



PROPOSAL MATCHING FUND 2021

VALORISASI/PEMANFAATAN EMISI CO₂ UNTUK PRODUKSI METANOL MELALUI METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY (MEA)



**UNIVERSITAS SRIWIJAYA – PT. PERTAMINA
(PERSERO)**

HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN

- | | | |
|--|---|---|
| 1. Nama Perguruan Tinggi | : | Universitas Sriwijaya |
| 2. Penanggung Jawab (Ketua BPU) | : | |
| N a m a | : | Prof. Dr. H. Zulkifli Dahlan, M.Si., DEA |
| Alamat | : | Universitas Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara,
Kec. IB I, Bukit Besar, Palembang Sumatera
Selatan 30128 |
| Telepon Kantor | : | |
| Telepon Genggam (Whatsapp) | : | 0811787587 |
| e-mail | : | zuldahlan@unsri.ac.id
BPU@unsri.ac.id |
| 3. Nama Badan Penyelenggara PT | : | (Khusus PTS) |
| Ketua Badan Penyelenggara PT | : | |
| Alamat | : | |
| Telepon Kantor | : | |
| Telepon Genggam (Whatsapp) | : | |
| 4. Ketua Pelaksana/Task Force | : | |
| N a m a | : | Dr. Dedi Rohendi, M.T |
| Alamat | : | PUR Fuel Cell dan Hidrogen, Universitas
Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara, Kec. IB I, Bukit
Besar, Palembang Sumatera Selatan 30128 |
| Telepon Kantor | : | |
| Telepon Genggam (Whatsapp) | : | +62 816383220 |
| e-mail | : | rohendi19@unsri.ac.id |
| 5. Mitra | : | 1. PT. Pertamina (Persero) |
| 6. Jumlah Mahasiswa Terlibat | : | 2 orang |
| 7. Kelompok Penerima Manfaat Eksternal | : | 1. PT. Pertamina (Persero)
2. PUR Fuel Cell dan Hidrogen
3. BPU Unsri
4. Jurusan Kimia FMIPA UNSRI
5. Mahasiswa |

Penanggung Jawab,
Ketua Badan Pengelola Usaha (BPU)
Universitas Sriwijaya



Zulkifli Dahlan
A (Prof. Dr. Zulkifli Dahlan, M.Si, DEA)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas tersusunnya proposal Kerjasama riset melalui Kedaireka dalam rangka **MATCHING FUND** tahun 2021. Proposal ini dibuat sebagai kelanjutan dari rangkaian kerjasama antara PT. Pertamina (Persero) dalam hal ini CCUS – URTI - RTI Pertamina dan Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Unsri melalui Forum Ideasi Riset Pertamina-Universitas. Judul kerjasama riset ini adalah Valorisasi Emisi CO₂ untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA).

Proposal **MATCHING FUND** ini mencakup produksi metanol dari reduksi elektrokimia CO₂ dengan meningkatkan kuantitas dan kualitas dari metanol yang diproduksi serta meningkatkan utilitas dari CO₂. Harapan kami, proposal ini dapat diterima sebagai landasan untuk memasuki tahap selanjutnya serta sebagai wadah yang menjembatani hubungan kerjasama antara universitas dan industri sehingga dapat mengambil peran dalam masyarakat.

Palembang, Juni 2021
Tim Peneliti UNSRI,

Dr. Dedi Rohendi, M.T
Ketua Tim



DAFTAR ISI

JUDUL PROPOSAL	1
HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN	2
KATA PENGANTAR	3
DAFTAR ISI.....	4
RINGKASAN EKSEKUTIF	5
LATAR BELAKANG	6
TUJUAN.....	9
ROADMAP DAN DESAIN PROGRAM	10
METODE DAN PELAKSANAAN PROGRAM	11
1. Mendesain Dan Membuat Peralatan Elektroliser Multi Stack	11
2. Membuat <i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA).....	12
3. Penyusunan MEA ke dalam Stack.....	13
4. Proses Konversi CO ₂ dengan Metode Reduksi Elektrokimia	13
PENERIMA MANFAAT PROGRAM	16
LUARAN DAN KONTRIBUSI TERHADAP 8 IKU.....	17
RENCANA ANGGARAN BIAYA	18
JADWAL PENELITIAN.....	20
LAMPIRAN.....	21
DOKUMEN PENDUKUNG	24

RINGKASAN EKSEKUTIF

Karbon dioksida merupakan salah satu jenis gas polutan yang berlimpah di bumi namun pemanfaatannya masih sangat minim. Untuk itu, akan dilakukan penelitian berbasis CO₂ yang dapat dikonversi menjadi sumber energi seperti metanol. Selain berfungsi sebagai pelarut dalam beberapa industri yang melibatkan reaksi kimia, metanol juga dapat menjadi bahan bakar dalam fuel cell. Fuel cell merupakan sel bahan bakar yang dapat mengkonversi energi kimia menjadi energi listrik secara langsung melalui reaksi elektrokimia.

Proses konversi ini dilakukan dengan menggunakan metode elektrolisis dalam media *Membrane Electrode Assembly* (MEA) untuk mengubah CO₂ menjadi metanol dengan menggunakan sumber energi terbarukan berupa solar cell 7kW yang dimiliki Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya. Pengembangan *Membrane Electrode Assembly* (MEA) sebagai pusat reaksi konversi CO₂ adalah merupakan bagian tak terpisahkan dari pengembangan PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) dan DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*) yang menjadi kajian dan bidang keahlian peneliti PUR Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI selama ini. Sementara itu, penggunaan energi terbarukan solar cell selain untuk menekan biaya produksi metanol, juga ikut mendukung program pemerintah dalam meningkatkan bauran energi baru dan terbarukan.

Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya telah bekerjasama dengan PT. Pertamina dalam upaya memanfaatkan gas CO₂ menjadi metanol melalui Forum Ideasi Riset Pertamina-Universitas yang direalisasikan tahun 2020 yang menghasilkan metanol dengan konsentrasi 20%. Saat ini, kerjasama riset telah selesai dilakukan dengan menghasilkan satu draft paten dan data-data riset skala laboratorium serta menghasilkan prototype elektroliser stack tunggal dan stack ganda. Hasil kerjasama penelitian ini diharapkan menjadi modal dasar untuk melanjutkan kerjasama riset konversi CO₂ menjadi methanol melalui skim pendanaan *Matching-Fund* dari Program Kedaireka Kemendikbud-ristek dengan PT Pertamina (Persero) sebagai mitra DUDI. Riset yang akan dilakukan sejalan dengan program strategis nasional dan komitmen pemerintah Indonesia dalam Nationally Determined Contribution (NDC) pada COP 21 Paris untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% pada tahun 2030 dan 41% dengan bantuan internasional.

Fokus riset lanjutan adalah meningkatkan persentase metanol terproduksi melalui pengembangan multi stack dari sisi desain, ukuran dan jumlah stack elektroliser, meningkatkan efisiensi dan efektifitas konversi CO₂ melalui penerapan looping system pada input CO₂, meningkatkan kemurnian metanol terproduksi melalui metode destilasi dan menguji coba methanol hasil konversi pada *Direct Methanol Fuel Cell* untuk peralatan mudah alih. Riset lanjutan diharapkan dapat berjalan bertahap sesuai roadmap penelitian yang ada, sementara capaian-capaian yang menjadi target penelitian tahun ini diantaranya persentase metanol hasil konversi CO₂ melalui proses elektrolisis menggunakan multi stack sebesar 30-50% dapat terlaksana dengan bantuan dana yang lebih memadai.



LATAR BELAKANG

Karbon dioksida merupakan gas yang banyak dihasilkan dalam produksi dan pengolahan minyak serta gas bumi. Keberadaan CO₂ merupakan permasalahan tersendiri karena kehadirannya dalam jumlah besar menyebabkan efek rumah kaca (Albo *et al.*, 2015). Pemanfaatan CO₂ oleh perusahaan migas menjadi sangat penting karena dapat mengatasi dua hal sekaligus, yaitu mereduksi kehadiran gas rumah kaca dan menjadikan CO₂ sebagai bahan baku produk bernilai tambah. Pemanfaatan dan pengkonversian emisi CO₂ juga dalam upaya mendukung komitmen Pemerintah Indonesia pada COP 21 Paris untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% di tahun 2030 dan sebesar 41% dengan bantuan internasional. Dalam kaitan ini, kolaborasi antara Perguruan Tinggi dan Industri menjadi *key point* penting untuk menciptakan inovasi – inovasi riset dan teknologi yang dapat dikembangkan dan diimplementasikan dalam upaya pemanfaatan emisi CO₂.

Salah satu bentuk pemanfaatan CO₂ adalah sebagai bahan baku pembuatan methanol. Metanol yang mempunyai densitas energi cukup tinggi dan mempunyai kestabilan dalam penyimpanan, merupakan salah satu produk konversi CO₂ yang paling memberikan harapan. Selain sebagai bahan bakar untuk fuel cell (DMFC sebagai bahan bakar langsung dan PEMFC sebagai bahan bakar tidak langsung) dan pelarut, metanol juga menjadi bahan baku untuk dimetil eter (DME) (Goepfert *et al.*, 2014).

Proses konversi CO₂ menjadi metanol ada beberapa cara, diantaranya adalah melalui jalur pembentukan syn gas dalam reformer dan melalui proses hidrogenasi, dimana pada kedua metode tersebut menggunakan suhu dan tekanan tinggi. Metode lain untuk mengkonversi CO₂ menjadi metanol adalah metode elektrolisis yang mempunyai keunggulan ramah lingkungan, dapat mengkonversi CO₂ menjadi berbagai jenis bahan bakar dan bekerja pada suhu ambien (Venka, 2016).

Merujuk pada kelimpahan CO₂ di alam serta pemanfaatannya yang belum optimal, maka Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya telah menginisiasi penelitian awal untuk mengkonversi CO₂ menjadi methanol melalui proses reduksi elektrokimia bekerjasama dengan PT Pertamina (Persero) melalui program Forum Ideasi Riset Pertamina-Universitas yang direalisasikan tahun 2020. Penelitian ini menggunakan metode elektrolisis dengan media *Membrane Electrode Assembly* (MEA) untuk mengkonversi CO₂ menjadi metanol dengan menggunakan sumber energi terbarukan berupa solar cell yang dimiliki Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya. Penggunaan energi terbarukan solar cell selain untuk menekan biaya produksi

metanol, juga ikut mendukung program pemerintah dalam meningkatkan bauran energi baru dan terbarukan. Penguraian CO₂ menjadi metanol sangat tergantung pada beberapa parameter, antara lain; jenis elektroda, jenis elektrolit dan kondisi operasi (suhu dan arus) (Venka, 2016).

