mengapa Mikroalga

*Hadirin yang saya hormati,*

Pangsa konsumen terbesar energi nasional adalah sektor transportasi (42%), industri (39%) dan rumah tangga (13%). Sumber energi untuk transportasi hampir semuanya menggunakan BBM, mengingat teknologi yang ada pada kendaraan yang melayani transportasi hampir semuanya digerakkan dengan BBM. Sumber energi utama untuk industri adalah batubara, karena semua teknologi *boiler* yang ada di industri memerlukan batubara untuk bahan bakar. Kebutuhan energi rumah tangga yang utama adalah listrik dan gas. Listrik kita utamanya dibangkitkan dengan bahan bakar batubara dan gas. Oleh karena itu, penyediaan energi alternatif yang *renewable* dan *net-zero emission* untuk kendaraan transportasi, industri dan rumah tangga adalah sangat penting untuk terus menggerakkan roda perekonomian dan menjaga kelestarian lingkungan.

Salah satu sumber energi alternatif yang *renewable* dan *net-zero emission* dan sesuai dengan teknologi yang ada pada kendaraan transportasi, mesin industri dan pembangkit listrik sekarang adalah biomassa (untuk menghasilkan *bio-fuel*). Biomassa bersifat *renewable* karena bisa ditanam kembali dan diproduksi secara terus menerus, dan bersifat *net-zero emission* karena produk CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pembakaran akan diserap selama proses fotosintesis. Namun demikian, pengembangan *biofuel* generasi pertama yang berasal tanaman pangan (seperti tebu, jagung, kedelai, ketela, minyak sawit) menghadapi kendala karena bersaing dengan kebutuhan pangan, sedangkan *biofuel* generasi kedua yang berasal dari biomassa kayu menghadapi tantangan terkait dengan kelestarian hutan dan perubahan orientasi penggunaan lahan (Sukarni, 2020; Sukarni, Sumarli, et al., 2018). Berbagai studi menunjukkan pada keyakinan pada sumber *biofuel* generasi ketiga, yaitu mikroalga, sangat potensial untuk menggantikan peran bahan bakar fosil.

Mikroalga adalah mikroorganisme bersel satu (Demirbas, 2010; Demirbas & Fatih Demirbas, 2011) atau multisel dengan struktur sederhana (Mata et al., 2010) dan beberapa diantaranya multisel dengan struktur kompleks (Singh et al., 2011) yang memiliki kemampuan fotosintesis, prokariotik atau eukariotik, yang dapat tumbuh dengan cepat di lingkungan air garam atau air tawar yang mengkonversi sinar matahari, air dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi biomassa.

Beberapa alasan yang didasarkan pada hasil riset tentang keutamaan mikroalga sebagai sumber energi alternatif diantaranya adalah:

- (1). Mikroalga memiliki memiliki produktivitas biomassa yang tinggi, sehingga keberlangsungan pasokan bahan baku sebagai sumber energi akan terjamin. Siklus pertumbuhan mikroalga relatif pendek dengan hasil biomassa yang dapat berlipat ganda, karena mikroalga menggandakan biomasanya antara 1-3 per 24 jam (Hu et al., 2008). Produksi

biomassa mikroalga adalah 50 kali lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman darat (Li et al., 2008).

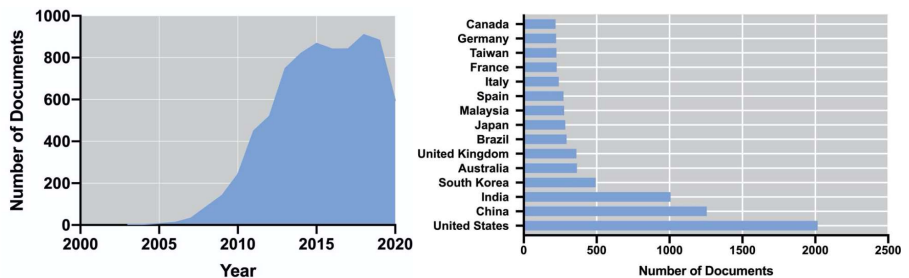
- (2). Potensi *biofuel* dari mikroalga tertentu diproyeksikan setidaknya 60 kali lebih tinggi daripada kedelai, kira-kira 15 kali lebih produktif daripada tanaman darat, dan hampir 5 kali lipat minyak sawit per hektar setiap tahun. Mikroalga kaya akan minyak, beberapa spesies mengandung lebih dari 60% dari berat kering biomassa (Chen et al., 2015).
- (3). Mikroalga mengkonsumsi 2 g CO<sub>2</sub> untuk menghasilkan 1 g biomassa. Dengan tingkat pertumbuhan 50 g/m<sup>2</sup>/hari, maka untuk satu hektar kolam mikroalga akan menyerap hingga 1 ton CO<sub>2</sub> per hari (Schenk et al., 2008). Dengan demikian, budidaya mikroalga akan menetralkan CO<sub>2</sub> dari hasil pembakarannya.
- (4). Mikroalga memungkinkan untuk dikonversi menjadi berbagai jenis produk bahan bakar seperti biohidrogen (H<sub>2</sub>), biodiesel, bahan bakar jet, bensin, dan bioetanol (De Bhowmick et al., 2019; Khan et al., 2018; Kumar et al., 2020).
- (5). Keseluruhan biomassa mikroalga juga dapat dimanfaatkan dalam produksi syngas dengan proses Fischer-Tropsch, produksi H<sub>2</sub> dan metana (CH<sub>4</sub>) dengan *hydrothermal liquefaction* (HTL), produksi CH<sub>4</sub> dengan *anaerobic digestion*, dan produksi listrik dengan pembakaran (De Bhowmick et al., 2019; Kumar et al., 2020).

## VI. Trend Riset Mikroalga untuk Bahan Bakar

*Hadirin yang saya hormati,*

Riset terkait potensi mikroalga untuk bahan bakar masih relatif baru jika dibandingkan dengan riset *biofuel* secara keseluruhan. Penelusuran pustaka berupa artikel jurnal pada database Scopus dengan bantuan *software Publish or Perish* mendapatkan artikel pertama terkait mikroalga sebagai bahan bakar adalah terbit tahun 1999 yang berjudul "*Possibility of renewable*

*energy production and CO<sub>2</sub> mitigation by thermochemical liquefaction of microalgae*” yang ditulis oleh peneliti Jepang (Sawayama et al., 1999). Dalam kurun waktu 1999-2005 hanya ditemukan 6 artikel terkait *microalgae biofuel*. Selanjutnya dalam kurun waktu 5 tahun berikutnya (2006-2011) terdapat kurang lebih 443 artikel dan tahun 2012 saja lebih dari 200 artikel dalam 1 tahun. Total jumlah artikel sampai tahun 2021 ada 8022 (Zuorro et al., 2021). Hal ini menunjukkan besarnya perhatian para peneliti terhadap upaya eksplorasi sumber energi terbarukan berbahan dasar mikroalga, terutama para peneliti dari negara-negara maju sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

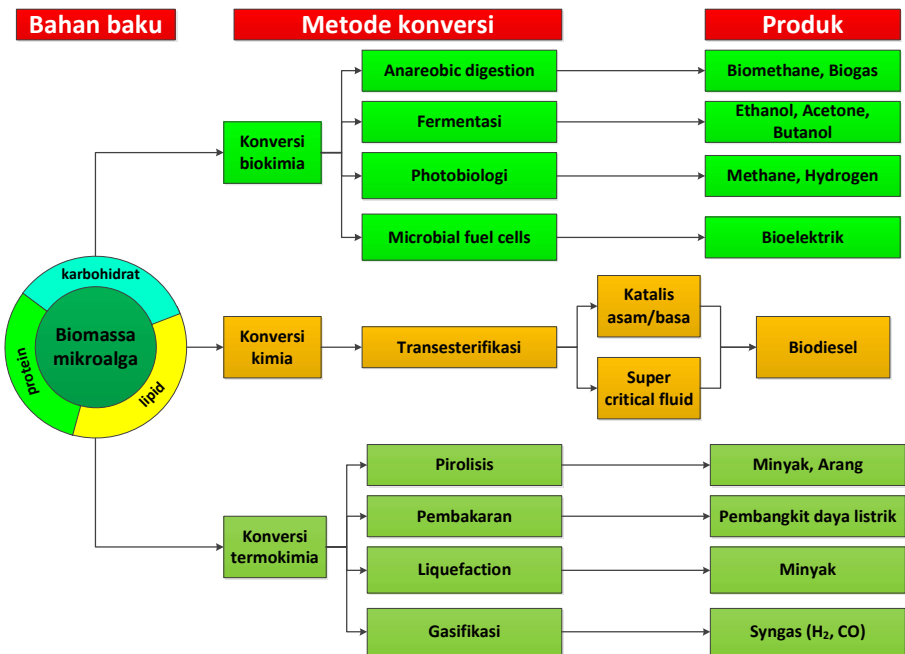


Gambar 1. Trend riset *biofuel* mikroalga secara global dari 2003-2020 (Zuorro et al., 2021)

## VII. Teknik Konversi Mikroalga Menjadi Bahan Bakar

*Hadirin yang saya hormati,*

Mikroalga dapat dikonversi secara langsung untuk menghasilkan panas yang diperlukan untuk pembangkit listrik atau dikonversi menjadi bahan bakar dalam bentuk yang lain. Proses konversi tersebut secara garis besar ditunjukkan pada skema Gambar 2.



Gambar 2. Konversi mikroalga menjadi bahan bakar

### Konversi Biokimia

*Anaerobic digestion* adalah proses biokimia kompleks yang mengubah biomassa mikroalga menjadi biogas dalam kondisi anaerob melalui sejumlah reaksi seperti (a) hidrolisis, (b) asidogenesis, (c) asetogenesis dan (d) metanogenesis. Dalam proses ini, produk dari satu fase digunakan sebagai substrat dalam fase lain. Pada fase pertama, senyawa organik yang tidak larut dihidrolisis, dan senyawa dengan berat molekul tinggi seperti polisakarida, lipid, protein, dan asam nukleat diubah menjadi senyawa organik terlarut. Pada fase kedua, produk yang diperoleh dari hidrolisis didegradasi oleh bakteri asidogenik yang menghasilkan amonia, asam lemak volatil, dan karbon dioksida sebagai hasil asidogenesis. Selama asetogenesis, produk dari fase awal dicerna oleh asetogen menjadi asam

asetat, karbon dioksida, dan hidrogen. Metanogenesis adalah fase terminal yang mengubah produk dari fase asetogenesis menjadi metana (55%–75%), karbon dioksida (25%–45%) dan air dengan menggunakan bakteri metanogenik (De Bhowmick et al., 2019)

Fermentasi adalah proses anaerobik di mana mikroorganisme (misalnya, bakteri, ragi, dan jamur) menghidrolisis dan memfermentasi polisakarida mikroalga seperti pati, glikogen, dan selulosa menjadi etanol dan karbon dioksida. Karena dinding sel mikroalga sangat kuat, perlakuan awal biomassa sangat penting untuk memfasilitasi pelepasan pati intraseluler dan mengubahnya menjadi gula sederhana melalui sakarifikasi untuk fermentasi. Teknik *pretreatment* yang paling umum digunakan adalah fisik atau mekanik (misalnya, sonikasi, penggilingan), biologis (misalnya enzimatis) dan kimia (misalnya, perlakuan termal, asam atau alkali). Etanol diperoleh melalui fermentasi dan selanjutnya dilakukan distilasi untuk menghilangkan air dan kotoran, dan akhirnya, etanol pekat (sekitar 95%) dicampur dengan bahan bakar fosil untuk digunakan pada mesin (De Bhowmick et al., 2019).

Photobiologi untuk menghasilkan hidrogen. Ada tiga mekanisme yang melaluinya biohidrogen dapat diproduksi (a) biofotolisis langsung, (b) biofotolisis tidak langsung, (c) dua tahap produksi hidrogen/foto fermentasi hidrogen. Dalam biofotolisis langsung, molekul hidrogen diproduksi tanpa oksigen sebagai hasil dari aktivitas pemisahan air dari fotosistem II (PSII). Mekanisme ini dikatalisis oleh enzim hidrogenase mikroalga hijau. Biofotolisis tidak langsung adalah proses dua fase di mana mikroalga awalnya tumbuh di bawah kondisi fotosintesis normal dan dibiarkan bereplikasi dan terakumulasi karbohidrat sebanyak mungkin. karbohidrat sebanyak mungkin. Dua tahap produksi hidrogen/foto fermentasi hidrogen, yaitu awalnya biofotolisis langsung dilakukan oleh mikroalga untuk menghasilkan hidrogen. Setelah produksi hidrogen oleh



mikroalga dihentikan, biomassa alga berfungsi sebagai substrat bagi bakteri fermentatif untuk melakukan evolusi hidrogen melalui fermentasi gelap (Mishra et al., 2019).

*Microbial fuel cells* (MFC) berbasis mikroalga juga dikenal sebagai sistem bioelektrokimia adalah teknologi baru yang menjadi pusat perhatian karena pendekatan barunya dalam mengolah limbah, memanen listrik, dan menumbuhkan mikroalga secara bersamaan. MFC adalah perangkat bioelektrik yang memanfaatkan mikroalga untuk mengubah cahaya dan energi biokimia menjadi energi listrik secara biologis (Mishra et al., 2019).

### **Konversi kimia**

Reaksi transesterifikasi adalah proses yang mengubah trigliserida menjadi alkil ester asam lemak rantai panjang (*fatty acid alkyl esters*, FFAE) dengan adanya alkohol dan katalis. FFAE, juga dikenal sebagai biodiesel yang secara konvensional diproduksi dari mikroalga melalui rute ekstraksi lipid diikuti dengan konversi ke FFAE dan gliserol. Faktor-faktor seperti suhu reaksi, waktu, rasio lipid-alkohol, dan pemuatan katalis dianggap mengoptimalkan proses untuk konversi FFAE yang signifikan (Mishra et al., 2019).