Membrane Electrode Assembly (MEA) yang digunakan pada penelitian konversi CO₂ menjadi metanol adalah sama seperti MEA yang digunakan pada PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) dan DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*). Seperti diketahui, Prinsip elektrolisis adalah kebalikan dari prinsip kerja fuel cell. Jika pada fuel cell terjadi proses spontan perubahan energi kimia menjadi energi listrik, maka pada elektrolisis terjadi proses tidak spontan perubahan energi listrik menjadi energi kimia. Pusat Unggulan Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya telah berhasil membuat dan menguji kinerja MEA yang digunakan pada kedua jenis fuel cell di atas. Dengan rekam jejak penelitian dan fasilitas yang tersedia di Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI, penelitian ini diharapkan dapat dilaksanakan dengan baik. Penggunaan MEA dapat digunakan sebagai media reaksi redoks pada proses elektrolisis.

Dari kerjasama riset dengan Pertamina, telah didapatkan kondisi optimum untuk reaksi konversi CO₂ menjadi metanol, yaitu: katalis terbaik yang digunakan adalah paduan katalis Cu₂O-ZnO/C dengan loading katalis 1 mg/cm², laju alir optimum CO₂ pada 60 mL/menit dan tegangan 1,6 V dengan konsentrasi methanol tertinggi yang dihasilkan sebesar 9,14%v/v. Beberapa variasi juga telah dilakukan dalam hal penggunaan larutan KHCO₃ di katoda (tempat reduksi CO₂) dan penggunaan gas H₂ di anoda (tempat oksidasi air atau H₂ untuk menghasilkan ion H⁺). Selain itu, telah dicoba penggunaan elektroliser buatan sendiri dibandingkan dengan elektroliser komersial. Kerjasama penelitian telah selesai dilaksanakan dan menghasilkan satu draft paten dan prototype elektroliser. Selain itu, metanol yang ditargetkan telah didapatkan akan tetapi masih belum maksimal. Untuk itu, penelitian ini perlu dilanjutkan untuk meningkatkan produksi metanol secara kuantitas maupun kualitas. Dari sisi kuantitas, diharapkan methanol yang dihasilkan semakin besar melalui penyempurnaan dan peningkatan desain dan rancang bangun peralatan elektroliser serta manajemen daya listrik dan laju alir CO₂. Dari sisi kualitas, diharapkan dapat meningkatkan kemurnian metanol yang diperoleh. Target yang diharapkan adalah konsentrasi methanol dapat ditingkatkan sampai 50% dan tingkat kemurnian setelah destilasi sebesar 90%. Kerjasama penelitian lanjutan dengan PT. Pertamina sangat dibutuhkan dengan mempertimbangkan kerjasama yang saling menguntungkan. Pihak Unsri yang diwakili oleh para peneliti terbantu dalam ikut mencapai IKU Unsri dan meningkatkan portofolio para peneliti. Bagi PT. Pertamina, kerjasama penelitian ini



diharapkan menjadi salah satu alternatif pemecahan masalah Program penangkapan CO₂ (Carbon Capture).

Penelitian yang dilakukan di Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI dilakukan oleh tim peneliti sesuai kompetensi dan keahlian masing-masing, dibantu oleh tenaga pembantu peneliti lulusan S2 serta melibatkan mahasiswa baik S1 maupun S2. Pelibatan mahasiswa dalam penelitian sekaligus sebagai topik penelitian tugas akhir. Selain meluluskan sarjana S1, PUR juga telah dan sedang membantu mahasiswa lulusan S1 yang melanjutkan studi pada jenjang S2. Kerjasama penelitian dengan DUDI dan pelibatan dosen sebagai tenaga peneliti dan mahasiswa dalam penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan capaian Indikator Kinerja Utama (IKU) Unsri sebagai salah satu perguruan tinggi di bawah Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.

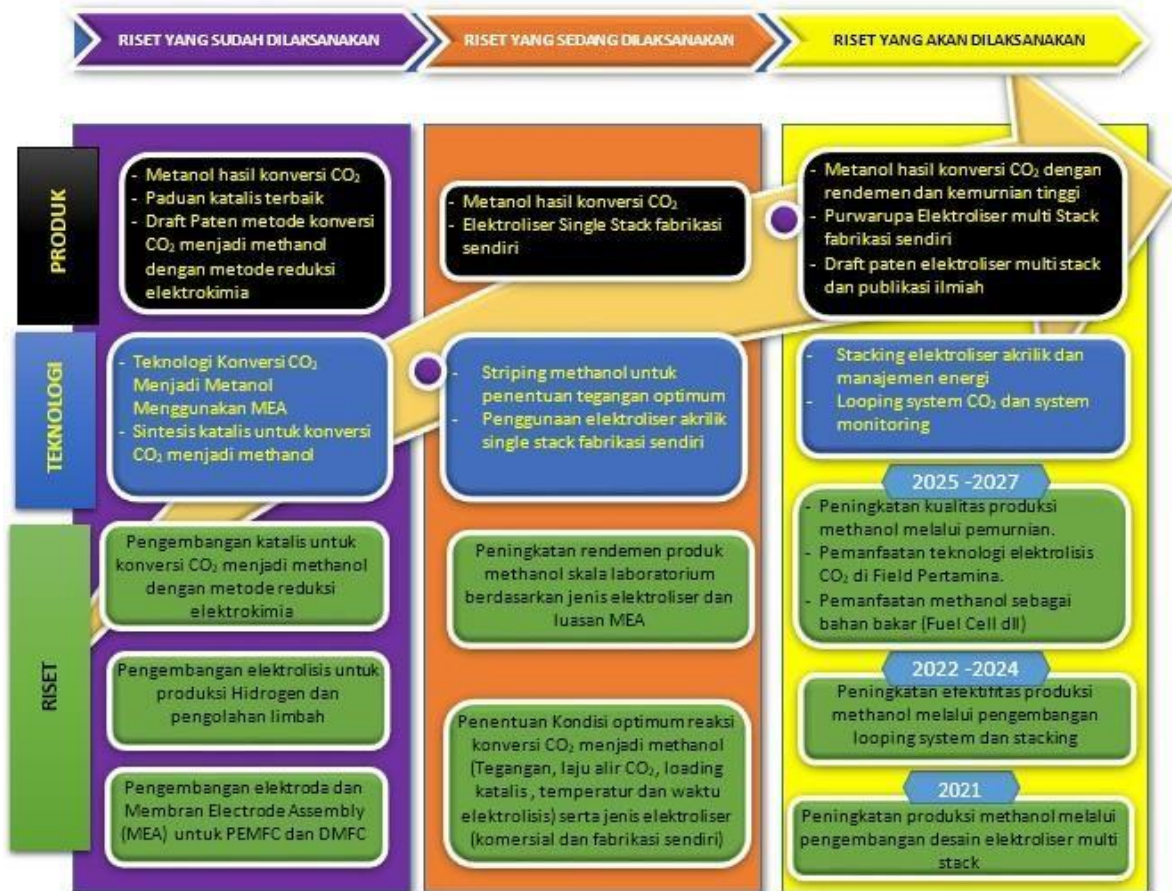
TUJUAN

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk memanfaatkan dan melakukan konversi emisi CO₂ sebagai salah satu gas rumah kaca menjadi produk metanol yang memiliki nilai tambah dan dapat digunakan sebagai substitusi program *gasoline blending*. Kegiatan penelitian ini diharapkan dapat dilaksanakan bekerjasama dengan DUDI. Hal ini sesuai dengan salah satu ruang lingkup Program Matching Fund yaitu kerjasama penelitian untuk menghasilkan produk/purwarupa/ teknologi untuk dapat dikomersialisasikan (termasuk *mini-plant* atau *teaching factory*), atau untuk mengatasi masalah spesifik yang dihadapi masyarakat atau DUDI/mitra. Kegiatan penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan capaian Indikator Kinerja Utama (IKU) perguruan tinggi melalui pelibatan dosen dan mahasiswa, sekaligus peningkatan konsentrasi dari metanol terproduksi. Sementara itu, tujuan khusus dari penelitian untuk tahun 2021 adalah:

1. Meningkatkan konsentrasi produk metanol melalui pengembangan desain peralatan elektroliser multi stack untuk proses konversi CO₂ menjadi metanol dengan metode reduksi elektrokimia menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA).
2. Meningkatkan efisiensi dan efektifitas reaksi melalui penerapan looping system input CO₂ dan monitoring produk.

ROADMAP DAN DESAIN PROGRAM

Penelitian Peningkatan produksi metanol dari CO₂ melalui optimalisasi proses reduksi elektrokimia menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA) dilakukan sesuai roadmap dan desain program seperti tercantum pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Roadmap penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian, maka desain dan tahapan program selama 6 bulan adalah:

1. Melakukan desain sel elektroliser multistack dengan memperhatikan perbandingan ukuran luas dan panjang total stack ideal, desain stack untuk meminimalkan kebocoran dan desain stack yang kompak.
2. Melakukan optimasi proses konversi CO₂ pada sistem multistack yang disusun paralel.
3. Merancang sistem pengembalian gas CO₂ yang tidak bereaksi kembali masuk ke system input CO₂ dan system monitoring produk.