### **Konversi termokimia**

Pirolisis adalah teknik yang menjanjikan untuk mengubah mikroalga menjadi biofuel bernilai tinggi. Proses pirolisis terjadi dengan pemanasan antara 300 dan 600 °C tanpa adanya oksigen, yang mengubah biomassa menjadi bio-oil, biochar, dan syngas. Secara umum, teknologi pirolisis diklasifikasikan menjadi pirolisis lambat, menengah, cepat, dan kilat. Pada pirolisis lambat, biochar adalah produk utama dan terjadi pada laju pemanasan dan temperatur yang lebih rendah dengan waktu tinggal yang lebih lama. Sebaliknya, pirolisis cepat menghasilkan bio-oil sebagai produk

utama, dilakukan dengan pemanasan yang tinggi dan waktu tinggal yang singkat. Selama pirolisis, dihasilkan senyawa yang mengandung oksigen (aldehid, fenol, keton, dan asam organik) yang menyebabkan bio-oil tidak stabil dan bersifat asam (Ong et al., 2020).

Pembakaran mikroalga dilakukan dalam tungku atau boiler untuk menghasilkan energi panas. Kadar air biomassa harus <50% (McKendry, 2002; Sukarni, 2020), dan biomassa kadar air tinggi sering dikeringkan untuk mencapai kadar air yang diinginkan. Biomassa dengan kandungan abu tinggi dan nilai kalori rendah dapat dijadikan sebagai bahan baku. Namun demikian, pengeringan, penggilingan, dan pemanfaatan langsung energi panas dari hasil pembakaran mikroalga masih menjadi salah satu tantangan utama. Pembakaran bersama biomassa mikroalga dengan bahan baku lain seperti, batubara dan biomassa limbah dapat dipertimbangkan untuk operasi dalam skala komersial (Mishra et al., 2019).

Pencairan hidrotermal (*hydrothermal liquefaction*, HTL) adalah proses konversi termokimia yang mengubah biomassa mikroalga basah menjadi *biocrude* (bahan bakar bio cair). HTL dioperasikan pada kondisi mendekati superkritis (temperature 250–370 °C), di mana air bertindak seperti katalis asam dan basa. Ini memicu isomerisasi, depolimerisasi dan repolimerisasi yang menghasilkan konversi biomolekul (misalnya, protein, polisakarida, lipid, klorofil) menjadi biofuel. Keuntungan dari likuifaksi adalah kemampuannya untuk memproses sumber biomassa apa pun untuk menghasilkan bio-oil tanpa mempertimbangkan kadar air bahan baku (Mishra et al., 2019; Seepana et al., 2019).

Gasifikasi adalah proses termokimia dimana produksi syngas dilakukan dalam dua metode berbeda (1) gasifikasi konvensional dan (2) gasifikasi air superkritis (*supercritical water gasification*, SCWG). Gasifikasi konvensional dilakukan pada kisaran temperatur 800–1000 °C dan tekanan 1–10 bar menggunakan biomassa mikroalga kering. Sedangkan SCWG

biomassa mikroalga basah diproses pada kondisi super kritis (400–500 °C dan 24-36 MPa) untuk menghasilkan gas yang mudah terbakar (CH<sub>4</sub> atau H<sub>2</sub>) (Mishra et al., 2019).

## **VIII. Sumbangsih Pemikiran dan Hasil Penelitian untuk Pengembangan Bahan Bakar dari Mikroalga**

*Hadirin yang saya hormati,*

Sesuai bidang keilmuan saya, yaitu bidang ilmu bahan bakar dan teknologi pembakaran, maka penelitian yang saya lakukan lebih fokus ke arah proses konversi mikroalga melalui pembakaran dan sebagian diantaranya pirolisis. Meskipun demikian, karena potensi mikroalga sebagai bahan bakar harus dilihat secara keseluruhan, mulai dari potensi kelimpahan biomassa untuk menjamin keberlangsungan ketersediaan bahan baku, potensi secara fisik dan kimia, potensi pemanfaatan residu sisa pembakaran, maka adanya irisan dengan bidang ilmu yang lain menjadi keniscayaan. Ilmu biologi diperlukan untuk memahami proses budidaya mikroalga dan memahami struktur biologi mikroalga dalam kaitannya dengan perubahan struktur selama proses konversi termal. Ilmu kimia untuk memahami keterkaitan kandungan unsur dalam mikroalga dengan potensi yang timbul dalam proses pembakaran. Ilmu material untuk menganalisis struktur material sisa pembakaran dan kemungkinan pemanfaatannya. Demikianlah, bidang ilmu teknik mesin khususnya bidang ilmu bahan bakar dan teknologi pembakaran tidak bisa dipisahkan dengan berbagai bidang ilmu yang lain.

*Hadirin yang saya muliakan,*

Penelitian pertama telah saya lakukan tahun 2013 terkait karakteristik pembakaran mikroalga *Nannochloropsis oculata* dengan dukungan pendanaan dari Hibah Fundamental DRPM DIKTI. Penelitian ini dilakukan secara

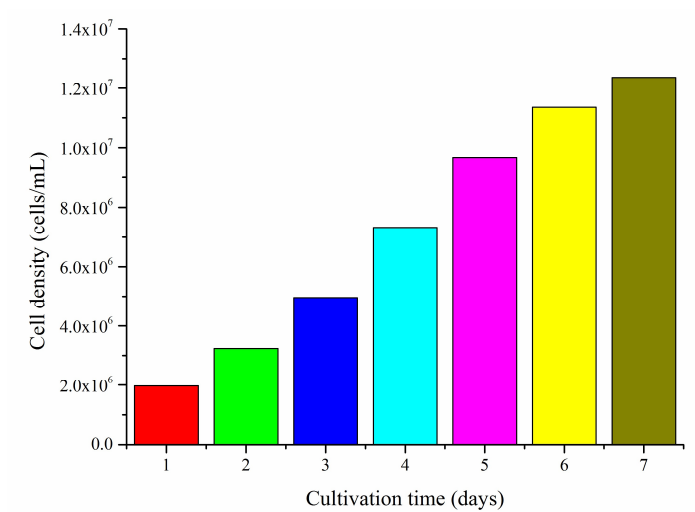
menyeluruh mulai dari kultur atau budidaya mikroalga, menghitung laju pertumbuhannya, menganalisis kandungan unsur kimia dan komponen fisik (kadar air, *voaltile matter*, *fixed carbon* dan abu), melakukan uji pembakaran dan menganalisis parameter kinetiknya sehingga didapatkan energi aktivasi untuk proses pembakarannya, menganalisis perubahan komposisi unsur pada setiap tahap dekomposisi termal dan juga menganalisis unsur yang terkandung pada abu sisa pembakarannya. Gambar 3 menunjukkan sebagian kegiatan kultur mikroalga yang saya lakukan di Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Situbondo. Gambar 4 menunjukkan proses pemanenan dengan melakukan penyaringan dan Gambar 5 menunjukkan laju pertumbuhan mikroalga *Nannochloropsis oculata*.



Gambar 3. Kultur mikroalga *Nannochloropsis oculata* pada kolam terbuka di BBAP Situbondo



Gambar 4. Penyaringan mikroalga *Nannochloropsis oculata* sebelum dikeringkan



Gambar 5. Produktivitas *Nannochloropsis oculata* hari ke 1 sampai hari ke 7

Penelitian pertama ini telah menghasilkan luaran 3 jurnal internasional bereputasi dan mengantarkan saya untuk lulus program doktoral, dengan rincian artikel sebagai berikut:

- (1). Artikel pertama dengan judul “*Potential and properties of marine microalgae Nannochloropsis oculata as biomass fuel feedstock*” terbit di Springer (Scopus, Q2) tahun 2014 (Sukarni et al., 2014). Artikel ini berisi informasi mendasar tentang bahan baku bahan bakar biomassa *Nannochloropsis oculata* meliputi kecepatan pertumbuhan biomassa dalam media kultur dan karakteristik fisik dan kimia yang mempengaruhi kinerjanya sebagai bahan bakar meliputi nilai kalor, kadar air dan sifat fisikokimia yang lain. Analisis spektroskopi dengan Fourier transform infrared (FTIR) juga dilakukan terhadap biomassa dan residu hasil pembakaran untuk mengidentifikasi kandungan makromolekulnya. Artikel ini cukup banyak mendapatkan perhatian dari para peneliti di berbagai belahan dunia dan sampai saat ini telah diakses sebanyak 12.000 kali.
- (2). Artikel kedua berjudul “*Thermogravimetric kinetic analysis of Nannochloropsis oculata combustion in air atmosphere*” terbit di Springer (Web of Science, IF 2,7) tahun 2015 (Sukarni et al., 2015). Dalam artikel ini, perilaku termal pembakaran *Nannochloropsis oculata* diteliti dengan menggunakan teknik termogravimetri. Kehilangan massa, laju kehilangan massa dan diferensial termal dianalisis pada berbagai laju pemanasan dianalisis untuk memprediksi perilaku termal material. Lebih dari itu, parameter kinetika dekomposisi dievaluasi dengan metode Kissinger dan Ozawa untuk mengetahui besaran energi aktivasi selama proses pembakaran.
- (3). Artikel ketiga dengan judul “*Combustion of microalgae Nannochloropsis oculata biomass: Cellular macromolecular and mineralogical content changes during thermal decomposition*” terbit di Songklanakarin Journal of Science and Technology (Scopus, Q3) tahun 2018 (Sukarni, Yanuhar, et al., 2018). Artikel ini menyajikan tentang dekomposisi termal pembakaran

*Nannochloropsis oculata* ditinjau dari perubahan kandungan makromolekul dan mineral sebagai fungsi temperatur, untuk mengetahui dekomposisi elemen biomassa pada setiap tahapnya. Karakteristik biomassa dan residunya pada suhu 1200 °C juga diteliti, terutama morfologi dan komposisinya.

*Hadirin yang saya hormati,*

Beberapa catatan penting dari penelitian mikroalga *Nannochloropsis oculata* yang menunjukkan peluang dan tantangannya sebagai bahan bakar padat untuk keperluan pembangkit daya adalah:

- (1). Dari aspek kelimpahan, *Nannochloropsis oculata* memiliki produktivitas yang tinggi, yaitu memiliki laju pertumbuhan 0,27/hari dalam kondisi dibudidayakan pada kolam terbuka tanpa ada rekayasa. Laju pertumbuhan ini lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa spesies yang lain *Dunaliella salina* (García-González et al., 2005), *Scenedesmus obliquus* (de Morais & Costa, 2007) dan *Chlorella vulgaris* (Converti et al., 2009).
- (2). Proses pemanenan *Nannochloropsis oculata* cukup mudah, hanya dilakukan pengendapan dengan NaOH, disaring dan dikeringkan baik dengan oven atau sinar matahari.
- (3). Analisis unsur kimia menunjukkan bahwa *Nannochloropsis oculata* tinggi kandungan mineral yang cukup tinggi, terutama Mg, Ca, Na, Si dan Cl. Hal ini tidak menguntungkan sebagai bahan baku bahan bakar karena akan menurunkan nilai kalor dan menghasilkan abu yang merugikan pada sistem perpindahan kalor di dalam boiler.
- (4). Analisis kinetika menunjukkan bahwa nilai energi aktivasi pembakaran *Nannochloropsis oculata* cukup tinggi, yaitu sekitar 250 KJ/mol. Hal ini kemungkinan karena struktur dinding sel *Nannochloropsis oculata* cukup kuat sehingga proses pemecahan termal (*thermal cracking*) pada tahap awal sulit dilakukan dan membutuhkan energi yang tinggi. Kemung-

kinan yang kedua adalah karena kadar mineral dalam *Nannochloropsis oculata* cukup tinggi, terutama unsur Mg dan Ca.

- (5). Residu hasil pembakaran *Nannochloropsis oculata* cukup tinggi, yaitu sekitar 45%. Jika dikaitkan dengan pembakaran, hal ini tidak menguntungkan karena bahan bakar yang baik seharusnya meninggalkan sedikit residu. Meskipun demikian, analisis residu menunjukkan adanya kandungan yang berguna, seperti (a) senyawa melilite dapat digunakan sebagai bahan pembuatan kaca (Reddy et al., 2012) (b) senyawa silikon dioksida digunakan sebagai bahan baku industri elektronika (Green et al., 2001) (c) *di-calcium silicate* ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_5$ ) adalah salah satu bahan pembuatan *portland cement* (Adamu et al., 2008; Méducin et al., 2007) dan (d) Magnesium karbonat digunakan untuk produksi magnesium oksida dengan proses kalsinasi. Magnesit juga digunakan untuk memproduksi batu bata tahan api dan *fireproofing* (Seeger et al., 2000).

*Hadirin yang saya muliakan,*

Penelitian kedua terkait potensi mikroalga *Isochrysis galbana* telah saya lakukan tahun 2015-2016 dengan dukungan dana Hibah Fundamental DRPM DIKTI. Budidaya *Isochrysis galbana* dilakukan bekerjasama dengan Balai Besar Pengembangan Budi Daya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Penelitian ini telah menghasilkan luaran jurnal internasional bereputasi berjudul “*Exploring the prospect of marine microalgae Isochrysis galbana as sustainable solid biofuel feedstock*” terbit di Journal of Applied Research and Technology (Scopus, Q2) tahun 2018 (Sukarni, Sumarli, et al., 2018).

Beberapa catatan penting terkait penelitian ini adalah:

- (1). Budidaya *Isochrysis galbana* saat itu hanya bisa dilakukan pada skala laboratorium dengan gelas Erlenmeyer, sehingga belum diketahui secara pasti potensi kelimpahan jika dibudidaya secara massal. Laju pertumbuhan *Isochrysis galbana* adalah 0,18/hari, lebih rendah dibandingkan



*Nannochloropsis oculata* yang dibudidayakan pada kolam terbuka sebagaimana yang dilakukan pada penelitian sebelumnya.