METODE DAN PELAKSANAAN PROGRAM

Metodologi penelitian yang akan dilakukan adalah:

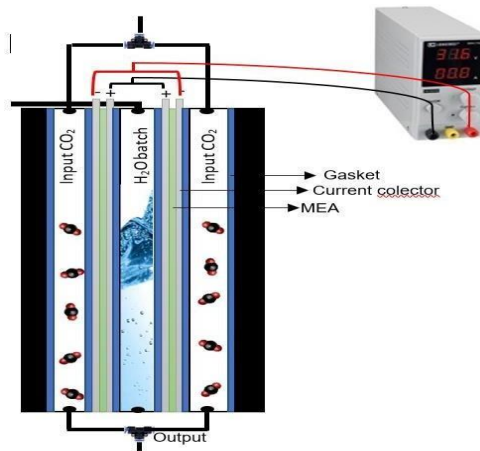
1. Mendesain dan membuat Peralatan Elektroliser Multi Stack

Elektroliser multi stack yang dibuat adalah dari bahan akrilik yang mana pada sisi luar adalah ruang anoda (berisi air yang akan dioksidasi menjadi ion H^+ dan melepaskan O_2) dan sisi dalamnya ruang katoda. Antara ruang anoda dan katoda dipisahkan oleh *Membrane Electrode Assembly* (MEA). MEA sendiri merupakan gabungan katoda dan anoda yang mengapit membrane elektrolit nafion-117 pada kedua sisi. Ruang katoda berada di tengah tempat dialirkannya CO_2 . Ion H^+ dari ruang anoda menyebrang ke ruang katoda melalui membrane elektrolit Nafion-117 dan bereaksi dengan CO_2 menghasilkan methanol. Pada sisi berikutnya adalah sisi anoda dari stack yang kedua yang tersambung dengan ruang katoda sel berikutnya.

Pengembangan elektroliser multi stack berpedoman pada capaian prototype stack tunggal dan stack ganda yang dihasilkan dari penelitian sebelumnya seperti terlihat pada gambar 2, 3 dan 4, serta gambaran umum multi stack pada gambar 5.



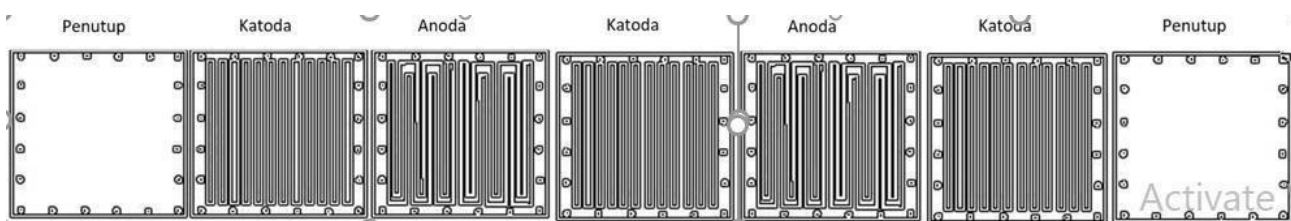
Gambar 2. Elektroliser Stack Tunggal



Gambar 3. Desain Elektroliser Stack Ganda



Gambar 4. Elektroliser stack ganda dan peralatan penelitian



Gambar 5. Desain umum untuk multi stack

2. Membuat Membrane Electrode Assembly (MEA)

MEA terdiri atas dua buah elektroda (anoda dan katoda) yang mengapit membran elektrolit Nafion-117. Elektroda sendiri terdiri atas *backing layer* (BL) yang terbuat dari kertas karbon (Carbon Paper) Avcab 75T (Dupont). Selanjutnya, BL dilapisi *Micro Porous Layer* (MPL) yang dibuat dari tinta karbon yang tersusun dari serbuk karbon Vulcan yang dilarutkan dengan larutan isopropil alkohol dan *polytetrafluoroetilen* (PTFE) membentuk Gas

Diffusion Layer (GDL). Kemudian, GDL yang telah dibuat kembali dilapisi dengan tinta katalis Pt/C (anoda) dan Cu₂O-ZnO/C (katoda), isopropil alkohol, PTFE dan larutan nafion. Masing-masing elektroda kemudian digabungkan dengan mengapit membran nafion-117 dengan penekanan panas menggunakan *hot press* pada 1200 psi pada temperatur 135 C selama 3 menit.

3. Penyusunan MEA ke dalam Stack

Stack elektroliser terdiri dari *end plate* (plat luar), gasket, *current collector* dan MEA. MEA yang telah dibuat dipasang ke dalam stack elektroliser dengan memperhatikan letak sisi anoda dan katoda. Sisi anoda (Pt/C) akan berinteraksi dengan H₂O yang berperan sebagai penyuplai proton (H⁺) melalui reaksi oksidasi. Sebaliknya, pada sisi katoda (Cu₂O-ZnO/C) akan dialirkan gas CO₂ yang akan mengalami reaksi reduksi. Untuk stack elektroliser multi, sel ulangan sesuai dengan jumlah stack yang disusun. Jumlah sel untuk setiap stack ditunjukkan oleh berapa MEA yang disisipkan diantara dua sisi katoda dan anoda.

4. Proses Konversi CO₂ dengan Metode Reduksi Elektrokimia

MEA yang telah terpasang pada stack elektroliser diisi dengan H₂O pada sisi anoda dan dialirkan gas CO₂ di katoda. Karena menggunakan multi stack, kondisi operasi akan diuji ulang meliputi:

- a. Laju alir input CO₂ optimum dan pengukuran laju alir CO₂ outlet
- b. Pengujian ulang tegangan optimum
- c. Proses konversi CO₂ pada kondisi optimum dengan variasi waktu
- d. Proses konversi CO₂ dengan menggunakan larutan KHCO₃ sebagai elektrolit di katoda
- e. Produk metanol dan CO₂ sisa ditampung dan dilarutkan dalam air.

Tabel 1. Tim Pelaksana Penelitian

No	Nama	Institusi	Posisi dalam Tim	Uraian Tugas
1	Dr. Dedi Rohendi, MT	PUR Fuel Cell UNSRI	Koordinator Peneliti	1. Menyusun proposal 2. Menyusun rencana kerja 3. Mengkoordinir tim
2	Dr. Nirwan Syarif, M.S	PUR Fuel Cell UNSRI	Anggota Tim Peneliti	1. Merancang sensor dan rangkaian listrik 2. Analisis produk

3	Dr. Addy Rachmat, M.Si	PUR Fuel Cell UNSRI	Anggota Tim Peneliti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat elektroda 2. Supervisi stack
4	Dwi Hawa Yulianti, M.Si	PUR Fuel Cell UNSRI	Koordinator Tim Pembantu peneliti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat MEA 2. Running percobaan
5	Nyimas Febrika, M.Si	PUR Fuel Cell UNSRI	Anggota Tim Pembantu Peneliti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis produk 2. Running percobaan
6	Icha Amelia, S.Si	PUR Fuel Cell UNSRI	Anggota Tim Pembantu Peneliti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mendesain dan membuat Stack 2. Staf Pendukung
7	Mahasiswa S1 (4 orang)	PUR Fuel Cell UNSRI	Anggota Tim Pembantu Peneliti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membantu pelaksanaan penelitian 2. Pencatatan data dan logbook 3. Aktif dalam diskusi dan aktivitas penelitian 4. Membuat laporan dan skripsi
8	Prof. Dr. Zulkifli Dahlan, M.Si	BPU-UNSRI	Direktur Utama	Legalitas kegiatan
9	Ruhyat	BPU-UNSRI	Anggota tim Administrasi	Mengurus administrasi keuangan
10	Merry Marteighianti., M.Eng	URTI - RTI Pertamina	Penanggung Jawab	Bertanggung jawab pada pelaksanaan project
11	Dewi Mersitarini, S.T., M.Eng	CCUSR-URTI-RTI Pertamina	Advisor Tim CCUS-URTI-RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring dan evaluasi timeline penelitian 2. Mengkoordinir tim penelitian antara universitas dan pertamina
12	Dimas Ardiyanta, S.T., M.Eng	CCUSR-URTI-RTI Pertamina	Koordinator Tim CCUS- URTI-RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring dan evaluasi penelitian 2. Evaluasi dan rekomendasi proses konversi CO₂ menjadi methanol
13	Rr. Whiny Hardiyati Erliana, S.T., M.T	CCUSR-URTI-RTI Pertamina	Anggota Tim CCUS-URTI-RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring dan evaluasi teknis penelitian 2. Evaluasi dan koordinasi pengujian atau analisa

14	Isya Mahendra, S.T., M.T	CCUSR-URTI- RTI Pertamina	Anggota Tim CCUS- URTI-RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none">1. Monitoring dan evaluasi teknis penelitian2. Evaluasi dan koordinasi pengujian atau analisa
15	Christian Afiko Irlando Sianturi	Innovation Strategy and Portfolio Management	Anggota Tim RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none">1. Membantu untuk mengkoordinir antara Pertamina – UNSRI – Kedai Reka2. Mengkoordinir pendaftaran paten



PENERIMA MANFAAT PROGRAM

Penerima manfaat dari program ini adalah kedua belah pihak, yaitu UNSRI yang diwakili oleh Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen dan PT. Pertamina (Persero). Seperti disebutkan di bagian awal, bahwa kerjasama ini pada prinsipnya mempunyai nilai manfaat untuk kedua belah pihak. Bagi UNSRI, Kerjasama ini dapat membantu UNSRI mencapai Indikator Kinerja Utama (IKU) UNSRI melalui pelibatan dosen dalam kerjasama penelitian, peningkatan jumlah prodi yang mempunyai mitra DUDI serta peluang publikasi di jurnal internasional serta pelibatan mahasiswa. Pelibatan mahasiswa dalam penelitian memberikan pengalaman dan peningkatan kompetensi mahasiswa untuk mengerjakan penelitian yang bersifat aplikatif yang nantinya akan sangat bermanfaat ketika memasuki dunia kerja dengan pengembangan untuk peningkatan kompetensi mahasiswa dan lulusan antara lain sebagai berikut:

1. Keterlibatan aktif mahasiswa dalam penelitian sehingga memperoleh topik penelitian skripsi yang relevan dengan kebutuhan industri.
2. Mahasiswa memiliki kesempatan untuk mengembangkan wawasan dunia kerja melalui keterlibatannya dalam kerja praktek/magang di fungsi CCUS Research PT. Pertamina (Persero).
3. DUDI akan memberikan sharing/kuliah tamu kepada mahasiswa sebagai salah satu kontribusi dalam pembekalan mahasiswa/lulusan untuk lebih mengetahui prospek dunia industri.