- (2). Hasil analisis unsur menunjukkan bahwa *Isochrysis galbana* memiliki kandungan mineral yang tinggi, yaitu 28%Mg, 6%Ca, 2%Si, 2%Cl dan 1%Na.
- (3). Hasil uji pembakaran dan pirolisis menunjukkan bahwa *Isochrysis galbana* menyisakan residu yang cukup tinggi, yaitu sekitar 45%.

Dari dua penelitian *Nannochloropsis oculata* dan *Isochrysis galbana* terdapat kendala utama yaitu terkait dengan tingginya kadar abu sebagai konsekuensi dari tingginya kadar mineral di dalam biomassa mikroalga.

*Hadirin yang saya hormati,*

Penelitian ketiga terkait potensi mikroalga *Spirulina platensis* yang dikonversi termal dengan sampah padat anorganik dapat dibakar telah saya lakukan selama 3 tahun, yaitu dari 2018-2020, dengan mendapatkan dukungan pendanaan dari DRPM DIKTI. Penelitian ketiga ini juga dilakukan bekerjasama dengan Balai Besar Pengembangan Budi Daya Air Payau (BBPBAP) Jepara. Gambar 6 menunjukkan kegiatan budidaya *Spirulina platensis* yang dilakukan di Jepara dan hasilnya setelah dikeringkan.

Penelitian ini telah menghasilkan luaran berupa 10 publikasi internasional bereputasi, yaitu 6 prosiding dan 4 jurnal ilmiah. Publikasi berupa jurnal ilmiah adalah sebagai berikut:

- (1). Artikel dengan judul ” *Thermogravimetric Analysis on Combustion Behavior of Marine Microalgae Spirulina platensis Induced by MgCO<sub>3</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Additives*” telah terbit di International Journal of Technology (IJTech) (Scopus, Q1) pada tahun 2019 (Sukarni et al., 2019).
- (2). Artikel berjudul “*The Catalytic Impact of MnO Additive on the Selected Municipal Solid Waste Combustion Behavior Determined by Thermogravimetric*

- Analysis*” terbit di Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences (Scopus, Q3) tahun 2020 (Sukarni et al., 2020).
- (3). Artikel berjudul “*Combustion Behaviors and Isoconversional Kinetics Analysis of Mixed of Natural and Synthetic Combustible of Municipal Solid Waste*” sedang proses review di Engineering Journal (Scopus, Q3).
- (4). Artikel berjudul “*Thermogravimetric analysis of the combustion of marine microalgae Spirulina platensis and its blend with synthetic waste*” terbit di Heliyon (Scopus, Q1) tahun 2020 (Sukarni, 2020).



Gambar 6. Budidaya *Spirulina platensis* dan hasil biomassa setelah dikeringkan

*Hadirin yang saya muliakan,*

Bagian yang lebih membuat bahagia dari penelitian yang ketiga ini adalah keterlibatan mahasiswa. Selama 3 tahun pelaksanaan penelitian, sejumlah 18 mahasiswa terlibat di dalam penelitian ini, 17 diantaranya telah lulus dan 1 mahasiswa telah selesai menyusun skripsi.

Cakupan kegiatan penelitian yang ketiga ini cukup luas, dari budidaya *Spirulina platensis*, pemilihan sampah, karakterisasi dasar, uji pembakaran dengan termogravimetrik, menganalisis kinetika pembakaran sampai melakukan percobaan pembakaran pada prototipe reaktor. Gambar 7

menunjukkan prototipe dari *circulating fluidized bed combustor* (CFBC) yang digunakan untuk uji pembakaran *Spirulina platensis*.



Gambar 7. Prototipe *circulating fluidized bed combustor* (CFBC)

Capaian penting dari penelitian *Spirulina platensis* diantaranya:

- (1). Hasil uji nilai kalor menunjukkan bahwa *Spirulina platensis* memiliki nilai kalor sebesar 20,97 MJ/kg, tertinggi diantara 3 spesies mikroalga yang diuji. Nilai kalor ini setara dengan batubara subbituminous SB-C (Annamalai & Puri, 2007).
- (2). Sampah sintetik memiliki nilai kalor sebesar 31,92 MJ/kg, dimana nilai ini setara dengan batubara bituminous C (Annamalai & Puri, 2007). Sedangkan residu sampah sintetik yaitu sekitar 8%.

- (3). Hasil analisis proksimat dan hasil analisis termogravimetrik menunjukkan bahwa *Spirulina platensis* memiliki kandungan residu yang rendah, yaitu sekitar 10%, paling rendah diantara 3 spesies mikroalga yang diuji.
- (4). Energi aktivasi pembakaran *Spirulina platensis* cukup rendah, yaitu sekitar 67 kJ/mol, lebih rendah dari energi aktivasi pembakaran *Nannochloropsis oculata*, yaitu sekitar 250 KJ/mol.
- (5). Hasil uji pembakaran pada prototipe *circulating fluidized bed combustor* (CFBC) menunjukkan capaian temperatur tertinggi di ruang bakar sebesar 813 °C, dimana temperatur ini berada pada rentang temperatur yang direkomendasikan di dalam sistem pembangkit listrik, yaitu antara 750-900 °C (Loo & Koppejan, 2012). Dengan demikian, mikroalga *Spirulina platensis* berpotensi digunakan sebagai bahan bakar pada *power plant* untuk menghasilkan energi listrik.

*Hadirin yang saya hormati,*

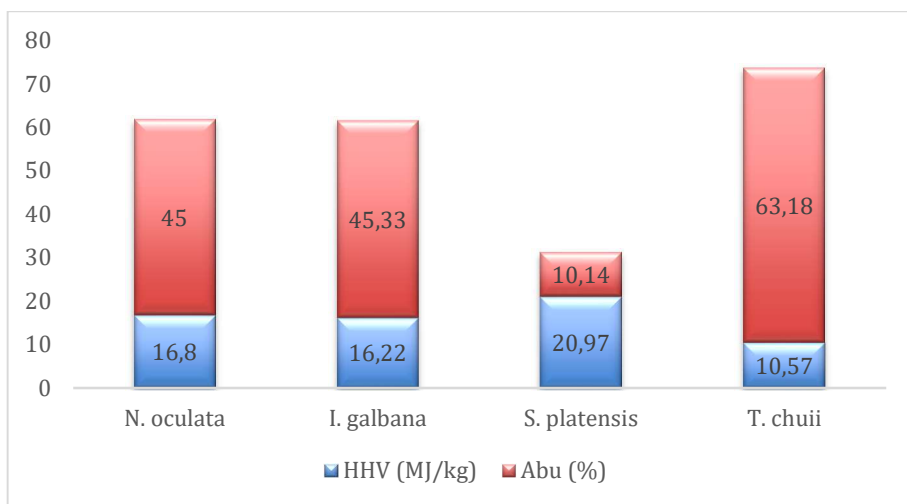
Penelitian keempat terkait potensi mikroalga *Tetraselmis chuii* telah saya lakukan bersama tim 2 mahasiswa program magister (S2) Teknik Mesin tahun 2019 dengan dukungan dana dari Hibah Tesis Magister DRPM DIKTI. Penelitian ini telah menghasilkan luaran 7 publikasi ilmiah internasional bereputasi, 1 diantaranya berupa jurnal internasional Scopus Q3 (Prasetyo et al., 2020).

Beberapa hal penting yang menjadi catatan terkait mikroalga *Tetraselmis chuii*:

- (1). *Tetraselmis chuii* mengandung kadar abu yang tinggi, mencapai 63,18%.
- (2). Nilai kalor *Tetraselmis chuii* cukup rendah, yaitu 10,57 MJ/kg.
- (3). *Tetraselmis chuii* memiliki kandungan unsur mineral yang tinggi, terutama 18%Cl, 10%Na, 3%Mg, 2%K dan 1%Ca.

- (4). Analisis kinetika dari data uji termogravimetrik mendapatkan nilai energi aktivasi pembakaran *Tetraselmis chuii* cukup tinggi yaitu sekitar 202 kJ/mol.
- (5). Penambahan katalis 5%TiO<sub>2</sub> menurunkan energi aktivasi pembakaran *Tetraselmis chuii* sebesar 43%, yaitu dari 202 kJ/mol menjadi 115 kJ/mol.

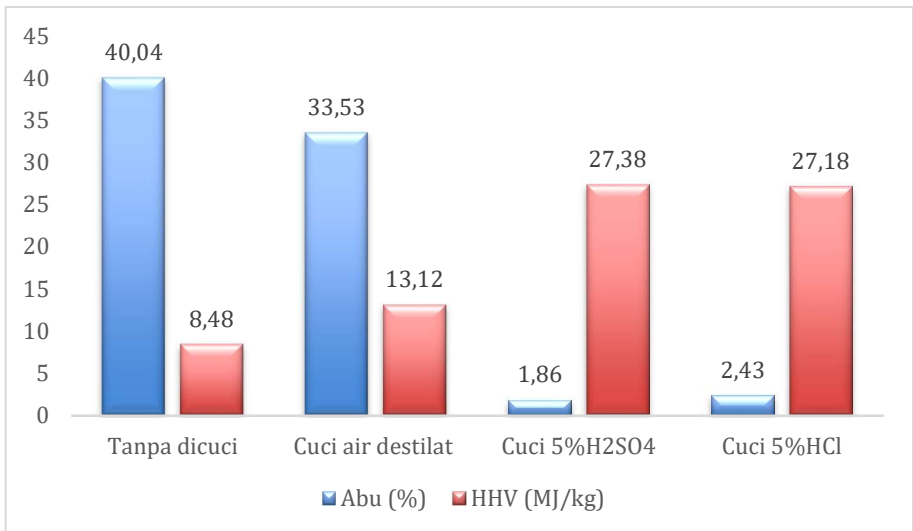
Gambar 8 menunjukkan hubungan antara nilai kalor (*higher heating value*, HHV) dengan kandungan residu (abu) pada beberapa sampel yang pernah diteliti. Dari gambar ini terlihat bahwa semakin sedikit residu (abu) suatu sampel, maka semakin besar kandungan nilai kalornya, dan sebaliknya semakin besar residu (abu) yang ada di dalam sampel, maka semakin rendah nilai kalornya. Berdasarkan gambar ini diketahui bahwa *Spirulina platensis* memiliki nilai kalor tertinggi dan memiliki kadar residu (abu) paling rendah dibandingkan dengan *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana* dan *Tetraselmis chuii*.



Gambar 8. Hubungan nilai kalor (HHV) dengan kandungan residu (abu)

*Hadirin yang saya muliakan,*

Menyadari salah satu problem utama yang menjadi kendala dalam pemanfaatn mikroalga menjadi bahan bakar adalah tingginya kandungan mineral yang menyebabkan residu abu sisa pembakaran yang tinggi dan juga menyebabkan nilai kalor yang rendah, maka dengan dukungan dana Hibah Penelitian Percepatan Profesor (PNBP UM tahun 2020) saya telah melakukan penelitian untuk mengurangi kandungan mineral dalam mikroalga. Gambar 9 menunjukkan pengaruh pencucian terhadap kandungan residu (abu) dan nilai kalor (HHV) mikroalga.



Gambar 9. Kandungan abu dan HHV *Nannochloropsis oculata* sebelum dan setelah pencucian.

Nilai HHV mikroalga *Nannochloropsis oculata* tanpa pencucian sebesar 8,48 MJ/kg, nilai ini menjadi lebih tinggi setelah dilakukan proses demineralisasi menggunakan air destilat menjadi 13,12 MJ/kg atau mengalami kenaikan hampir 63%. Nilai HHV terjadi peningkatan yang lebih besar

hingga 3x lipat setelah pencucian dengan larutan 5% $H_2SO_4$  dan 5% $HCl$ , dimana masing-masing sebesar 27,38 dan 27,18 MJ/kg atau mengalami kenaikan sekitar 237%. Kandungan abu juga turun sangat signifikan pada sampel yang dicuci dengan larutan 5% $H_2SO_4$  dan 5% $HCl$ .

*Hadirin yang saya muliakan,*

Selain keempat penelitian yang sudah saya sebutkan sebelumnya, penelitian untuk menggali potensi mikroalga sebagai alternatif bahan bakar ini masih terus saya lakukan, baik secara mandiri maupun dengan dukungan dana institusi Universitas Negeri Malang dan DIKTI.

Penelitian mandiri telah saya lakukan pada tahun 2020 untuk mengetahui pengaruh pencucian dengan larutan 5% $HCl$  terhadap karakteristik pembakaran mikroalga *Spirulina platensis* pada *circulating fluidized bed combustor* (CFBC). Hasilnya menunjukkan bahwa temperatur ruang bakar tertinggi sebesar 1023,75 °C bisa dicapai dengan *Spirulina platensis* yang telah mengalami pencucian, naik signifikan dibanding tanpa pencucian (839,25 °C).

Penelitian lain sedang berjalan atas dukungan dana DRPM DIKTI tahun 2021 sampai tahun 2023 untuk melihat pengaruh karbon aktif pada proses pirolisis dan pembakaran *Arthrospira platensis*. Penelitian ini direncanakan berlangsung selama 3 tahun.

Penelitian berikutnya adalah skema Penelitian Kerjasama Internasional yang melibatkan mitra dari Universitas Negeri Semarang dan Universiti Teknologi Malaysia (UTM) juga sedang berjalan tahun 2021. Penelitian ini berfokus kepada upaya optimasi konversi mikroalga dengan teknik pirolisis dengan melihat pengaruh katalis terhadap karakteristik pirolisis masing-masing komponen yang ada di dalam mikroalga, yaitu komponen protein, karbohidrat dan lipid, untuk selanjutnya dianalisis distribusi produk yang dihasilkan dari proses pirolisis ini. Ketersediaan peralatan pene-

litian yang ada pada masing-masing perguruan tinggi yang terlibat, diharapkan menjadikan penelitian akan bisa menghasilkan data yang lebih komprehensif guna mengeksplorasi potensi mikroalga untuk diubah menjadi bahan bakar dalam bentuk yang lain, yaitu menjadi bahan bakar cair dan gas.

## IX. Penutup

*Hadirin yang saya hormati,*

Optimisme untuk mencari sumber energi alternatif didasarkan pada data yang mengungkap 2 hal penting, yaitu (a) keterbatasan cadangan bahan bakar fosil, dan (b) pemanasan global yang menyebabkan kerusakan lingkungan yang mengancam masa depan kehidupan secara keseluruhan. Oleh karena itu, berbagai upaya yang secara ilmiah bisa dipertanggungjawabkan, harus terus dilakukan sebagai wujud kepedulian dan *awareness* untuk mencari solusi atas 2 persoalan tersebut.

Penelitian saya ini hanyalah bagian sangat kecil dari upaya penelitian secara global dan nasional untuk mencari sumber energi alternatif yang *renewable* dan *net-zero emission*. Di tengah upaya pengembangan sumber energi alternatif yang lain seperti surya, bayu dan hidro, sumber energi alternatif untuk bahan bakar tetaplah sangat penting karena 2 alasan:

- (1). Sampai dengan tahun 2050, peran bahan bakar, baik berupa batubara, minyak, dan gas tetap dominan, yaitu memasok 62% kebutuhan energi nasional, terutama untuk transportasi dan industri (BPPT, 2021)
- (2). Pangsa bio-energi dunia, 97% diantaranya didominasi pembakaran (Demirbas, 2004).

Dengan demikian, sampai tahun 2050 peran mesin pembakaran tetap akan dominan baik untuk transportasi dan industri, dimana semuanya membutuhkan bahan bakar. Hanya saja untuk mendukung target menekan kenaikan temperatur bumi di bawah 2 °C, diperlukan bahan bakar yang *net-zero*



*emission*. Salah satu bahan baku bahan bakar yang *net-zero emission* adalah mikroalga, karena produksi mikroalga 1 ton akan menyerap hampir 2 ton CO<sub>2</sub>.

Optimisme dan harapan pengembangan bahan bakar dari mikroalga masih memerlukan banyak pengkajian. Kendala pengembangan bahan bakar dari mikroalga dalam skala besar adalah penyediaan bahan baku dengan kandungan minyak yang tinggi dan kandungan air yang tinggi pada biomassa sebagai akibat mikroalga tumbuh pada media air (Ganesan et al., 2020). Penelitian yang telah saya lakukan juga menunjukkan adanya kendala terkait kandungan mineral yang tinggi pada biomassa mikroalga. Namun demikian, berbagai studi menunjukkan bahwa *biofuel* alga bekerja sangat baik pada mesin (Ganesan et al., 2020). Demikian juga penerapan mikroalga sebagai bahan bakar pada prototipe *circulating fluidized bed combustor* (CFBC) menunjukkan kinerja yang sesuai dengan yang dipersyaratkan pada sistem pembangkit listrik, yaitu pada rentang temperatur 750-900 °C.

Kita juga bisa melihat optimisme pengembangan bahan bakar dari mikroalga itu dari apa yang dilakukan oleh ExxonMobil bekerjasama dengan perusahaan Viridos. Mereka menargetkan untuk memproduksi minyak alga yang rendah emisi sebanyak 10.000 barrel per hari dan akan dikomersialisasi pada tahun 2025 (Viridos, 2021). Oleh karenanya, berbagai kendala untuk mengembangkan bahan bakar alternatif yang *net-zero emission* demi kebaikan masa depan umat manusia dan planet bumi, tidak boleh mengendorkan semangat dan upaya kita, tetapi sebaliknya harus menjadikan kita semakin termotivasi. Kiranya sangatlah tepat, jika di akhir pidato ini kita merenungkan makna ungkapan bijak berikut sebagai *self-reminder*.

*“Bumi kita hari ini adalah masa depan mereka”*

*“Jika terjadi hari kiamat sementara di tangan salah seorang dari kalian ada sebuah tunas, maka jika ia mampu sebelum terjadi hari kiamat untuk menanamnya, maka tanamlah”*

*Hadirin yang saya hormati,*

Sedikit sumbangsih pemikiran dan capaian yang saya sampaikan hari ini, bukanlah kerja saya secara individu. Sangat banyak peran, dukungan, inspirasi, motivasi dan tentunya do’a dari berbagai pihak, baik secara kelembagaan maupun individu, yang secara langsung dan tidak langsung telah mewarnai kehidupan akademik dan personal saya sehingga menghantarkan saya pada pencapaian jabatan akademik tertinggi sebagai guru besar. Maka pada kesempatan yang berbahagia ini, melalui forum yang terhormat sidang senat Universitas Negeri Malang hari ini, ijin saya menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

- (1) Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, yang telah memberikan kepercayaan kepada saya untuk memangku jabatan Guru Besar pada Bidang Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran di Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang.
- (2) Ketua Senat Universitas Negeri Malang, Bapak Prof. Dr. Sukowiyono, S.H., M.Hum beserta segenap anggota Senat dan Komisi Guru Besar Universitas Negeri Malang yang telah menghantarkan dan memberi kesempatan kepada saya untuk memperoleh kehormatan berdiri di mimbar yang mulia ini.
- (3) Rektor Universitas Negeri Malang, Bapak Prof. Dr. AH. Rofi’uddin M.Pd beserta segenap jajaran pimpinan Universitas Negeri Malang yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mengabdikan

sebagai dosen dan memperoleh kehormatan sebagai Guru Besar di Universitas Negeri Malang.

- (4) Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang dan para Wakil Dekan yang telah membantu saya dalam proses pengajuan usulan guru besar.
- (5) Ketua Tim Penilai Jabatan Akademik Dosen UM, Prof. Dr. Arif Hidayat, M.Si beserta anggota tim yang telah membantu saya dalam proses pengajuan usulan guru besar.
- (6) Bagian kepegawaian di Fakultas Teknik, dalam hal ini mas Aldo, dan bagian kepegawaian Universitas, dalam hal ini pak Sugianto, yang telah dengan sabar membantu saya dalam proses pengajuan usulan guru besar.
- (7) Ketua Jurusan Teknik Mesin beserta bapak/ibu dosen dan tenaga kependidikan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Malang, baik yang masih aktif maupun yang sudah purna, yang senantiasa menginspirasi saya baik secara akademik maupun non akademik sejak saya menjadi dosen di Jurusan Teknik Mesin sampai saat ini. Secara khusus saya menyampaikan terimakasih kepada senior Prof. Dr. Andoko, S.T., M.T., dan Prof. Dr. Djoko Kustono, M.Pd yang telah membantu menghantarkan saya kepada jabatan guru besar. Ucapan terimakasih juga saya sampaikan kepada Prof. Dr. Purnomo, M.Pd yang pada saat menjabat ketua jurusan telah berkenan menerima saya sebagai dosen di Jurusan Teknik Mesin, kepada Dr. Tuwoso, M.P. yang telah mengajari saya bahwa dosen itu perlu angka kredit untuk naik pangkat, kepada Prof. Dr. Alfian Mizar yang senantiasa berbagi inspirasi dan memotivasi dan kepada Prof. Dr. Heru Suryanto, S.T., M.T. yang telah menginspirasi saya untuk meneliti dan menghantarkan saya pada dunia hijau mikroalga, menjadi kawan setia selama studi

S3, bahkan bersedia menghantarkan saya untuk melakukan uji sampel ke Surabaya.

- (8) Semua kolega di Program Studi S1 dan S2 Teknik Mesin Universitas Negeri Malang. Secara khusus ucapan terimakasih saya sampaikan kepada Rr. Poppy Puspitasari, Ph.D dan Avita Ayu Permanasari, S.T., M.T. yang telah membantu saya menyiapkan semua berkas karya tulis untuk diuji similaritas, kepada Dr. Aminnudin yang telah menjadi sahabat yang baik selama di Yamaguchi University Jepang, kepada kawan-kawan KBK Energi: Dr. Retno Wulandari, S.T., M.T. dan Dr. Prihanto Tri Hutomo, S.T., M.T, juga kepada kawan-kawan muda yang senantiasa bersemangat dan menginspirasi untuk terus bersemangat, yaitu mas Yanuar Rohmat Aji Pradana, S.T., M.Sc, mas Didin Zakariya Lubis , S.Pd, M.Eng, mas Redyarsa Darma Bintara, S.T., M.Sc., mas Ahmad Atif Fikri, S.T., M.Eng dan mas Mukhamad Suhermanto, S.Pd, M.Eng.
- (9) Para sahabat yang senantiasa menginspirasi di PUI CAMRY: Nandang Mufti, M.Si, Ph.D, Dr. Ahmad Taufiq, M.Si, Prof. Dr. Markus Diantoro, M.Si, *adjunct professor* Prof. Hadi Nur, Ph.D dan seluruh kolega PUI CAMRY yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu namanya.
- (10) Semua guru saya di SD Tiudan II Tulungagung, SMP Negeri Kalangbret Tulungagung dan semua guru saya di SMA Negeri 2 Tulungagung.
- (11) Para dosen di Universitas Brawijaya Malang. Secara khusus saya sampaikan terimakasih kepada Prof Sudjito, Ph.D yang telah menjadi pembimbing S1 dan S3, Prof. ING Wardana yang telah banyak menginspirasi sejak saya S1 dan S3, Dr.Eng Nurkholis Hamidi dan Dr. Uun Yanuhar, M.Si yang telah menjadi pembimbing S3 saya. Terimakasih juga saya sampaikan kepada Dr. Eng. Denny

Widhiyanuriyawan, yang telah banyak membantu saya pada saat menempuh Program Magister Teknik Mesin di Universitas Gadjah Mada. Terimakasih juga saya sampaikan kepada Dr. Eng. Eko Siswanto, Dr. Eng. Lilis Yulianti dan Prof. Dr. Eng. Moch. Agus Choiron yang telah menjadi sahabat yang sangat baik dan membantu saya selama menempuh *Sandwich-Like Program* di Yamaguchi University. Demikian juga terimakasih yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada Dr. Eng. Widya Wijayanti dan Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, atas jasa baik beliau berdua, saya bisa menempuh *Sandwich-Like Program* di Yamaguchi University Jepang.

- (12) Para dosen di Program Magister Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan khususnya pembimbing S2 saya yang sangat baik, yaitu Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA dan Ir. Purnomo, MSME, Ph.D
- (13) Para dosen mitra dari luar Universitas Negeri Malang: Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D dari Universitas Negeri Semarang, Prof. Dr. Norani Muti Bt Mohamed dari UTP Malaysia dan Prof. Dr. Anwar Johari dari UTM Malaysia. Terimakasih juga saya sampaikan kepada Prof. Ken-ichiro Tanuoe, M.Eng, Ph.D dari Yamaguchi University Jepang yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk belajar melalui program *Sandwich-Like*.
- (14) Para mahasiswa di Program S1 dan S2 Teknik Mesin, yang saat ini masih aktif maupun yang sudah menjadi alumni, yang telah menjadi sumber inspirasi dan membantu saya dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Ucapan terimakasih secara khusus saya sampaikan kepada Ardianto Prasetyo, S.T., M.T. dan Yahya Zakaria, S.T. yang telah banyak membantu saya dalam kegiatan penelitian.

Rasa syukur dan terima kasih yang paling spesial dan setulus-tulusnya saya haturkan untuk keluarga saya yang selalu ada di setiap saat dan selalu mendoakan saya, yaitu;

- (15) Ibuku, ibuku dan ibuku yang sangat saya cintai, Talminah binti Ismadi dan ayahanda Naman Soeparman bin Pontono (alm). Jasa, jerih payah, peluh tiada keluh, kasih sayang dan do'a terbaik dari beliau berdualah yang menghantarkan saya meraih pendidikan tertinggi hingga pada jenjang karir saya saat ini. Jasa dan jerih payah beliau berdua mustahil mampu saya balas.
- (16) Ibunda mertua tercinta Tri Harsini binti Soepardjo dan Ayah mertua tercinta Adi Poerwanto, S.H. bin Roeslan Wirjokoesoemo atas seluruh dukungan dan do'anya.
- (17) Paman tercinta Suryono bin Ismadi dan Sutaji bin Ismadi dan seluruh keluarga besar di Tulungagung yang senantiasa mendukung dan mendo'akan saya hingga saya bisa mencapai pendidikan tertinggi.
- (18) Kakak dan kakak ipar yang saya cintai, Sukarti binti Soeparman dan Drs. Bambang Juli Prasetyo, Eki Efrilia Adijanti, S.H, S.T dan Rudy Susanto, S.T.
- (19) Adik ipar yang saya cintai Banus Wirawan Septanto, S.E dan Halida Firdiana, S.E.
- (20) Ucapan terima kasih yang spesial dan istimewa khusus saya sampaikan kepada istri tercinta, Hesti Dwireni Palupi, S.Si yang dengan sepenuh cinta senantiasa mendampingi saya terutama pada saat-saat tersulit. Sungguh karenamu dunia menjadi indah. Cinta dan terimakasih juga untuk anak-anakku yang senantiasa membahagiakan, menginspirasi dan menjadikan Abi senantiasa bersemangat, Fatihah Firdausi Nuzula, Haris Nadeem Muhammad dan Muhammad Kayyis Akmal.

(21) Seluruh kawan, sahabat dan para senior yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu namanya, namun karena jasa dan cinta kasih mereka saya bisa memahami makna hidup. Sungguh pada hakekatnya mereka semua adalah guru bagi saya.

Saya sudah pasti tidak mampu membalas semua jasa dan budi baik mereka semua. Karena itu, saya berdo'a semoga Allah SWT melimpahkan imbalan kebaikan yang berlipat ganda untuk semua jasa dan budi baik para guru saya, sahabat-sahabat saya, orang-orang terdekat saya: isteri, anak-anak, kakak, adik, bapak dan ibu mertua, dan secara khusus ibu saya dan juga bapak yang telah almarhum, semoga diampuni segala dosanya, diterima amal kebbaikannya, dan ditempatkan di tempat terbaik di sisi Allah SWT, Tuhan semesta alam.

*Aamiin yaa rabbal 'aalamin.*

Atas perhatian dan perkenan Bapak, Ibu dan hadirin semua saya menyampaikan terima kasih. Kurang lebihnya mohon maaf.