Selain itu, selama penelitian dan pelibatan dalam diskusi dengan mitra, mahasiswa akan mendapatkan pengetahuan dan wawasan tambahan tentang ketersambungan (relevansi) antara dunia akademik dengan dunia industri. Bagi Pihak Pertamina, kerjasama ini juga dapat memberikan kontribusi pada permasalahan real yang dihadapi PT. Pertamina, terkait penanganan dan sekaligus pemanfaatan CO₂ menjadi bahan bermanfaat dalam hal ini metanol, Selain tentunya untuk memenuhi IKU Pertamina khususnya divisi CCUS. Pertamina Rincian daftar penerima manfaat program dan jumlah personilnya disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Penerima Manfaat Program

No	Kelompok Penerima Manfaat	Jumlah (orang)
1	PT. PERTAMINA (Persero)	6
2	PUR Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI	6
3	Jurusan Kimia FMIPA UNSRI	28
4	Badan Pengelola Usaha (BPU) Unsri	3
5	Mahasiswa	4



LUARAN DAN KONTRIBUSI TERHADAP 8 IKU

Luaran yang diharapkan dari kerjasama penelitian ini adalah terbentuknya prototype elektroliser multi stack dan peningkatan persentase metanol terproduksi seperti dicantumkan pada tabel 3. Sementara itu, ketercapaian dan kontribusi terhadap Indikator Kinerja Utama (IKU) disajikan pada tabel 4.

Tabel 3. Luaran Program

No	Jenis Luaran	Target Pencapaian Luaran
1	Prototype Elektroliser Multi Stack	1
2	Persentase Metanol Hasil Elektrolisis output elektroliser	30-50%
3	Draft Paten Elektroliser Multi Stack	1
4	Draft Publikasi	1

Tabel 4 – Indikator Kinerja Utama

No	Indikator Kinerja Utama	Baseline	Target
1	Lulusan yang melanjutkan studi	4	5
2	Jumlah luaran penelitian per dosen dalam bentuk publikasi,	1	2
3	Program studi S1 yang melaksanakan kerjasama dengan mitra	14	15

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Tabel 5 – Rencana Anggaran Biaya

RINCIAN BIAYA PENELITIAN								
Nama Perguruan Tinggi		: Universitas Sriwijaya						
Nama Pengusul		: Dr. Dedi Rohendi, M.T						
Judul Program		: Valorisasi / Pemanfaatan Emisi CO2 Untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA)						
A. Tahap Persiapan								
No	Komponen Biaya	Volume		Biaya/Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Jumlah Berdasarkan Sumber Dana (Rp)		Verifikasi Reviewer (Diisi oleh Reviewer)
		Jumlah	Satuan			DIKTI	MITRA	
I Pembelian Bahan Baku Stek dan Tempat Preparasi								
1	Akrilik 5 mm	4	keping	2,000,000	8,000,000		8,000,000	
2	Akrilik 8 mm	3	keping	2,500,000	7,500,000		7,500,000	
3	Baut + mur	1	box	500,000	500,000	500,000		
4	Gasket	1	gulung	5,000,000	5,000,000	5,000,000		
5	lem akrilik	3	botol	250,000	750,000		750,000	
6	Resin akrilik	3	botol	500,000	1,500,000	1,500,000		
7	Current Collector	1	gulung	5,500,000	5,500,000		5,500,000	
8	Kabel dan aksesoris	1	paket	1,500,000	1,500,000	1,500,000		
9	Selang dan aksesoris	1	paket	3,000,000	3,000,000	3,000,000		
10	Fiting 4 mm	10	buah	50,000	500,000		500,000	
11	Fiting 6 mm	10	buah	70,000	700,000		700,000	
12	Fiting 8 mm	5	buah	100,000	500,000		500,000	
13	Fiting 10 mm	4	buah	150,000	600,000		600,000	
14	Fabrikasi Reaktor Penampung produk	1	buah	10,000,000	10,000,000		10,000,000	
15	Perakitan Glove Box untuk reaksi kondisi vakuum	1	buah	100,000,000	100,000,000		100,000,000	
Sub Total Biaya A.I						130,050,000	15,500,000	
II Pembelian Bahan MEA								
1	Katalis Pt/C 40% kode 591478	4	botol	60,000,000	240,000,000		240,000,000	
2	Katalis Cu2O 566284-25G	2	botol	12,500,000	25,000,000		25,000,000	
3	Katalis ZnO tipe: 204951-25G	2	botol	12,500,000	25,000,000		25,000,000	
4	Teflon Emulsion PTFE 3859 (250 mL)	2	botol	6,000,000	12,000,000	12,000,000		
5	Karbon vulcan XC-72R (@200 gram)	2	botol	10,000,000	20,000,000		20,000,000	
6	D1021 Nafion Dispersion-alcohol based	2	botol	12,500,000	25,000,000	25,000,000		
7	Carbon Paper Avcarb P75T Kode 590642-1	20	lembar	6,000,000	120,000,000		120,000,000	
8	Isopropanol (2,5 L)	4	botol	2,500,000	10,000,000		10,000,000	
9	Ammonium hidrogen karbonat (500 gram)	1	botol	3,000,000	3,000,000	3,000,000		
10	Nafion Membrane 117 591539-1 (61 x 50 cm)	1	gulung	40,000,000	40,000,000	40,000,000		
11	Aqua DI	20	liter	50,000	1,000,000		1,000,000	
12	Hydrogen Peroxide (1 Liter)	5	botol	2,500,000	12,500,000	12,500,000		
13	H2SO4 (2,5 L)	2	botol	5,000,000	10,000,000	10,000,000		
14	KHCO3 (@ 500 gram)	2	botol	2,000,000	4,000,000	4,000,000		
15	Pembelian Reagen Methanol Analyzer	2	paket	25,000,000	50,000,000	50,000,000		
Sub Total Biaya A.II						177,500,000	420,000,000	
III FGD Persiapan (Konsumsi dan honor FGD)		15	Paket	200,000	3,000,000	3,000,000	0	
Sub Total Biaya A.III						3,000,000	0	
IV Pembelian/Sewa Peralatan								
1	Sewa Methanol Analyzer	6	Bulan	50,000,000	300,000,000		300,000,000	
2	Mass Flow Controller	2	Unit	40,000,000	80,000,000	80,000,000		
3	Pompa Peristaltik	2	Unit	18,000,000	36,000,000	36,000,000		
4	Ultrasonic Homogenizer	1	Unit	100,000,000	100,000,000	100,000,000		
5	Peralatan Destilasi	1	unit	20,000,000	20,000,000	20,000,000		
6	Sistem controller	1	paket	25,000,000	25,000,000	25,000,000		
7	Power supply	1	unit	15,000,000	15,000,000	15,000,000		
8	Hotplate	1	unit	25,000,000	25,000,000	25,000,000		
9	Pemeliharaan Ball milling							
	Bola Milling Ukuran 5 mm	2	Botol	5,000,000	10,000,000	10,000,000		
	Bola Milling Ukuran 10 mm	1	Botol	7,500,000	7,500,000	7,500,000		
10	Pengering elektroda	1	Unit	1,000,000	1,000,000	1,000,000		
11	Pemeliharaan Laser Cutter							
	Tabung Laser	1	Unit	10,000,000	10,000,000	10,000,000		
	Pompa Chiller	1	Unit	5,000,000	5,000,000	5,000,000		
	Water Chiller	1	Unit	10,000,000	10,000,000	10,000,000		
12	Pemeliharaan Potensiosat PGSTAT-204 Autolab Metrohm							
	Elektroda Pt	2	Unit	8,500,000	17,000,000	17,000,000		
	Elektroda Ag/AgCl	2	Unit	3,500,000	7,000,000	7,000,000		
	Larutan KCl 3M untuk Elektroda	1	Unit	1,500,000	1,500,000	1,500,000		
	Kabel sel	3	Unit	2,500,000	7,500,000	7,500,000		
13	Pemeliharaan Furnace							
	Tabung Furnace	2	Unit	7,500,000	15,000,000	15,000,000		
	Batu Gips	5	Unit	750,000	3,750,000	3,750,000		
	Pompa Vakum	1	Unit	25,000,000	25,000,000	25,000,000		
	Regulator	2	Unit	2,000,000	4,000,000	4,000,000		
14	Spray Gun	1	unit	1,000,000	1,000,000	1,000,000		
15	Torque Wrange Digital Krisbow 1/4"	1	unit	10,000,000	10,000,000	10,000,000		
16	Lemari Pendingin	1	unit	15,000,000	15,000,000	15,000,000		
17	Analisis SEM-EDX	5	Sampel	1,500,000	7,500,000		7,500,000	
18	Analisis HPLC	5	Sampel	1,000,000	5,000,000		5,000,000	
19	Pembelian electrolizer komersial	1	unit	150,000,000	150,000,000		150,000,000	
Sub Total Biaya A.IV						451,250,000	462,500,000	
Sub Total Biaya A						761,800,000	898,000,000	

B. Tahap Pelaksanaan

No	Komponen Biaya	Volume		Biaya/Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Jumlah Berdasarkan Sumber Dana (Rp)		Verifikasi Reviewer (Diisi oleh Reviewer)
		Jumlah	Satuan			DIKTI	MITRA	
1	Kebutuhan ATK (Kertas, Tinta Printer, Printer, Map, Pena, Penggaris, Spidol, Tinta Spidol, Staples dan Isi, Solatip, Materai dll)	6	paket	1,000,000	6,000,000	6,000,000		
2	Gas CO2	3	Tabung	2,500,000	7,500,000	7,500,000		
3	Biaya FGD Pelaksanaan (Sertifikat, Seminar Kit, Konsumsi)	2	paket	3,000,000	6,000,000	6,000,000		
4	Gas Helium	1	tabung	8,000,000	8,000,000	8,000,000		
5	Biaya operasional/running dan maintenance peralatan	1	paket	15,000,000	15,000,000	15,000,000		
6	Gas Nitrogen	2	tabung	4,000,000	8,000,000	8,000,000		
7	Sarung tangan	3	box	180,000	540,000	540,000		
8	Masker	4	box	75,000	300,000	300,000		
9	Biaya akomodasi witness (Transportasi lokal, Konsumsi, Dokumentasi dll)	2	kali	4,000,000	8,000,000	8,000,000		
Sub Total Biaya B						59,340,000		