*Billahi taufik wal hidayah.*

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh.*

# Daftar Rujukan

- Adamu, K. M., Audu, B. S., & Audu, E. L. (2008). Toxicity and Histopathological Effects of Portland Cement Powder in Solution on the Structure of the Gill and Liver Tissues of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*: A Microscopic Study. *Tropical Freshwater Biology*, 17(1), 25–36. <https://doi.org/10.4314/tfb.v17i1.20915>
- Annamalai, K., & Puri, I. K. (2007). *Combustion Science and Engineering*. Taylor & Francis Group, LLC.
- BP. (2020a). Energy Outlook 2020 edition explores the forces shaping the global energy transition out to 2050 and the surrounding that. *BP Energy Outlook 2030, Statistical Review*. London: British Petroleum., 81.
- BP. (2020b). *Oil | Energy economics | Home*. Bp Plc. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/oil.html#oil-production>
- BP. (2021a). *Natural gas | Energy economics | Home*. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/natural-gas.html>
- BP. (2021b). Statistical Review of World Energy globally consistent data on world energy markets . and authoritative publications in the field of energy. *BP Energy Outlook 2021*, 70, 8–20.
- BP Energy Outlook*. (2018).
- BPPT. (2021). *OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2021 Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station*.
- Buis, A. (2019). *A Degree of Concern: Why Global Temperatures Matter – Climate Change: Vital Signs of the Planet*. <https://climate.nasa.gov/news/2865/a-degree-of-concern-why-global-temperatures-matter/>
- Chen, Y., Wu, Y., Hua, D., Li, C., Harold, M. P., Wang, J., & Yang, M. (2015). Thermochemical conversion of low-lipid microalgae for the production of liquid fuels: Challenges and opportunities. *RSC*



- Advances*, 5(24), 18673–18701. <https://doi.org/10.1039/c4ra13359e>
- Converti, A., Casazza, A. a., Ortiz, E. Y., Perego, P., & Del Borghi, M. (2009). Effect of temperature and nitrogen concentration on the growth and lipid content of *Nannochloropsis oculata* and *Chlorella vulgaris* for biodiesel production. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48(6), 1146–1151. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2009.03.006>
- De Bhowmick, G., Sarmah, A. K., & Sen, R. (2019). Zero-waste algal biorefinery for bioenergy and biochar: A green leap towards achieving energy and environmental sustainability. *Science of the Total Environment*, 650, 2467–2482. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.002>
- de Morais, M. G., & Costa, J. A. V. (2007). Biofixation of carbon dioxide by *Spirulina* sp. and *Scenedesmus obliquus* cultivated in a three-stage serial tubular photobioreactor. *Journal of Biotechnology*, 129(3), 439–445. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2007.01.009>
- Demirbas, A. (2004). Combustion characteristics of different biomass fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(2), 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2003.10.004>
- Demirbas, A. (2010). Use of algae as biofuel sources. *Energy Conversion and Management*, 51(12), 2738–2749. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.010>
- Demirbas, A., & Fatih Demirbas, M. (2011). Importance of algae oil as a source of biodiesel. *Energy Conversion and Management*, 52(1), 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.055>
- ESDM. (2021a). *Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Cadangan Batubara Masih 38,84 Miliar Ton, Teknologi Bersih Pengelolaannya Terus Didorong*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/cadangan-batubara-masih-3884-miliar-ton-teknologi-bersih-pengelolaannya-terus-didorong>
- ESDM. (2021b). *Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Menteri ESDM: Cadangan Minyak Indonesia Tersedia untuk 9,5 Tahun dan Cadangan Gas 19,9 Tahun*. Statistic. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/menteri-esdm-cadangan-minyak-indonesia-tersedia-untuk-95-tahun-dan>

cadangan-gas-199-tahun

- ExxonMobil. (2018). *2018 Outlook for Energy: A View to 2040*.
- ExxonMobil. (2021). *Updated 2021 Energy & Carbon Summary*.
- Ganesan, R., Manigandan, S., Samuel, M. S., Shanmuganathan, R., Brindhadevi, K., Lan Chi, N. T., Duc, P. A., & Pugazhendhi, A. (2020). A review on prospective production of biofuel from microalgae. *Biotechnology Reports*, 27, e00509. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00509>
- García-González, M., Moreno, J., Manzano, J. C., Florencio, F. J., & Guerrero, M. G. (2005). Production of *Dunaliella salina* biomass rich in 9-cis-beta-carotene and lutein in a closed tubular photobioreactor. *Journal of Biotechnology*, 115(1), 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2004.07.010>
- Green, M. L., Gusev, E. P., Degraeve, R., & Garfunkel, E. L. (2001). Ultrathin (<4 nm) SiO<sub>2</sub> and Si-O-N gate dielectric layers for silicon microelectronics: Understanding the processing, structure, and physical and electrical limits. *Journal of Applied Physics*, 90(5), 2057–2121. <https://doi.org/10.1063/1.1385803>
- Guo, M., Song, W., & Buhain, J. (2015). Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 712–725. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.013>
- Hu, Q., Sommerfeld, M., Jarvis, E., Ghirardi, M., Posewitz, M., Seibert, M., & Darzins, A. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances. *The Plant Journal*, 54(4), 621–639.
- IEA. (2020). *World Energy Outlook 2020*. 2050(October), 1–461.
- IEA. (2021). *World Energy Outlook 2021 - revised version October 2021*.
- IESR. (2021). *Paris Agreement dan Implikasinya terhadap [I]NDC Indonesia - IESR*. <https://iesr.or.id/en/paris-agreement-dan-implikasinya-terhadap-indc-indonesia>
- Khan, M. I., Shin, J. H., & Kim, J. D. (2018). The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. *Microbial Cell Factories*, 17(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0879-x>

- Kumar, M., Sun, Y., Rathour, R., Pandey, A., Thakur, I. S., & Tsang, D. C. W. (2020). Algae as potential feedstock for the production of biofuels and value-added products: Opportunities and challenges. *Science of the Total Environment*, 716, 137116.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137116>
- Li, Y., Horsman, M., Wu, N., Lan, C. Q., & Dubois-Calero, N. (2008). Biofuels from microalgae. *Biotechnology Progress*, 24(4), 815–820.
- Loo, S. Van, & Koppejan, J. (2012). The handbook of biomass combustion and co-firing. In *Earthscan* (Vol. 1).  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mata, T. M., Martins, A. A., & Caetano, N. S. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 217–232.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.020>
- McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. *Bioresource Technology*, 83(1), 47–54.  
[https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(01\)00119-5](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(01)00119-5)
- Méducin, F., Bresson, B., Lequeux, N., Noirfontaine, M. De, & Zanni, H. (2007). Calcium silicate hydrates investigated by solid-state high resolution <sup>1</sup>H and <sup>29</sup>Si nuclear magnetic resonance. *Cement and Concrete Research*, 37(5), 631–638.  
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.01.011>
- Mishra, S., Roy, M., & Mohanty, K. (2019). Microalgal bioenergy production under zero-waste biorefinery approach: Recent advances and future perspectives. *Bioresource Technology*, 292(August), 122008. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122008>
- NOAA. (2015). *Global Climate Report - November 2015 | Top 25 Monthly Temperature Departures from Average | National Centers for Environmental Information (NCEI)*.  
<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201511/supplemental/page-1>
- NOAA. (2021a). *Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide | NOAA Climate.gov*. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- NOAA. (2021b). *Global Climate Report - October 2021 | 2021 Year-to-Date*

*Temperatures Versus Previous Years* | National Centers for Environmental Information (NCEI).

<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202110/supplemental/page-1>

- Ong, H. C., Chen, W. H., Singh, Y., Gan, Y. Y., Chen, C. Y., & Show, P. L. (2020). A state-of-the-art review on thermochemical conversion of biomass for biofuel production: A TG-FTIR approach. *Energy Conversion and Management*, 209(December 2019), 112634. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112634>
- Our World in Data. (2021). *Years of fossil fuel reserves left*. <https://ourworldindata.org/grapher/years-of-fossil-fuel-reserves-left>
- Prasetyo, A., Sukarni, S., Wulandari, R., & Puspitasari, P. (2020). A Kinetic Study on Tetraselmis chuii Combustion: The Catalytic Impact of Nanoparticle Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) Additive. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 71(1), 39–49. <https://doi.org/10.37934/arfmts.71.1.3949>
- Reddy, A. A., Tulyaganov, D. U., Kapoor, S., Goel, A., Pascual, M. J., Kharton, V. V., & Ferreira, J. M. F. (2012). Study of melilite based glasses and glass-ceramics nucleated by Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for functional applications. *RSC Advances*, 2(29), 10955. <https://doi.org/10.1039/c2ra22001f>
- Sawayama, S., Minowa, T., & Yokoyama, S. Y. (1999). Possibility of renewable energy production and CO<sub>2</sub> mitigation by thermochemical liquefaction of microalgae. *Biomass and Bioenergy*, 17(1), 33–39. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(99\)00019-7](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(99)00019-7)
- Schenk, P. M., Thomas-Hall, S. R., Stephens, E., Marx, U. C., Mussgnug, J. H., Posten, C., Kruse, O., & Hankamer, B. (2008). Second Generation Biofuels: High-Efficiency Microalgae for Biodiesel Production. *BioEnergy Research*, 1(1), 20–43. <https://doi.org/10.1007/s12155-008-9008-8>
- Seeger, M., Retired, W. O., Flick, W., Bickelhaupt, F., & Akkerman, O. S. (2000). *Magnesium Compounds in "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry."* Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Seepana, M. M., Jerold, M., & Rajmohan, K. S. (2019). Production of

biofuels from algal biomass. In *Biochemical and Environmental Bioprocessing: Challenges and Developments* (pp. 123–137). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429198045-7/PRODUCTION-BIOFUELS-ALGAL-BIOMASS-MURALI-MOHAN-SEEPANA-JEROLD-RAJMOHAN>

- Singh, A., Nigam, P. S., & Murphy, J. D. (2011). Mechanism and challenges in commercialisation of algal biofuels. *Bioresource Technology*, *102*(1), 26–34.
- Songstad, D. D., Lakshmanan, P., Chen, J., Gibbons, W., Hughes, S., & Nelson, R. (2009). Historical perspective of biofuels: Learning from the past to rediscover the future. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, *45*(3), 189–192. <https://doi.org/10.1007/s11627-009-9218-6>
- Sukarni, S. (2020). Thermogravimetric analysis of the combustion of marine microalgae *Spirulina platensis* and its blend with synthetic waste. *Helijon*, *6*(9), e04902. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2020.e04902>
- Sukarni, S., Sumarli, S., Firdaus, T. A., Prasetyo, A., & Puspitasari, P. (2020). The Catalytic Impact of MnO Additive on the Selected Municipal Solid Waste Combustion Behavior Determined by Thermogravimetric Analysis. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, *71*(1), 50–59. <https://doi.org/10.37934/arfmts.71.1.5059>
- Sukarni, S., Sumarli, S., Nauri, I. M., Prasetyo, A., & Puspitasari, P. (2019). Thermogravimetric analysis on combustion behavior of marine microalgae *Spirulina platensis* induced by MgCO<sub>3</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> additives. *International Journal of Technology*, *10*(6), 1174–1183. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v10i6.3611>
- Sukarni, S., Sumarli, S., Nauri, I. M., Purnami, P., Al Mufid, A., & Yanuhar, U. (2018). Exploring the prospect of marine microalgae *Isochrysis galbana* as sustainable solid biofuel feedstock. *Journal of Applied Research and Technology*, *16*(1), 53–66. <https://doi.org/10.22201/icat.16656423.2018.16.1.703>
- Sukarni, S., Yanuhar, U., Wardana, I. N. G., Sudjito, S., Hamidi, N., Wijayanti, W., Wibisono, Y., Sumarli, S., Nauri, I. M., & Suryanto,

- H. (2018). Combustion of Microalgae *Nannochloropsis oculata* Biomass: Cellular Macromolecular and Mineralogical Content Changes During Thermal Decomposition. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 40(6), 1456–1463.  
<https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2018.178>
- Sukarni, Sudjito, Hamidi, N., Yanuhar, U., & Wardana, I. N. G. (2014). Potential and properties of marine microalgae *Nannochloropsis oculata* as biomass fuel feedstock. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 5(4), 279–290.  
<https://doi.org/10.1007/s40095-014-0138-9>
- Sukarni, Sudjito, Hamidi, N., Yanuhar, U., & Wardana, I. N. G. (2015). Thermogravimetric kinetic analysis of *Nannochloropsis oculata* combustion in air atmosphere. *Frontiers in Energy*, 9(2), 125–133.  
<https://doi.org/10.1007/s11708-015-0346-x>
- UNFCCC. (2021). *The Paris Agreement* | UNFCCC.  
<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- Viridos. (2021). *Algal Genomics and Biotechnology* | Viridos.  
<https://www.viridos.com/about-us/>
- Zuorro, A., García-Martínez, J. B., & Barajas-Solano, A. F. (2021). The application of catalytic processes on the production of algae-based biofuels: A review. *Catalysts*, 11(1), 1–25.  
<https://doi.org/10.3390/catal11010022>

## CURRICULUM VITAE

### A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap	Dr. Sukarni, S.T., M.T.
2.	Jenis Kelamin	Laki-laki (L)
3.	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
4.	NIP	19691211 199702 1 001
5.	NIDN	0012116902
6.	Tempat dan Tanggal Lahir	Tulungagung, 11 Desember 1969
7.	E-mail	sukarni.ft@um.ac.id
8.	Nomor Telepon/ HP	08175111269/081334747977
9.	Alamat Kantor	Jl. Semarang No.5 Malang
10.	Nomor Telepon/Fax	0341-588528 psw 298 0341-551312
11.	Alamat Rumah	Jl. Tapaksiring 49 Malang, 65112
12.	Orcid ID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4755-652X">https://orcid.org/0000-0002-4755-652X</a>
13.	Scopus ID	56469591700
14.	Publons ID	4666151
15.	Web of Science ResearcherID	AAY-1561-2021 <a href="https://publons.com/researcher/AAY-1561-2021/">https://publons.com/researcher/AAY-1561-2021/</a>
16.	Lulusan yang Telah Dihilangkan	S1 > 25 orang S2 > 5 orang
17.	Mata Kuliah yang diampu	1. Perpindahan Kalor (S1) 2. Mekanika Fluida (S1) 3. Matematika Teknik (S1) 4. Termodinamika (S1) 5. Bahan Bakar dan Pembakaran (S1) 6. Teknologi Pembakaran (S2) 7. Teknik Konversi Thermal Bahan Bakar Padat (S2)