C. Tahap Laporan

No	Komponen Biaya	Volume		Biaya/Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)	Jumlah Berdasarkan Sumber Dana (Rp)		Verifikasi Reviewer (Diisi oleh Reviewer)
		Jumlah	Satuan			DIKTI	MITRA	
I Biaya Perjalanan								
1	Tiket Jakarta-Palembang pp	8	OK	2,100,000	16,800,000		16,800,000	
2	Penginapan	16	hari	650,000	10,400,000		10,400,000	
3	Uang harian	16	hari	530,000	8,480,000		8,480,000	
Sub Total Biaya C.I						35,680,000		
II Biaya Pembuatan Laporan								
1	Laporan Akhir	1	paket	2,500,000	2,500,000	2,500,000		
2	Bantuan Skripsi	4	paket	750,000	3,000,000	3,000,000		
3	Pengolahan data	1	paket	5,000,000	5,000,000	5,000,000		
Sub Total Biaya C.II						10,500,000		
III Biaya Honorarium								
1	Koordinator Penelitian (S3 Pengalaman 18 tahun)	6	OB	13,000,000	78,000,000	78,000,000		
2	Anggota Tim Peneliti utama 2 orang (S3 Pengalaman 13 tahun)							
	a. Dr. Nirwan Syarif, M.Si	6	OB	9,500,000	57,000,000	57,000,000		
	b. Dr. Addy Rachmat, M.Si	6	OB	9,500,000	57,000,000	57,000,000		
3	Anggota Tim Peneliti Muda (3 orang pengalaman 3 tahun)							
	a. Nyimas Febrica Sya'baniah, M.Si	6	OB	6,000,000	36,000,000	36,000,000		
	b. Dwi Hawa Yuliatnti, M.Si	6	OB	6,000,000	36,000,000	36,000,000		
	c. Icha Amelia, M.Si	6	OB	6,000,000	36,000,000	36,000,000		
4	Mahasiswa S1 (4 orang x 6 bulan)	24	OB	2,500,000	60,000,000	60,000,000		
5	Advisor Tim Pertamina (S2 Pengalaman 15 tahun)	6	OB	8,550,000	51,300,000		51,300,000	
6	Koordinator Penelitian Tim Pertamina (S2 Pengalaman 9 tahun)	6	OB	6,900,000	41,400,000		41,400,000	
7	Anggota Tim Peneliti Pertamina (S2 Pengalaman 4 tahun)	6	OB	5,550,000	33,300,000		33,300,000	
8	Anggota Tim Peneliti Pertamina (S2 Pengalaman 2 tahun)	6	OB	4,950,000	29,700,000		29,700,000	
9	Anggota Tim Peneliti Pertamina (S1 Pengalaman 7 tahun)	6	OB	4,650,000	27,900,000		27,900,000	
10	Anggota Tim Peneliti Pertamina (S1 Pengalaman 7 tahun)	6	OB	4,650,000	27,900,000		27,900,000	
Sub Total Biaya C.III						360,000,000	211,500,000	
IV Biaya Publikasi, HAKI dan pengembangan SDM								
1	Biaya Pendaftaran Paten	1	paket	50,000,000	50,000,000		50,000,000	
2	Biaya Publikasi	1	paket	10,000,000	10,000,000	10,000,000		
Sub Total Biaya C.IV						10,000,000	50,000,000	
Sub Total Biaya C						380,500,000	297,180,000	
Total Biaya A+B+C						1,201,640,000	1,195,180,000	
Total Dana Dikti + Mitra							2,396,820,000	

Terbilang: Dua milyar tiga ratus sembilan puluh enam juta delapan ratus dua puluh ribu rupiah

JADWAL PENELITIAN

No	KEGIATAN	BULAN KE-						PERALATAN/SUMBER DAYA YANG DIPERLUKAN	PIC
		1	2	3	4	5	6		
1	Pekerjaan Persiapan								
	a. Mengurus administrasi dan perizinan							Surat-surat	Dedi, Dwi Hawa, Christian Afiko (Pertamina)
	b. Rapat /FGD							Bahan-bahan Rapat	Icha Amelia
	c. Pengadaan bahan							dokumen pengadaan	Tim Pengadaan
	d. Menyusun rancangan percobaan							Rancangan percobaan	Tim Peneliti
	e. Desain dan setting peralatan							Desain peralatan, asesoris	Tim Peneliti
2	Tahap Pelaksanaan								
A	Desain dan Pembuatan Stek Elektroliser							Bahan elektroliser, laser cutter, mur, baut, selang, fitting	Tim Peneliti dan Mahasiswa
B	Pembuatan MEA								
	a. Pembuatan Elektroda dan MEA							Baking layer, Carbon, katal	Dwi dan Nyimas Febrika
	b. set-up MEA pada electrolyser							Electrolyser, MEA	Dwi Hawa, Nyimas Febrika
C	Persiapan CO₂							Tabung CO ₂ dan regulator	Icha Amelia
D	Proses Konversi CO₂							Rangkaian Peralatan	Tim Peneliti dan Mahasiswa
3	Tahap Laporan								
	a. Pengolahan data dan pengumpulan dokumentasi							Data dan pengolah data	Tim Peneliti
	b. Pembuatan dan presentasi laporan Akhir							Laporan, presentasi	Tim Peneliti
	c. Pembuatan draft HKI dan draft publikasi							Laporan	Tim Peneliti

LAMPIRAN

1. Lembar indentifikasi dan pengesahan

HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN

- | | |
|--|---|
| 1. Nama Perguruan Tinggi | : Universitas Sriwijaya |
| 2. Penanggung Jawab (Ketua BPU) | : |
| N a m a | : Prof. Dr. H. Zulkifli Dahlan, M.Si., DEA |
| Alamat | : Universitas Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara,
Kec. IB I, Bukit Besar, Palembang Sumatera
Selatan 30128 |
| Telepon Kantor | : |
| Telepon Genggam (Whatsapp) | : 0811787587 |
| e-mail | : zuldahlan@unsri.ac.id
BPU@unsri.ac.id |
| 3. Nama Badan Penyelenggara PT | : (Khusus PTS) |
| Ketua Badan Penyelenggara PT | : |
| Alamat | : |
| Telepon Kantor | : |
| Telepon Genggam (Whatsapp) | : |
| 4. Ketua Pelaksana/Task Force | : |
| N a m a | : Dr. Dedi Rohendi, M.T |
| Alamat | : PUR Fuel Cell dan Hidrogen, Universitas
Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara, Kec. IB I, Bukit
Besar, Palembang Sumatera Selatan 30128 |
| Telepon Kantor | : |
| Telepon Genggam (Whatsapp) | : +62 816383220 |
| e-mail | : rohendi19@unsri.ac.id |
| 5. Mitra | : 1. PT. Pertamina (Persero) |
| 6. Jumlah Mahasiswa Terlibat | : 2 orang |
| 7. Kelompok Penerima Manfaat Eksternal | : 1. PT. Pertamina (Persero)
2. PUR Fuel Cell dan Hidrogen
3. BPU Unsri
4. Jurusan Kimia FMIPA UNSRI
5. Mahasiswa |

Penanggung Jawab,
Ketua Badan Pengelola Usaha (BPU)
Universitas Sriwijaya



Zulkifli Dahlan
A (Prof. Dr. Zulkifli Dahlan, M.Si, DEA)

2. Pernyataan Komitmen Mitra untuk Penyertaan Dana Padanan



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Oki Muraza
Nama DUDI : PT. Pertamina (Persero)
Jabatan : SVP Research & Technology Innovation

Dengan ini menyatakan BERSEDIA untuk memberikan dana padanan atas usulan proposal pendanaan Program *Matching Fund* Tahun 2021 dari:

Nama Pengusul : Dedi Rohendi
Institusi Pengusul : Universitas Sriwijaya
Judul Program Usulan : Valorisasi Emisi CO₂ Untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA)
Usulan Dana Program : Rp 2.710.680.000,-
Dana Padanan dari DUDI : Rp 1.355.180.000,-

Adapun peruntukan dana padanan yang kami berikan dapat digunakan untuk:

No	Komponen Pembiayaan	Bentuk Bantuan	
		Dana Tunai	In-Kind
1	Pembelian Bahan Baku Stek dan Tempat Preparasi	-	Rp. 15.500.000
2	Pembelian Bahan MEA	Rp. 140.000.000	Rp. 280.000.000
3	Pembelian/Sewa Peralatan	-	Rp. 462.500.000
4	Biaya Perjalanan	-	Rp. 35.680.000
5	Biaya Honorarium	-	Rp. 211.500.000
6	Biaya Publikasi, HAKI dan pengembangan SDM	-	Rp. 210.000.000

Pemberian dana padanan diatas akan dilakukan setelah proses penyelesaian Perjanjian Kerja Sama dan termasuk penyelesaian kepemilikan paten didalamnya. Demikian Pernyataan ini kami buat tanpa paksaan dari pihak manapun untuk dipergunakan sebagaimana mestinya. Apabila di kemudian hari kami melanggar Pernyataan ini, maka kami bersedia diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 26 Juni 2021


SVP Research & Technology Innovation



Oki Muraza

Kantor Pusat
Jalan Medan Merdeka Timur 1A
Jakarta 10110 Indonesia
T +62 21 381 5111, +62 21 381 6111
F +62 21 384 6885, +62 21 384 3882
www.pertamina.com

3. Pernyataan Pengusul Tidak Sedang Studi Lanjut

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS SRIWIJAYA Jalan Palembang-Prabumulih Km. 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662 Telepon (0711) 580069, 580225 laman: www.unsri.ac.id
PERNYATAAN	
Yang bertanda tangan di bawah ini:	
Nama Dosen Pengusul	: Dr. Dedi Rohendi, M.T
Nama Perguruan Tinggi	: Universitas Sriwijaya
NIDN/NIDK	: 0019046705
Judul Proposal Usulan	: Valorisasi Emisi CO ₂ untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan <i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA)
Program Matching Fund	
<p>dengan ini menyatakan bahwa saya tidak sedang melanjutkan pendidikan formal atau mengikuti kegiatan akademik lainnya seperti yang dipersyaratkan dalam Panduan Program <i>Matching Fund</i> 2021.</p> <p>Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya. Apabila pernyataan ini di kemudian hari diketahui tidak benar, saya bersedia menerima segala tindakan/keputusan yang diambil/ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, termasuk mengembalikan seluruh atau sebagian dana bantuan.</p>	
Palembang, 20 Juni 2021 Pengusul	
	