## B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Univ. Brawijaya	Univ. Gadjah Mada	Univ. Brawijaya
Bidang Ilmu	Teknik Mesin Energi	Teknik Mesin Energi	Teknik Mesin Energi
Tahun Masuk-Lulus	1990-1996	1999-2003	2010-2014
Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Pembuatan <i>Test Rig</i> dan Pengujian Kinerja Pemanas Air Tenaga Matahari Tipe Plat Datar	Studi Karakteristik Aliran <i>Slurry</i> Larutan CMC-Pasir Besi pada Pipa Elbow Horisontal	Karakteristik Mikroalga Laut <i>Nannochloropsis Oculata</i> sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan
Nama Pembimbing/ Promotor	Prof. Ir. Sudjito, Ph.D	Prof. Dr. Indarto, DEA	Prof. Ir. Sudjito, Ph.D

## C. Pengalaman Penelitian

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Rp)
1.	1996	Pembuatan Test Rig dan Pengujian Kinerja Pemanas Air Tenaga Matahari Tipe Plat Datar	Mandiri	
2.	2005	Studi Eksperimental Penurunan Tekanan	DIPA	5.000.000



		Aliran Padat-Cair pada Pipa Belokan 90°		
3.	2005	Uji Unjuk Kerja Venturimeter Sebagai Alat Pengukur Laju Aliran Slurry Batubara-Air	DIPA	5.000.000
4.	2006	Pengaruh Konsentrasi Partikel Pasir Besi dan Variasi Diameter Throat terhadap Coefficient of Discharge Venturimeter	DIPA	5.000.000
5.	2006	Pengaruh Jarak Bevel dengan Fungsi Kuadrat Terhadap Penurunan Tekanan pada Penukar Kalor Shell and Tube	DOSEN MUDA	10.000.000
6.	2007	Pengaruh Konsentrasi Pasir dan Laju Regangan terhadap Tegangan Geser, Viskositas Nyata dan Koefisien Gesek dari Aliran Dua Fase Pasir Besi-Air pada Pipa Belokan 90°	DIPA	7.500.000
7.	2008	Pengaruh Modifikasi Camshaft Terhadap Peningkatan Daya Pada Motor Honda GL200	DOSEN MUDA	10.000.000
8.	2008	Pengaruh Variasi Arus Pengisian Sistem Cepat dalam Battery Charger terhadap Efisiensi	Research Grant IM-HERE	10.000.000

		Pemakaian Baterai Mobil		
9.	2009	Disain Model dan Prototip serta Analisis Unjuk Kerja Turbin untuk <i>Free Fluid Flow</i>	HIBAH STRATEGIS NASIONAL	100.000.000
10.	2009	Pengaruh Variasi Kuat Medan Magnet pada Saluran Bahan Bakar Terhadap Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel	Research Grant IM-HERE	10.000.000
11.	2009	Pengembangan Desain Photobioreaktor yang Efektif untuk Kultivasi Mikroalga Laut sebagai Sumber Energi Terbarukan	HIBAH STRATEGIS NASIONAL	100.000.000
12.	2012	Uji Nilai Kalor Mikroalga Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan	DIPA FT	5.000.000
13.	2013	Karakteristik Pembakaran Mikroalga <i>Nannochloropsis Oculata</i> Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan (Kajian Numerik dan Eksperimental)	Hibah Fundamental	30.000.000
14.	2015	Potensi dan Properties Mikroalga Laut <i>Isochrysis galbana</i> sebagai Bahan	Hibah Fundamental (Tahun I)	60.000.000,-

		Bakar Alternatif Terbarukan		
15.	2015	Karakteristik Pembakaran Sampah Padat Kota Malang dan Aplikasi Pembakaran pada Reaktor untuk Konversi Sampah Menjadi Bahan Bakar Alternatif Pembangkit Tenaga Listrik	Hibah Bersaing	55.000.000,-
16.	2016	Potensi dan Properties Mikroalga Laut <i>Isochrysis galbana</i> sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan	Hibah Fundamental (Tahun II)	60.000.000,-
17.	2016	Analisis Termogravimetri dan Kinetika Reaksi Pembakaran Sampah Padat Campuran Organik-Anorganik Mampubakar Sebagai Alternatif Bahan Bakar Masa Depan	Hibah Percepatan Lektor Kepala ke Guru Besar	25.000.000,-
18.	2017	Karakteristik dan Optimasi Pembakaran Sampah Padat Anorganik Mampubakar	Hibah Percepatan Lektor Kepala ke Guru Besar	20.000.000,-

		dengan Katalis $MnFe_2O_4$ sebagai Alternatif Bahan Bakar Masa Depan		
19.	2018	SuSanSe - Sustainable Sanitation Services: Improving Community Wellbeing through Nutrient and Energy Recovery from Waste	Penelitian Kerjasama Luar Negeri	175.000.000,-
20.	2018	Analisis Perilaku Termal dan Kinetika Reaksi Pembakaran Campuran Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> dan Sampah Padat Anorganik Mampubakar Sebagai Alternatif Bahan Bakar Masa Depan	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi DRPM	70.000.000,-
21.	2018	Eksplorasi Potensi Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Bahan Bakar Terbarukan untuk Substitusi Bahan Bakar Fosil	Penelitian Dana PNBPU	55.000.000,-
22.	2018	Physicochemical Analysis dan Karakteristik Thermal Rambut Jagung ( <i>Corn Silk</i> ) untuk Bahan Bakar	Penelitian Dana PNBPU	55.000.000,-
23.	2019	Analisis Perilaku Termal dan Kinetika Reaksi Pembakaran Campuran Mikroalga <i>Spirulina</i>	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan	118.500.000

		platensis dan Sampah Padat Anorganik Mampubakar Sebagai Alternatif Bahan Bakar Masa Depan	Tinggi DRPM (Tahun II)	
24.	2019	Analisis Karakteristik Termal dan Kinetika Reaksi Pirolisis dan Pembakaran Campuran Eceng Gondok-Batubara sebagai Upaya Substitusi Bahan Bakar Fosil dengan Bahan Terbarukan	Penelitian Dana PNBPU (Tahun II)	110.000.000
25.	2019	Pengaruh penambahan nanokatalis TiO <sub>2</sub> terhadap proses dekomposisi termal dan kinetika pirolisis dan pembakaran mikroalga <i>Tetraselmis chuii</i>	Penelitian Tesis Magister DRPM	57.400.000
26.	2019	SuSanSe - Sustainable Sanitation Services: Improving Community Wellbeing through Nutrient and Energy Recovery from Waste	Penelitian Kerjasama Luar Negeri (Tahun II)	209.000.000
27.	2020	Analisis Perilaku Termal dan Kinetika Reaksi Pembakaran Campuran Mikroalga <i>Spirulina platensis</i> dan Sampah Padat Anorganik Mampubakar Sebagai	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi DRPM (Tahun III)	118.500.000

		Alternatif Bahan Bakar Masa Depan		
28.	2020	Optimasi Proses Produksi, Uji Karakteristik Termal dan Aplikasi pada Mesin Diesel dari Biodiesel Minyak Jelantah dengan Nanokatalis Metal Oxide	Penelitian PUI CAMRY Dana PNBPU M	100.500.000
29.	2020	Optimasi Konversi Termal Mikroalga: Pengaruh Metode Demineralisasi dan Penggunaan Nanopartikel Graphene Oxide Sebagai Katalis	Penelitian Percepatan Profesor Dana PNBPU M	102.000.000
30.	2021	Potensi Biobriket Sekam dan Arang Sekam Padi dengan Perekat Eceng Gondok untuk Aplikasi Bahan Bakar Rumah Tangga Pedesaan Analisis Karakteristik Fisik, Kimia dan Perilaku Termal Pembakaran	Kompetitif PUI CAMRY PNBPU M	92,600,000
31.	2021	In-Situ Catalytic Pyrolysis Model Komponen Mikroalga Analisis Parameter Kinetika, Termodinamika dan Distribusi Produk untuk	Kerjasama Internasional PNBPU M	145,200,000

		Optimasi Proses Konversi Skala Industri		
32.	2021	Analisis Pengaruh Penambahan Karbon Aktif pada Proses Pirolisis dan Pembakaran <i>Arthrospira platensis</i> untuk Optimalisasi Konversi Mikroalga Menjadi Bahan Bakar Alternatif Terbarukan	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi DRPM (Tahun I)	126.920.000

#### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Rp)
1.	1997	Penyuluhan Servis Sepeda Motor bagi Pemuda Karang Taruna Desa Sumbermanjing Kulon Kabupaten Malang (Menemukan Sumber Kerusakan pada Mesin dan Perbaikannya)	DIK/PNBP	3.000.000
2.	1998	Pendidikan dan Latihan Keterampilan Service Reparasi Sepeda Motor bagi Pemuda Karang Taruna Desa Kromengan Kabupaten Malang (Mengatasi Gangguan	DIK/PNBP	5.000.000

		Mesin dari Suara Abnormal)		
3.	1999	Pemetaan Potensi, Masalah, Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dan Kebutuhan Teknologi Tepat Guna di Kecamatan Kedungkandang	DIK/PNBP	5.000.000
4.	2001	Rancangbangun Mesin Perajang Kerupuk Sistem Udara Kempa dalam Upaya Meningkatkan Kualitas dan Kuantitas Produksi	DP3M	15.000.000
5.	2005	Rancang Bangun Mesin Press Laker (Bearing) Untuk Meja Makan.	DP3M	10.000.000
6.	2006	Penerapan Teknologi Tungku Cangkakan	DP3M	10.000.000
7.	2006	Rancang Bangun Peralatan Cetak Klem Terminal ACCU	DP3M	10.000.000
8.	2009	Penyiapan Mahasiswa Menjadi Wirausahawan Bidang Transmisi dan Gardan Melalui Kuliah Kewirausahaan dengan Strategi “Participant Observer“	DP3M	35.000.000
9.	2016	Teknologi Tepat Guna Pengelolaan Sampah bagi Warga Desa Jambesari Kec. Poncokusumo Kabupaten Malang	KKN UM	



10.	2016	Sosialisasi Metode Pengadaan Mesin Daur Ulang Sampah di Desa Jatisari, Kec. Pakisaji Kab. Malang	KKN UM	
11.	2016	Pelatihan Servis Ringan bagi Siswa MTs Wahid Hasim 2, Desa Kucur, Kec Dau, Kab Malang	KKN UM	
12.	2016	Rancang Bangun Mesin Press untuk Efisiensi Pengepakan Sampah di TPST Kecamatan Dau Kabupaten Malang	Dana PNBP UM	17.000.000
13.	2018	Program Kemitraan Penerapan Teknologi Pelengkung Pipa untuk Meningkatkan Kualitas Mutu dan Produktifitas Bengkel Kontruksi Motor Trail	Dana PNBP UM	17.000.000
14.	2018	Penerapan Mesin Rol Pipa Hidrolis Pada Bengkel Modifikasi Konstruksi Motor Trail	Jurnal KARINOV, Vol. 1. No 3	
15.	2019	Aplikasi dan Sosialisasi Pembangkit Listrik Tenaga Matahari di SDIT Insantama Malang	Dana PNBP UM	20.500.000
16.	2019	Analisis Potensi Energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Matahari di SDIT Insantama Malang	Prosiding seminar nasional pengabdian	
17.	2020	Aplikasi Teknologi Penebar Pakan Ikan Model	Program Kemitraan	27.000.000

		I-Bite (Iot Based Automatic Smart Feeder) pada Tambak Ikan "Republik Lele" untuk Peningkatan Efisiensi Kerja dan Kapasitas Produksi	Masyarakat (PKM) Dana PNBP UM	
18.	2020	Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Berbasis Iot dan Microbubbles pada Tambak Ikan Lele	Program Kemitraan Masyarakat (PKM) Dana PNBP UM	27.500.000
19.	2020	Kontrol Kualitas Air Kolam Ikan Lele Berbasis Microbubbles dan Internet Of Things (IOT)	Prosiding seminar nasional pengabdian	
20.	2021	Rancang Bangun TTG I-Bite ( <i>IoT Basic Automatic Smart Feeder</i> ) untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi Tambak Ikan Lele	Jurnal KARINOV, Vol. 4. No 1	

### E. Publikasi Artikel Ilmiah (Jurnal)

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Vol/No/Th	Posisi
1.	Potential and properties of marine microalgae	International Journal of Energy and Environmental Engineering	Volume 5, Issue 4, pp 279-290 (2014)	First Author

	<i>Nannochloropsis oculata</i> as biomass fuel feedstock	(Springer, Q2, SJR 0.602, Web of Science-ESCI)		
2.	Thermogravimetric kinetic analysis of <i>Nannochloropsis oculata</i> combustion in air atmosphere	Frontiers in Energy (Springer, Q2, SJR 0.42, Web of Science-SCIE IF 1.701)	Vol.9, No.2, pp 125-133 <b>(2015)</b>	First Author
3.	Pengaruh penggunaan serbuk dry cell sebagai pengikat terak pada pengecoran logam terhadap kualitas hasil coran	Jurnal Teknik Mesin	Vol 24, No 2 (2016)	Co-Author
4.	Effect of Magnetic Field on Diesel Engine Power Fuelled with Jatropa-Diesel Oil	Journal of Mechanical Engineering Science and Technology (DOAJ green tick, Sinta 5)	Vol.1 No.1, pp 44-48 <b>(2017)</b>	First Author
5.	Thermogravimetric and Kinetic Analysis of Cassava	Journal of Mechanical Engineering Science and Technology	Vol.1 No.1, pp 69-77 <b>(2017)</b>	Co-Author

	Starch Based Bioplastic	(DOAJ green tick, Sinta 5)		
6.	Exploring the prospect of marine microalgae <i>Isochrysis galbana</i> as sustainable solid biofuel feedstock	Journal of Applied Research and Technology (Q2, SJR 0.34)	Vol.16, No.1, pp 53-66 (2018)	First Author
7.	Combustion of Microalgae <i>Nannochloropsis oculata</i> Biomass: Cellular Macromolecular and Mineralogical Content Changes During the Thermal Decomposition Processes	Songklanakarin Journal of Science and Technology (Q2, SJR 0.25, Web of Science)	Vol.40, No.6, pp 1456-1463 (2018)	First Author
8.	Improvement of Hardness and Biodegradability of Natural Based Bioplastic- Effect of Starch	Advanced Engineering Forum	Volume: 28 (2018)	Co-Author

	Addition during Synthesis			
9.	Pengaruh Penambahan Nanokatalis MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> Terhadap Proses Pirolisis Sampah Plastik HDPE	REKAYASA MESIN (Sinta 2)	Vol 9 (3), 221-225 <b>(2018)</b>	Co-Author
10.	Properties of MnO doped graphene synthesized by co-precipitation method	Functional materials (Q3, SJR 0.18)	Vol 25 (4): 802-808 <b>(2018)</b>	Co-Author
11.	Effect of MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> Nanoparticles to Reduce CO and HC Levels on Vehicle Exhaust Gas Emissions	Journal of Mechanical Engineering Science and Technology (DOAJ green tick, Sinta 5)	Vol 2 (1), 27-37 <b>(2018)</b>	Co-Author
12.	Performance of Anaerobic Baffled Reactor for Decentralized Wastewater Treatment in	Processes (IF 1.96, Q2, SJR 0.39)	Vol 7(4), 184 <b>(2019)</b>	Co-Author

	Urban Malang, Indonesia			
13.	Effect of mercerization on properties of mendong ( <i>Fimbristylis globulosa</i> ) fiber	Songklanakarin Journal of Science and Technology (Q2, SJR 0.25, Web of Science)	Vol 41(3) : 490-715 <b>(2019)</b>	Co-Author
14.	Thermogravimetric Analysis on Combustion Behavior of Marine Microalgae <i>Spirulina Platensis</i> Induced by $MgCO_3$ and $Al_2O_3$ Additives	International Journal of Technology (Q1, SJR 0.401, Web of Science-ESCI)	Volume 10(6), pp. 1174-1183 <b>(2019)</b>	First Author
15.	The Effect of Chlorophyll Concentration from Papaya Leaves on the Performance of Dye Sensitized Solar Cell	Journal of Mechanical Engineering Science and Technology (DOAJ green tick, Sinta 3)	Volume 3 (2), pp 59-69 <b>(2019)</b>	Co-Author
16.	A Kinetic Study on Tetraselmis	Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics	Volume 71 (1), pp. 39-49 <b>(2020)</b>	Corresponding Author

	chui Combustion: The Catalytic Impact of Nanoparticle Titanium Dioxide (TiO <sub>2</sub> ) Additive	and Thermal Sciences (Q3, SJR 0.23)		
17.	The Catalytic Impact of MnO Additive on the Selected Municipal Solid Waste Combustion Behavior Determined by Thermogravi metric Analysis	Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences (Q3, SJR 0.23)	Volume 71 (1), pp. 50-59 <b>(2020)</b>	First Author
18.	Performance Enhancement of Shell and Tube Heat Exchanger on Parallel Flow with Single Segmental Baffle	Journal of Mechanical Engineering Science and Technology (DOAJ green tick, Sinta 3)	Volume 4 (1), pp 43-53 <b>(2020)</b>	Co- Author
19.	Thermogravi metric analysis of the	Heliyon (Q1, SJR 0.43)	Volume 6, Issue 9,	First Author

	combustion of marine microalgae <i>Spirulina platensis</i> and its blend with synthetic waste		September <b>2020</b> .	
20.	Effects of Various Sintering Conditions on the Structural and Magnetic Properties of Zinc Ferrite ( $ZnFe_2O_4$ )	Materials Research (Q2, SJR 0.38, IF 1.468)	Volume 24 No 1 ( <b>2021</b> ) <a href="https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2020-0300">https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2020-0300</a>	Co-Author
21.	Physical properties and compressibility of quail eggshell nanopowder with heat treatment temperature variations	Materials Research Express (Q2, SJR 0.38, IF 1.620)	Volume 8, Number 5, May <b>2021</b> <a href="https://doi.org/10.1088/2053-1591/ac0266">https://doi.org/10.1088/2053-1591/ac0266</a>	Co-Author
22.	The Potential of Waste Cooking Oil B20 Biodiesel Fuel with Lemon Essential Oil Bioadditive:	Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis (Q3, SJR 0.31, Web of Science-ESCI)	Volume 16 No 3, September <b>2021</b> <a href="https://doi.org/10.9767/bcrec.16.3.10493.555-564">https://doi.org/10.9767/bcrec.16.3.10493.555-564</a>	Co-Author



	Physicochemical Properties, Molecular Bonding, and Fuel Consumption			
--	---	--	--	--

## F. Publikasi Artikel Ilmiah (*Proceedings*)

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama <i>Proceeding</i>	Volume/Nomor/ Tahun	Posisi
1.	Exploring the potential of municipal solid waste (MSW) as solid fuel for energy generation: Case study in the Malang City, Indonesia	AIP Conference Proceedings	vol: 1778   issue :   <b>2016-10-26</b>	First Author
2.	The structure of bioplastic from cassava starch with nanoclay reinforcement	AIP Conference Proceedings	vol: 1778   issue :   <b>2016-10-26</b>	Co-Author
3.	Physicochemical characteristics of various inorganic combustible	AIP Conference Proceedings	vol: 1887   issue :   <b>2017-09-29</b>	First Author

	solid waste (ICSW) mixed as sustainable solid fuel			
4.	Kinetic analysis of co-combustion of microalgae spirulina platensis and synthetic waste through the fitting model	MATEC Web of Conferences	vol: 204   issue :   <b>2018-09-21</b>	First Author
5.	Thermal decomposition behavior of water hyacinth (Eichhornia crassipes) under an inert atmosphere	MATEC Web of Conferences	vol: 204   issue :   <b>2018-09-21</b>	First Author
6.	Marine microalgae Nannochloropsis oculata biomass harvesting using ultrafiltration in cross-flow mode	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	vol: 131   issue : 1   <b>2018-03-22</b>	Co-Author
7.	Experimental investigation of design parameters for	MATEC Web of Conferences	vol: 204   issue :   <b>2018-09-21</b>	Co-Author

	laboratory scale Pelton wheel turbine using RSM			
8.	The Properties of Eggshell Powders with the Variation of Sintering Duration	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	vol: 515   issue : 1   <b>2019</b> -01-01	Co-Author
9.	Experimental Investigation and Optimization of Floating Blade Water Wheel Turbine Performance Using Taguchi Method and Analysis of Variance (ANOVA)	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	vol: 515   issue : 1   <b>2019</b> -01-01	Co-Author
10.	A Tensile Strength Analysis of Hibiscus cannabinus L. Fiber and Corn Silk Reinforced Polyester Resin Matrix Hybrid Composite and Optimization	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	vol: 515   issue : 1   <b>2019</b> -01-01	Co-Author

	of Design Parameters Using Response Surface Methodology			
11.	Convective heat transfer characteristics of TiO <sub>2</sub> -EG nanofluid as coolant fluid in heat exchanger	AIP Conference Proceedings	vol: 2120   issue :   <b>2019</b> -07-03	Co-Author
12.	Heat transfer enhancement using nanofluids (MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -ethylene glycol) in mini heat exchanger shell and tube	AIP Conference Proceedings	vol: 2120   issue :   <b>2019</b> -07-03	Co-Author
13.	Thermogravimetric analysis and the fitting model kinetic evaluation of corn silk thermal decomposition under an inert atmosphere	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	vol: 494   issue : 1   <b>2019</b> -03-29	Corresponding Author
14.	Physical and Chemical Properties of	IOP Conference Series:	vol: 515   issue : 1   <b>2019</b> -01-01	First Author

	Water Hyacinth ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) as a Sustainable Biofuel Feedstock	Materials Science and Engineering		
15.	Physicochemical Characteristics of Corn Silk as Biomass Fuel Feedstock	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	vol: 515   issue : 1   <b>2019</b> -01-01	Corresponding Author
16.	Mechanical properties of Al-Si alloy with nanoreinforced manganese oxide by stir casting method	AIP Conference Proceedings	vol: 2120   issue :   <b>2019</b> -07-03	Co-Author
17.	Synthesis and characterization of CaO/CaCO <sub>3</sub> from quail eggshell waste by solid state reaction process	AIP Conference Proceedings	vol: 2120   issue :   <b>2019</b> -07-03	Co-Author
18.	The addition of lamella in anaerobic baffled reactor used for	IOP Conference Series: Materials Science and	vol: 669   issue : 1   <b>2019</b>	Co-Author

	decentralized municipal wastewater treatment	Engineering		
19.	Investigation on kinetic and thermodynamic parameters of Cerbera manghas de-oiled seed as renewable energy during the pyrolysis process	AIP Conference Proceedings	vol: 2228   issue : 1   <b>2020-04-22</b>	Corresponding Author
20.	The elemental composition changes of Spirulina platensis-synthetic waste mixture during the combustion analyzed by energy-dispersive x-ray	AIP Conference Proceedings	vol: 2228   issue : 1   <b>2020-04-22</b>	First Author
21.	Enhanced treatment performance of an anaerobic baffled filter reactor for	AIP Conference Proceedings	Vol: 2234   issue : 1   <b>2020-05-18</b>	Co-Author

	domestic wastewater			
22.	Effect of Additional MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> on a Combination of EG-Water Nanofluid and Volumetric Flowrate Variations towards Heat Transfer in Shell and Tube Heat Exchanger System	Key Engineering Materials	Vol. 851, pp 38-46 <b>2020-07-03</b>	Co-Author
23.	Pyrolytic Characteristics and Kinetic Parameters Evaluation of Cassava Stalks Using Thermogravimetric Analyzer	Key Engineering Materials	Vol. 851, pp 137-141 <b>2020-07-03</b>	First Author
24.	Arrhenius Kinetic Analysis during Combustion of <i>Spirulina platensis</i> Microalgae	Key Engineering Materials	Vol. 851, pp 142-148 <b>2020-07-03</b>	First Author

25.	Thermal Characteristic of Tetraselmis chunii Combustion Influenced by Titanium Dioxide (TiO <sub>2</sub> ) Nanoparticle	Key Engineering Materials	Vol. 851, pp 149-155 <b>2020-07-03</b>	First Author
26.	Thermogravimetric Study on the Thermal Characteristics of Tetraselmis chunii Microalgae Pyrolysis in the Presence of Titanium dioxide	Key Engineering Materials	Vol. 851, pp 156-163 <b>2020-07-03</b>	First Author
27.	Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy and X-Ray Diffraction (XRD) Analysis of Synthetic Waste during Combustion Process	Key Engineering Materials	Vol. 851, pp 220-227 <b>2020-07-03</b>	First Author



28.	Scrutinizing the Prospect of Cerbera manghas Seed and Its De-oiled Cake for a Fuel: Physicochemical Properties and Thermal Behavior	Lecture Notes in Mechanical Engineering	<b>02 June 2020</b> , pp 427-435	Corresponding Author
29.	Catalytic effect of Titanium Dioxide (TiO <sub>2</sub> ) on the kinetic and thermodynamic parameters of Tetraselmis chuii microalgae during the pyrolysis	Journal of Physics: Conference Series	Vol. 1595, pp 1-10 <b>2020</b>	Corresponding Author
30.	Density, flash point, viscosity, and heating value of waste cooking biodiesel (B20) with bioadditive essential oil (lemon,	Journal of Physics: Conference Series	Vol. 1595, pp 1-7 <b>2020</b>	Co-Author

	lemongrass, eucalyptus)			
31.	Identifying the optimum water flow and number of buckets in laboratory-scale Pelton turbine using Central Composite Design (CCD)	Journal of Physics: Conference Series	Vol. 1595, pp 1-8 <b>2020</b>	Co-Author
32.	Time dependence of nickel-coated st60 steel corrosion rate in sulfuric acid media	Journal of Physics: Conference Series	Vol. 1595, pp 1-6 <b>2020</b>	Co-Author
33.	Investigation on kinetic parameters during combustion of Tetraselmis chuii microalgae under thermogravimetric analyzer	AIP Conference Proceedings	Vol. 2255, pp 1-6 <b>03 September 2020</b>	Corresponding Author
34.	Pyrolytic thermal decomposition behavior and	AIP Conference Proceedings	Vol. 2255, pp 1-6 <b>03 September 2020</b>	Corresponding Author

	kinetic parameters of <i>Tetraselmis chuii</i> microalgae			
35.	The fitting kinetic evaluation during co-pyrolysis of coal and water hyacinth ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) to explore its potential for energy	AIP Conference Proceedings	Vol. 2255, pp 1-9 <b>03 September 2020</b>	First Author
36.	Thermophysical Properties and Heat Transfer Performance of TiO <sub>2</sub> -Distilled Water Nanofluid Using Shell and Tube Heat Exchanger	IEEE	<b>14 August 2020</b>	Co-Author
37.	Optimization of manganese ferrite/distilled water parameter design on heat exchanger	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	<b>Volume 1034, 2021</b>	Co-Author

	using RSM and CFD			
38.	Nanofluid NiO-H <sub>2</sub> O on heat exchanger using Taguchi optimization and numerical simulation	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	<b>Volume 1034, 2021</b>	Co-Author
39.	Computational fluid dynamics heat transfer analysis of double pipe heat exchanger using nanofluid MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> with ethylene glycol/water	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	<b>Volume 1034, 2021</b>	Co-Author
40.	Performance of diesel engine using cooking oil biodiesel (B20) with additional bioadditive essential oils (Eucalyptus)	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	<b>Volume 1034, 2021</b>	Co-Author
41.	Angle of inclination and radiation intensity variation effects on the	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	<b>Volume 847, 2021</b>	Co-Author

	flat plate solar collector's performance using graphene oxide (GO)-water nanofluid			
42.	Performance analysis of a H-Darrieus wind turbine for a Naca 0015 Airfoil: CFD and RSM-based design optimization	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	<b>Volume 847, 2021</b>	Co-Author
43.	Elemental compositions analysis of <i>Arthrospira platensis</i> -activated carbon blend using energy-dispersive X-Ray spectroscopy	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	<b>Volume 847, 2021</b>	Corresponding Author
44.	Characteristics and modeling kinetics of oil palm frond petiole pyrolysis using	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	<b>Volume 847, 2021</b>	Corresponding Author

	thermogravimetric analyzer			
45.	Physicochemical properties and porosity of coconut shell waste (CSW) biomass	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	<b>Volume 847, 2021</b>	Corresponding Author
46.	Analysis of corrosion rate, surface roughness, and microstructure of 48Cu-30Zn-18Nb brass alloy in sea water	AIP Conference Proceedings	Volume 2447, Issue 1, 2021	Co-Author
47.	Exhaust gas emission and performance in diesel engine using diesel-biodiesel blends with orange essential oil bioadditive	AIP Conference Proceedings	Volume 2447, Issue 1, 2021	Co-Author
48.	Kinetics and thermodynamics study of organic waste combustion using thermogravimetric analysis	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	<b>Volume 847, 2021</b>	First Author