Dr. Dedi Rohendi, M.T NIP: 196704191993031001	

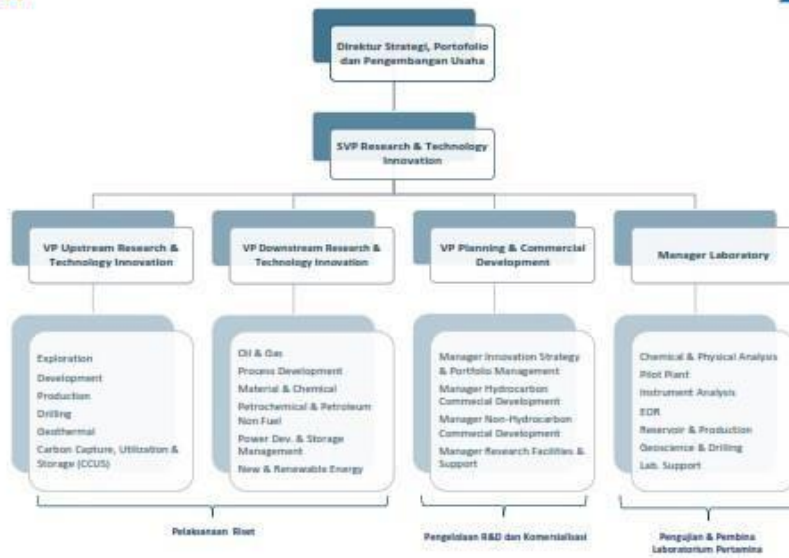
DOKUMEN PENDUKUNG

1. Profil Mitra

www.pertamina.com

www.pertamina.com

Organisasi RTI



Misi Utama Research & Technology Innovation



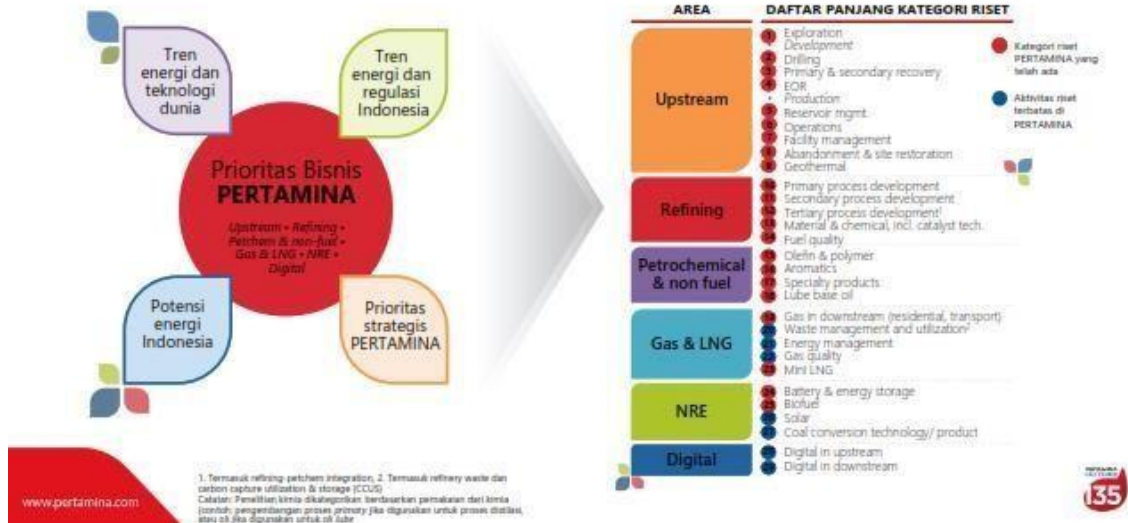
Misi utama adalah mendukung prioritas bisnis perusahaan saat ini dan masa depan.



Detail Kategori Riset Research & Technology Innovation Pertamina



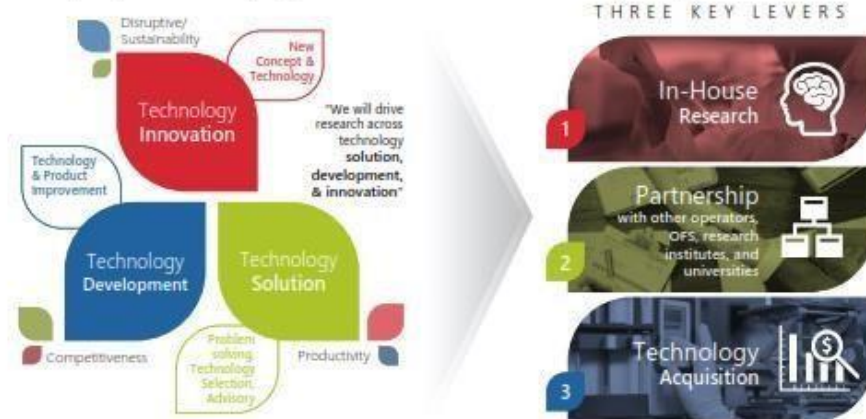
6 Area riset dan 29 kategori riset yang diperoleh dari 4 faktor utama



Ruang Lingkup Pengembangan Inovasi



Kerjasama dalam area strategis merupakan agenda prioritas dalam mewujudkan program riset yang memberikan nilai tambah pada perusahaan



Partnership in strategic areas is top of our agenda to conduct value-driven research program



Profil Kapabilitas SDM dan Hasil Inovasi Research & Technology Innovation



Profil Kapabilitas SDM



Keahlian Pekerja

- Upstream
- Refinery
- Engineering
- Gas & Power
- Information Tech.
- Business & Mgt.
- Marketing & sales
- Supply Chain Mgt.
- Human Resource Mgt.
- Finance Mgt.
- Governance & Risk
- General Affairs

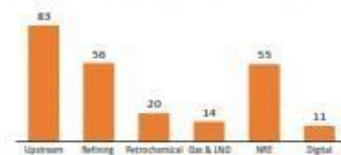
Hasil Inovasi RTI

Nilai Kontribusi th. 2020

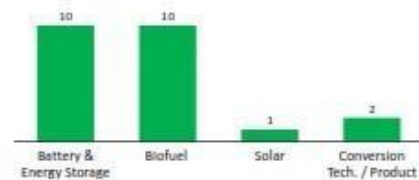
23.1 Juta USD

Yang berasal dari utilisasi dan komersialisasi hasil inovasi RTI

Jumlah inovasi yang telah dihasilkan berdasarkan klasternya (2018 – 2020)



Rencana inovasi yang terkait dengan program bauran energi



Confidential and Proprietary



Produk Hasil Inovasi dan Layanan RTI (1/2)



<p>HPHT Drilling & Completion Fluid Mencakup inovasi pemeliharaan serta pengujian formulasi oil-based drilling fluid yang memiliki kinerja tinggi.</p>	<p>PertafoSIM Software simulasi yang dapat digunakan sebagai alat kerja engineer-engineer untuk mengetahui kondisi optimal pipa, toolbit/landing, depth/leveling, dan back pressure, serta mengoptimasi kinerja sumbu produksi.</p>	<p>Pertaserif 31 Bahan kimia yang merupakan 3 fungsi: sebagai film forming foam (MFT), inhibitor untuk memadamkan api, oil spill dispersant (OSD), dan Aggressor (deamer).</p>	<p>Katalis FCC/RCC Katalis untuk proses pengubahan feed residue menjadi produk utama fraksi gasolin, propyena dan produk samping FCC (naphtha).</p>	<p>Katalis ULSHD Ultra low hydrodesulfurization katalis untuk menghilangkan kandungan sulfur pada produk fuel oil yang memenuhi spek Euro 5.</p>	<p>Corrosion Inhibitor Bahan kimia untuk mencegah korosi di Refinery. Mengatasi korosi di produk gasolin.</p>	<p>Phenol & Ammoniac Removal Metode alternatif yang optimal untuk menurunkan kadar phenol dan ammonia dalam air limbah.</p>
<p>Teknologi Penyinkiran Limbah Merkuri dari Migas Dengan metode gas stripping untuk proses penyinkiran merkuri dari crude oil.</p>	<p>Pertaseis Perangkat lunak processing Seismic berbasis Cloud, menjawab tantangan eksplorasi seismic di Lapangan Pertamina.</p>	<p>Anticatal/Deacaler Chemical yang digunakan untuk mengontrol proses washing (pencucian) pada beberapa unit di operational Refi.</p>	<p>Katalis Hydrotreating Katalis untuk menghilangkan impurities sulfur di dan nitrogen (N) organik dalam naphtha/diesel dengan proses hydrotreating.</p>	<p>Katalis Isomerisasi Untuk mengoptimalkan minyak korematernal, juga dapat digunakan untuk mengolah minyak naphtha/diesel dengan proses hydrotreating.</p>	<p>MDEA Methyl Diethanolamine, senyawa yang memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi CO2 pada aliran gas.</p>	<p>Chemical Fe Removal Agent Chemical untuk menghilangkan kandungan besi (Fe) pada crude oil dari Refi dan Pulp.</p>
<p>PertaEOR Software ini dapat digunakan untuk study EOR screening, pembastuan EOR, Production Model, pembastuan Economic Analysis, untuk project EOR, analisa Monte Carlo dan studi optimal.</p>	<p>Hydraulic Dilution Teknologi Advanced Fracturing untuk meningkatkan produksi sumbu migas dari reservoir dengan prinsip geomechanics.</p>	<p>Surfaktan EOR Bahan kimia membantu pengemulsi dua minyak yang tidak tercampur di dalam reservoir, sekitar 90-70% setelah primary recovery.</p>	<p>Katalis ARHDM Katalis untuk menghilangkan kandungan logam berat residue sebelum diarahkan ke unit FCC.</p>	<p>Katalis HBD Katalis yang digunakan untuk mengoptimalkan bahan baku hydrotreated bio-diesel (HBD). Digunakan untuk produk B20.</p>	<p>Antifoam Mencegah bahan kimia yang berakumulasi untuk mengontrol dan menghambat pembentukan foam dalam proses industri.</p>	<p>Material & Chemical Specialities Catalyst and Chemical for Processing Crude Oil to Fuel</p>
<p>Binary Cycle Geothermal Pilotnya untuk mengoptimalkan material silica pada turbin yang akan digunakan untuk PLTP Binary Cycle di Lapangan Geothermal Tampora, Sulawesi Utara.</p>	<p>PertaGASTECH Rencana kerja R&D yang dirancang dengan mendesain unit manufaktur 3 (tiga) macam gas H₂, Ar, dan CO₂ yang dipisahkan untuk kegiatan industri dan marketing lapangan geothermal.</p>	<p>Cooling Tower Chemical yang dimaksimalkan pada cooling tower bekerja dengan menggunakan air dengan siklus dari menampung, menyimpan, dan mendistribusikan.</p>	<p>Methanol Based Product Chemical yang memiliki nilai tambah untuk mesin industri.</p>	<p>Sludge Oil Recovery Reaktor gas/liquid yang kapasitas 1 ton yang digunakan untuk memisahkan sludge oil dari bahan baku. Sludge oil merupakan produk residu kilang yang dikumpulkan sebagai limbah B3.</p>	<p>Sprezza Produk pelarut anti karat serta tinta.</p>	<p>Fuel Additive Bahan tambahan bahan bakar Pertamina.</p>