49.	Thermogravimetric and kinetic analyses of the <i>Skeletonema costatum</i> microalgae combustion using the fitting method	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	<b>Volume 847, 2021</b>	First Author
-----	--	--	-------------------------	--------------

### G. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*)

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	Seminar Nasional Basic Science VII	Pengaruh Variasi Kuat Medan Magnet Pada Saluran Bahan Bakar Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Mesin Diesel Berbahan Bakar Minyak Jarak-Solar	2010-FMIPA-UB Malang
2.	Seminar nasional Green Technology	Nilai Kalor dan Dekomposisi Pembakaran Mikroalga <i>Nannochloropsis Oculata</i> sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan	2012 – UIN Maliki Malang
3.	The 6th Annual Basic Science International Conference	Combustion Characteristic of <i>Isochrysis Galbana</i> Biomass as an Alternative Solid Biofuel	March 2nd - 3th, 2016, Atria Hotel and Conference,

			Malang, East Java, Indonesia
4.	The 6th Annual Basic Science International Conference	Physicochemical and Thermal Characteristics of Organic Combustible Solid Waste (OCSW) as Sustainable Solid Biofuel	March 2nd - 3th, 2016, Atria Hotel and Conference, Malang, East Java, Indonesia
5.	The 6th Annual Basic Science International Conference	Thermogravimetric Analysis of <i>Spirulina platensis</i> Microalgae and Rice Husk in Combustion Decomposition	March 2nd - 3th, 2016, Atria Hotel and Conference, Malang, East Java, Indonesia
6.	The 6th Annual Basic Science International Conference	Potential of Inorganic Combustible Solid Waste (ICSW) as Sustainable Solid Fuel: Physicochemical Characteristics	March 2nd - 3th, 2016, Atria Hotel and Conference, Malang, East Java, Indonesia
7.	International Mechanical Engineering and Engineering Education Conferences (IMEEEEC 2016)	Exploring the Potential of Municipal Solid Waste (MSW) as Solid Fuel for Energy Generation: Case Study in the Malang City, Indonesia s	Atria Hotel Malang, 7-8 October 2016
8.	Green Construction and Engineering Education for Sustainable	Physicochemical Characteristics of Various Inorganic Combustible Solid Waste	8-9 August 2017, Atria Hotel and Conference,



	Future (GCEE2017)	(ICSW) Mixed as Sustainable Solid Fuel	Malang, East Java, Indonesia
9.	International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy (2017)	Marine microalgae <i>Nannochloropsis oculata</i> biomass harvesting using ultrafiltration in cross-flow mode	Malang, Indonesia 24-25 October 2017
10.	International Mechanical and Industrial Engineering Conference 2018 (IMIEC 2018)	Kinetic analysis of co-combustion of microalgae <i>spirulina platensis</i> and synthetic waste through the fitting model	Malang, Indonesia, August 30-31, 2018
11.	International Mechanical and Industrial Engineering Conference 2018 (IMIEC 2018)	Thermal decomposition behavior of water hyacinth ( <i>eichhornia crassipes</i> ) under an inert atmosphere	Malang, Indonesia, August 30-31, 2018
12.	International Conference on Condensed Matters and Advanced Materials (IC2MAM2018)	Physicochemical characteristics of corn silk as biomass fuel feedstock	Malang, Indonesia, 5 September 2018
13.	International Conference on Condensed Matters and Advanced Materials (IC2MAM2018)	Physical and chemical properties of water hyacinth ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) as a sustainable biofuel feedstock	Malang, Indonesia, 5 September 2018

14.	International Conference on Mechanical Engineering Research and Application in (ICOMERA2018)	Thermogravimetric analysis and the fitting model kinetic evaluation of corn silk thermal decomposition under an inert atmosphere	Malang, Indonesia, October 23-25, 2018
15.	International Conference on Renewable Energy (ICORE 2019)	Investigation on Kinetic and Thermodynamic Parameters of Cerbera manghas De-Oiled Seed as Renewable Energy during the Pyrolysis Process	The Singhasari Resort, 9-10 August 2019, Malang, Indonesia
16.	International Conference on Renewable Energy (ICORE 2019)	The Elemental Composition Changes of <i>Spirulina platensis</i> -Synthetic Waste Mixture during the Combustion Analyzed by Energy-dispersive X-ray	The Singhasari Resort, 9-10 August 2019, Malang, Indonesia
17.	International Conference on Renewable Energy (ICORE 2019)	Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy and X-ray Diffraction (XRD) Analysis of Synthetic Waste during Combustion Process	The Singhasari Resort, 9-10 August 2019, Malang, Indonesia
18.	International Conference on Renewable Energy (ICORE 2019)	Arrhenius kinetic analysis during combustion of <i>Spirulina platensis</i> microalgae	The Singhasari Resort, 9-10 August 2019, Malang, Indonesia
19.	International Conference on	Pyrolytic characteristics and kinetic parameters	The Singhasari Resort, 9-10

	Renewable Energy (ICORE 2019)	evaluation of cassava stalks using thermogravimetric analyzer	August 2019, Malang, Indonesia
20.	International Conference on Renewable Energy (ICORE 2019)	Thermogravimetric Study on the Thermal Characteristics of <i>Tetraselmis chuii</i> Microalgae Pyrolysis in the Presence of Titanium dioxide	The Singhasari Resort, 9-10 August 2019, Malang, Indonesia
21.	International Conference on Renewable Energy (ICORE 2019)	Thermal characteristic of <i>Tetraselmis chuii</i> combustion influenced by Titanium dioxide (TiO <sub>2</sub> ) nanoparticle	The Singhasari Resort, 9-10 August 2019, Malang, Indonesia
22.	International Tropical Renewable Energy Conference (4 <sup>th</sup> i-TREC 2019)	The Fitting Kinetic Evaluation during Co-pyrolysis of Coal and Water Hyacinth ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) to Explore Its Potential for Energy	The Anvaya Beach Resorts-Bali Indonesia, August 14-16, 2019
23.	International Tropical Renewable Energy Conference (4 <sup>th</sup> i-TREC 2019)	Pyrolytic Thermal Decomposition Behavior and Kinetic Parameters of <i>Tetraselmis chuii</i> Microalgae	The Anvaya Beach Resorts-Bali Indonesia, August 14-16, 2019
24.	International Tropical Renewable Energy Conference (4 <sup>th</sup> i-TREC 2019)	Investigation on kinetic parameters during combustion of <i>Tetraselmis chuii</i> microalgae under thermogravimetric analyzer	The Anvaya Beach Resorts-Bali Indonesia, August 14-16, 2019

25.	The 6th International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced Materials (ICE-SEAM)	Co-combustion of Water Hyacinth ( <i>Eichbornia crassipes</i> ) and Coal: Thermal Behavior and Kinetics Analysis under the Coats-Redfern Method	The Swiss-Belinn Saripetojo in Surakarta, Indonesia, from 16-17 October 2019
26.	The 6th International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced Materials (ICE-SEAM)	The Catalytic Impact of MnO Additive on the Selected Municipal Solid Waste Combustion Behavior Determined by Thermogravimetric Analysis	The Swiss-Belinn Saripetojo in Surakarta, Indonesia, from 16-17 October 2019
27.	The 6th International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced Materials (ICE-SEAM)	Catalytic Effect of Titanium dioxide (TiO <sub>2</sub> ) on the Kinetic and Thermodynamic Parameters of <i>Tetraselmis chuii</i> Microalgae during Pyrolysis	The Swiss-Belinn Saripetojo in Surakarta, Indonesia, from 16-17 October 2019
28.	The 6th International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced	A kinetic study on <i>Tetraselmis chuii</i> combustion: the catalytic impact of TiO <sub>2</sub> nanoparticle additive	The Swiss-Belinn Saripetojo in Surakarta, Indonesia, from 16-17 October 2019

	Materials (ICE-SEAM)		
29.	The 6th International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced Materials (ICE-SEAM)	Scrutinizing the Prospect of Cerbera manghas Seed and Its De-oiled Cake for a Fuel: Physicochemical Properties and Thermal Behavior	The Swiss-Belinn Saripetojo in Surakarta, Indonesia, from 16-17 October 2019
30.	The 3rd International Conference on Green Civil and Environmental Engineering	Kinetics and thermodynamics study of organic waste combustion using thermogravimetric analysis	Universitas Negeri Malang, 12 August 2021, East Java, Indonesia through the ZOOM Webinar platform.
31.	The 3rd International Conference on Green Civil and Environmental Engineering	Thermogravimetric and kinetic analyses of the Skeletonema costatum microalgae combustion using the fitting method	Universitas Negeri Malang, 12 August 2021, East Java, Indonesia through the ZOOM Webinar platform.
32.	The 5 <sup>th</sup> International conferences on Mechanical Engineering	Co-combustion of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) and Coal: Thermal Behavior and Kinetics Analysis under	Institute Teknologi Sepuluh Nopember, 25-26 Agustus 2021, through

		the Coats-Redfern Method	the ZOOM Webinar platform.
33.	The 5 <sup>th</sup> International conferences on Mechanical Engineering	Horowitz-Metzger Kinetic Analysis of Coconut Shell Waste Combustion using Thermogravimetric Technique	Institute Teknologi Sepuluh Nopember, 25-26 Agustus 2021, through the ZOOM Webinar platform.
34.	The 2 <sup>nd</sup> International Conference on Renewable Energy (2 <sup>nd</sup> ICORE 2021)	Macromolecular Content Identification of Blended Microalgae <i>Arthrospira platensis</i> -Activated Carbon Using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy	Universitas Negeri Malang, October 7-8, 2021 through the ZOOM Webinar platform.
35.	The 2 <sup>nd</sup> International Conference on Renewable Energy (2 <sup>nd</sup> ICORE 2021)	Particle Size Distribution and Porosity of Microalgae <i>Arthrospira platensis</i> -Activated Carbon Mixtures	Universitas Negeri Malang, October 7-8, 2021 through the ZOOM Webinar platform.
36.	The 2 <sup>nd</sup> International Conference on Renewable Energy (2 <sup>nd</sup> ICORE 2021)	Physicochemical and Porosity Analysis of Rice Husk Bio Briquettes with Water Hyacinth as a Binder	Universitas Negeri Malang, October 7-8, 2021 through the ZOOM Webinar platform.
37.	The 2 <sup>nd</sup> International	Fundamental Properties Analysis of Rice Husk to	Universitas Negeri Malang,

	Conference on Renewable Energy (2 <sup>nd</sup> ICORE 2021)	Explore Its Potential as a Bio-Briquettes Fuel	October 7-8, 2021 through the ZOOM Webinar platform.
--	---	--	--

#### H. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.	Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis IoT dengan Pengaturan yang Fleksibel	2020	Sederhana	Terdaftar / S00202009314
2.	Instrumen Berbasis IoT untuk Memonitor dan Mengontrol Kualitas Air dengan Pengaturan yang Fleksibel dan Terintegrasi Banyak Kolam	2020	Sederhana	Terdaftar / S00202009315

#### I. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 Tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Penghargaan Publikasi Ilmiah Internasional Lembaga Pengelolaan	Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP), Kementerian Keuangan, Republik Indonesia	2016

	Dana Pendidikan (LPDP)		
2.	Penghargaan Insentif Artikel pada Jurnal Internasional	Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia	2015
3.	Dosen berprestasi III Fakultas Teknik UM	Fakultas Teknik UM	2015

## J. Pengalaman Luar Negeri

No	Jenis Kegiatan	Lembaga & Negara Tempat Kegiatan	Waktu Kegiatan	Tahun
1.	Sandwich Program	Yamaguchi University-Jepang	13 September s.d 9 Desember	2011
2.	Training	Center of Innovation of Nanostructures and Nanodevices (COINN), University Technology Petronas, Malaysia	16-18 November	2016
3.	Training	ELABO GmbH, Jerman	24-25 Juni	2018

Malang, 08 Desember 2021  
Penyusun,



Prof. Dr. Sukarni, S.T., M.T.





**Karakteristik Microalga Laut Nannochloropsis Oculata  
Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan**

**Mahasiswa Program Doktor Teknologi Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Brunei Darussalam**

**1 Oktober 2014**

PALEMBANG, 14/10/2014

133





um

Excellence in  
Learning Innovation