Upstream Technology & Digital Solutions

Fuel Product
Deliver the best fuel quality for customers

Diesel Bahan bakar motor tenaga campuran gasolin - metana dengan komposisi tertentu.	Biodiesel (PVO) Bahan bakar turbin dengan kandungan hidrogenasi vegetable oil (VO) yang dikenal juga sebagai bahan bakar green diesel.	Diesel / Fuel Oil Emulsion Metode kombinasi bahan bakar gasolin - air yang akan menghasilkan energi yang lebih banyak untuk gasolin.
Diesel Euro 4 (Pertamax HD) Bahan bakar diesel dengan kualitas setara Euro 4.	Bioavulsa Pertamax Racing	Biodiesel Lipidokimia Biodiesel Edisi Cuko Oil, Mono-Nevo Oil

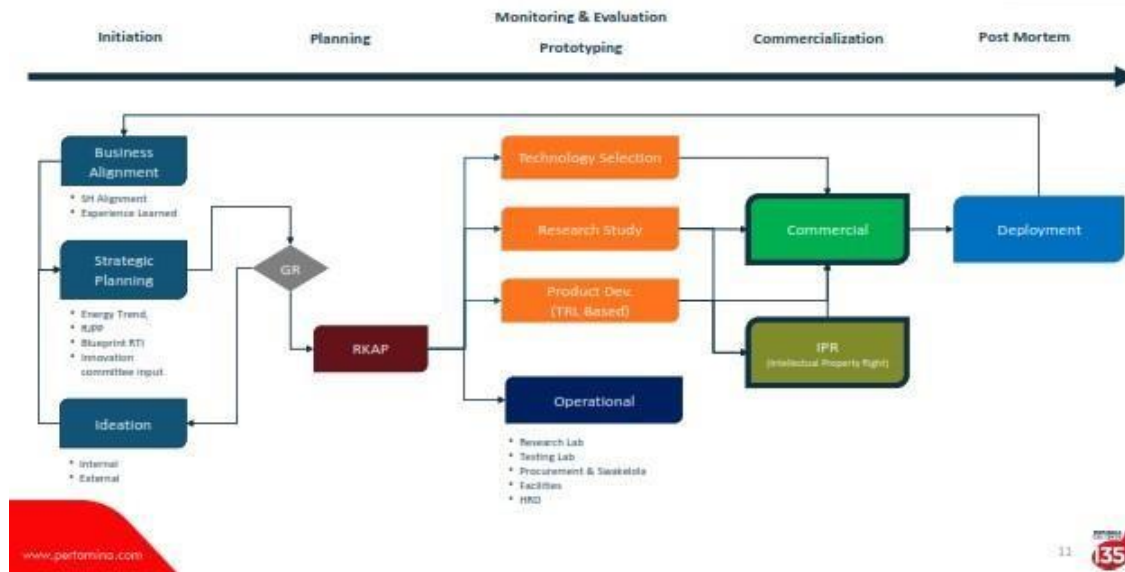
www.pertamina.com

Produk Hasil Inovasi dan Layanan RTI (2/2)



<p>Battery Cell LFP 18050 Produk terbaru ke battery cell cylinder cell 18050, tipe Lithium Ferro Phosphate (LFP), 2.2 Volt, Capacity 1000 - 1400 mAh.</p>	<p>Battery Module 4,8 kWh Battery Module dengan kapasitas 4,8 kWh dan tegangan 48 Volt. Memiliki fitur BMS (Battery Management System) untuk monitoring, balancing, dan proteksi tenaga.</p>	<p>Prototype Biogasoline utk F2 dan F3 Methane - CO2 Dry Reforming to Syngas (Protein Longi) Catalyst for Syngas to Methanol Production Direct Electrolysis CO2 to Methanol Direct Hydrogenation CO2 to Methanol Prototype Two Way Hybrid</p>	<p>Solvent Campuran hidrokarbon kompleks yang berfungsi untuk proses pemisahan, distilasi dan fraksi distilasi minyak bumi yang telah diuraikan menjadi lebih lanjut dengan suhu proses atau suhu. Tersedia dalam beberapa jenis produk: • SRF - Turfidi dari SRFK dan Pertaso CA • White Benzol - Turfidi dari LAMK 2, LAMV, Pertaso CA, Pertaso CC • Sulphy - Layanan pembaruan untuk industri kimia.</p>	<p>Rubber Processing Oil Digunakan sebagai minyak pada proses manufacturing di industri karet. Tersedia dalam beberapa jenis produk: • EKO 4-treated residual aromatic extract (TRAC) solvent base, non-oxidizing, SPO • Mineral Processing oil pada industri ban dan karet, secondary plasticizer pada industri PVC • TDAE - Treated Diester Aromatic Extract, alternatif dari non-carbonate SPO</p>	<p>Petrochemical Products Other useful products to support operational line</p> <p>SPM-2 Produk anti karat sekaligus untuk pemeliharaan korosi, korosi serta anti-oxidation.</p> <p>Musicool Refrigerant berbasis gas hidrokarbon.</p>
<p>Battery Cabinet untuk Energy Storage 14,4 kWh Battery Module dengan kapasitas 24,4 kWh dan tegangan 48 Volt. Memiliki fitur BMS (Battery Management System) untuk monitoring, balancing, dan proteksi tenaga. Digunakan sebagai ESS (Energy Storage System).</p>	<p>Rubber Seal DME Resistance Material Rubber Material for DME Storage DME Stove Cooking Equipment Dimethyl Ether (DME) Cooking Fuel Fuel Cell Power Storage CO2 Conversion to Precipitated Calcium Carbonate (PCC)</p>	<p>New & Renewable Energy Towards Pertamina Future Business</p>	<p>Smooth Fluid Digunakan sebagai minyak dasar dalam campuran untuk mengolah jenis lumpur berbasis minyak cair (OSM), selain SF-03 dan SF-02 yang dioperasikan ke skala nasional dan internasional (ke Agulak pada Juli 2018), SF-04 juga sedang dikembangkan yang ditujukan untuk kondisi HPHT.</p>	<p>Aspal, Wax Bahan hidro karbon yang bersifat melikat (adhesif), beraroma sistem keoksidan, tahan terhadap air, dan viskositas, merupakan bahan pengikat pada campuran yang dimanfaatkan sebagai lapa permatapada jalan.</p>	<p>Uji Kinerja skema EOR</p> <p>Uji Kinerja Lumpur & Semen Pengabaran</p> <p>Crude Assay</p> <p>Koordinator Audit Slang Laboratorium Pertamina Group</p>
<p>Battery Energy Storage System (Modular) ESS (Energy Storage System) dengan kapasitas 172,8 kWh, tegangan 48 Volt yang dirancang dengan kapasitas 20 R. ESS dapat digunakan untuk memback up sistem industri dan pemukiman bank dan pemukiman energi terkendali.</p>	<p>Fuel Cell</p>	<p>Uji produk BBM dan petrochemical</p> <p>Demo/pilot test katalis</p> <p>Uji air limbah/IPAL</p>	<p>Laboratory Services Provides Internal & external testing</p>	<p>Tarifikreditasi ISO 17025-2017</p> <p>Pertamina Standard Test Method (PSTM)</p> <p>Koordinator Uji Profesional Crude, LPO, BBM, NBBM Pertamina Group</p>	<p>www.pertamina.com</p>

Proses Bisnis Research & Technology Innovation



Program Ideasi 2018-2019



51 Total jumlah ideasi riset yang lolos untuk periode 2018 – 2019, berasal dari 43 Universitas dan 8 Lembaga Penelitian Pemerintahan

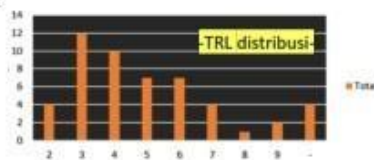
\$5.4m Total jumlah budget yang dipropose dari tim periset.

25 Total riset yang berhasil dijalankan hingga tahun 2020 Dan 3 Riset dari 25, sudah selesai dilakukan

14 Total jumlah dari universitas yang dimana terdiri dari 43 judul/ideasi riset yang berasal dari 14 universitas tsb,

21 Total riset yang memiliki TRL diatas 5, dimana riset tersebut bukan riset dasar, Dan sudah memenuhi uji coba prototype ataupun sudah adanya riset lab atau market riset.

15 Total jumlah ideasi riset yang berkaitan dengan peningkatan Energi Baru dan Terbarukan, yang nantinya akan berperan dalam strategi nasional untuk peningkatan EBT di Indonesia.



Komite Inovasi Riset & Teknologi Pertamina



A. Sebagai anggota Komite Inovasi Riset & Teknologi, tugas dan tanggung jawab antara Sub Holding lain:

1. Mengulas dan meninjau setiap usulan inovasi riset dan teknologi Pertamina.
2. Menyaring usulan ide proyek inovasi riset dan teknologi
3. Meninjau pelaksanaan proyek pengembangan riset dan teknologi secara keseluruhan.
4. Mengevaluasi proyek pengembangan riset dan teknologi.
5. Memberikan komitmen dalam penyediaan sumber daya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan proyek pengembangan riset dan teknologi.

B. Dengan adanya perubahan organisasi dan nomenklatur fungsi Research & Technology Innovation, saat ini SP tsb sedang disesuaikan dan anggotanya terdiri dari Direktur Pengembangan Bisnis dari setiap Sub – Holding.

Sistem Pengelolaan Inovasi dan Informasi Riset & Teknologi (SPIIRIT)



- Pemetaan kebutuhan sumber daya diperlukan untuk mendukung pengelolaan riset dan teknologi.
- Mengakomodir kebutuhan mendesak dalam mendokumentasikan data pengelolaan inovasi yang bersifat rahasia.
- Sebagai tools untuk menyelaraskan/alignment antara kegiatan riset yang dilaksanakan oleh para researcher dengan blueprint RTC sebagai pelaksanaan strategi riset Pertamina.
- Ketersediaan data kegiatan riset yang terintegrasi, akurat, dan dapat diakses kapan pun dan dimana pun



Pencapaian Research & Technology Innovation

Sejak didirikan pada tahun 2017, RTI telah memiliki sumber daya, kapabilitas dan sistem untuk mendorong kemajuan inovasi Pertamina dan telah berhasil memperoleh berbagai pencapaian di bidang inovasi

 <p>Peringkat 1 dalam anugerah IPTEK Kemenristek Dikti tahun 2019 dan Peringkat 2 dalam assessment Kapabilitas Teknologi BUMN tahun 2020</p>	 <p>Badan Riset Pertamina telah menjadi koordinator riset-riset yang dilakukan oleh sub – holding Pertamina termasuk PGN</p>	 <p>Telah melakukan lebih dari 200 kegiatan inovasi dan memberikan nilai kontribusi inovasi sebesar 23.1 Juta USD pada tahun 2020</p>
 <p>Memiliki proses bisnis inovasi yg di adopsi dari NOC/IOC dalam bentuk sistem tata kelola (STK)</p>	 <p>Memiliki lebih dari 100 ahli dari berbagai disiplin yang berkaitan dengan energi dan inovasi</p>	 <p>Selain untuk peningkatan bisnis eksisting, kegiatan riset di Pertamina juga bertujuan untuk meningkatkan porsi EBT dalam memenuhi target bauran sebesar 23% di 2025.</p>

Pencapaian Research & Technology Innovation

Sejak didirikan pada tahun 2017, RTI telah memiliki sumber daya, kapabilitas dan sistem untuk mendorong kemajuan inovasi Pertamina dan telah berhasil memperoleh berbagai pencapaian di bidang inovasi

 <p>Memiliki sistem digital pengelolaan proses bisnis inovasi, SDM dan <i>knowledge management</i></p>	 <p>Memiliki lebih dari 30 kerjasama riset dengan International Institution, Energy Company, Institusi Pemerintah dan Perguruan tinggi dari dalam dan luar negeri</p>	 <p>Telah menghasilkan 19 Granted Patent dan memperoleh penghargaan WIPO sebagai BUMN dengan jumlah patent terbanyak pada tahun 2018</p>
 <p>Memiliki fasilitas laboratorium di Pulo gadung untuk Upstream (EOR), Downstream (katalis), EBT (Micro Algae, Battery Storage). dan di tahun 2021 direncanakan untuk pembangunan lab baterai terintegrasi di Daan Mogot</p>	 <p>Memiliki 6 Area dan 29 sub - bidang inovasi yang mencakup seluruh rantai energi dan produk turunannya</p>	

Kekayaan Intelektual (Patent) yang telah dicapai sampai dengan tahun 2020



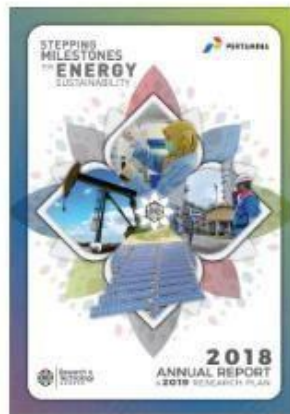
Daftar Paten Berstatus Granted (tahun 2019 - 2020)



Publikasi RTI di Internal Pertamina



Publikasi RTI Annual Report



Download:
bit.ly/Annual-Outlook-RTC



To Know More About Research & Technology Innovation

ANNUAL REPORT 2020
RESEARCH & TECHNOLOGY INNOVATION
INNOVATION TO BOOST BUSINESS VALUE OF PERTAMINA

- ✓ STRATEGIC PROJECTS
- ✓ INNOVATION VALUE CREATION
- ✓ INNOVATION PRODUCTS
- ✓ FACILITY AND SERVICE
- ✓ MEET OUR EXPERTS

POWERED BY Sway

<https://ptm.id/RTIAnnualReport20>

THE FIRST DIGITALLY INTEGRATED ANNUAL REPORT

- 🔍 FEEL THE NEW DIGITAL EXPERIENCE
- 🔍 RESPONSIVE TO MANY DEVICES
- 🔍 MOST UPDATED FEATURES OF SWAY
- 🔍 VISUALLY DAZZLING AND INTERACTIVE

Research & Technology Innovation - Direktorat SPPU



2. Biodata Tim Pelaksana yang menunjukkan rekam jejak sesuai dengan program yang diusulkan.

1	Nama Lengkap	Dr. Dedi Rohendi, M.T	
2	Jenis Kelamin	Laki-laki	
3	Jabatan Fungsional	Lektor	
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	196704191993031001	
5	NIDN	0019046705	
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Garut, 19 April 1967	
7	E-mail	rohendi19@gmail.com / rohendi19@unsri.ac.id	
9	Nomor Telepon/HP	(0711) 5560896 / 0816383220	
10	Alamat Kantor	Jl. Palembang-Prabumulih Km 32 Inderalaya Oganllir Sumatera Selatan	
11	Nomor Telepon/Faks	(0711) 580269	
12	Lulusan yang Telah Dhasilkan	S-1 = 35 orang; S-2 = 2 orang; S-3 = 1 orang	
13.	Mata Kuliah yang Diampu	1. Pengantar Energi 2. Kimia Fisika 1 dan 2 3. Termodinamika Kimia 4. Kinetika Kimia 5. Kimia Zat Padat 6. Elektrokimia	

A. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	ITB	UNSRI	UKM Malaysia
Bidang Ilmu	Kimia	T. Kimia	Elektrokimia/Fuel Cell
Tahun Masuk-Lulus	1986-1991	1999-2002	2010-2014



Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Pereaksi Kimia Terhadap Struktur Klorofil A Dan Klorofil B Hasil Pemisahan Secara Spektroskopi Elektronik	Modifikasi pada Sistem Elektroda untuk Meningkatkan Kinerja Polymer Electrolyte Fuel Cell (PEFC)	Pembangunan Himpunan Elektrod Membran Ketumpatan Arus Tinggi Untuk PEMFC Mudah Alih
Nama Pembimbing/Promotor	Dr. Buchari	Prof.Dr. Ir. Syarifuddin Ismail, Dr. Ir. TriKurnia Dewi	Assoc. Prof. Dr. Edy H.Majlan; Prof.Dr. Abubakar Muhamad; Prof.Dr. A.A.H Kadhum; Assoc. Prof.Dr. L.K Shyuan

B. Pengalaman Penelitian

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Pendanaan
1	2005-2006	Pembuatan Electroda PEFC dengan Metode Casting menggunakan Katalis Pt-Co/C	Hibah Bersaing DIKTI
2	2009-2011	Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodeposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C Dan Pt/C Serta Uji Kinerja Pada <i>Alkaline Fuel Cell (AFC)</i>	Hibah Bersaing DIKTI
3	2014	Pembuatan <i>Membrane Electrode Assembly (MEA) Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)</i> Kinerja Tinggi dengan Metode Elektrodeposisi dan Penyemprotan untuk Aplikasi Sumber Energi <i>Base Transceiver Station</i>	INSINas Ristek
4	2015	Produksi dan penanganan gas hidrogen dari hidrolisis NaBH_4 untuk Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)	Hibah Kompetitif UNSRI



5	2016	Production and Storage of Hydrogen Gas for Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) from Aluminium Waste	Hibah Kolaborasi Internasional
6	2017	Pemanfaatan Metode <i>Catalyst-Coated</i> Membranes (Ccm) Dan Metode Semburan dalam Pembuatan Membrane Electrode Assembly (MEA) Untuk Direct methanol fuel cell (DMFC) dengan menggunakan katalis Pt-Co/C	Hibah Kompetitif UNSRI
7	2018	Pemanfaatan Metode <i>Catalyst-Coated</i> Membranes (Ccm) Dan Metode Semburan dalam Pembuatan Membrane Electrode Assembly (MEA) Untuk Direct methanol fuel cell (DMFC) dengan menggunakan katalis Pt-Co/C (tahunkedua)	Hibah Kompetitif UNSRI
8	2019	Pembuatan <i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA) dan Pengujian Kinerja MEA untuk <i>Direct Methanol Fuel Cell</i> (DMFC) Multi Stek pada Berbagai Konsentrasi Methanol untuk Kebutuhan Energi Mudah Alih (<i>Portable Power</i>)	Unggulan Inovasi UNSRI
9	2020	Pengembangan Konversi CO ₂ Menjadi Metanol dengan Metode Reduksi Elektrokimia	Forum Ideasi Riset Pertamina – Universitas
10	2020	Pemanfaatan Alloy Fe-Al sebagai Penyimpan Hidrogen Hasil Elektrolisis Air untuk Bahan Bakar Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)	DRPM-Dikti





C. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Sumber
1	2015	Penyuluhan dan Pelatihan Cara Membersihkan Rumah dan Kantor dari Racun yang Ada di Udara.	LPM UNSRI
2	2016	Pembuatan Mie JAgung Sebagai Pengolahan alternatif dari Jagung dan Manfaatnya bagi IbuHamil	LPM UNSRI

D. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal alam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahu
1	Pembuatan Elektroda Fuel Cell dengan Metode Elektrodposisi Menggunakan Katalis Pt-Cr/C dan Pt/C dan Karakterisasinya	Jurnal penelitian Sains(JPS)	Vol. 13 no.2, Mei 2010
2	Characterization of electrodes and performance testson MEAs with varying platinum content and under various operational conditions.	International Journal of Hydrogen Energy	38(22) 2013
3	Effect of PTFE content and sintering temperature onthe properties of a fuel cell electrode backing layer	J. Fuel Cell Sci. Technol.	11(04) 2014
4	Effects of temperature and backpressure on theperformance degradation of MEA in PEMFC	International Journal of Hydrogen Energy	40 (2015)
5	Study Of Hydrogen Consumption By Control SystemIn Proton Exchange Membrane Fuel Cell	<i>Malaysian Journal of Analytical Sciences,</i>	20(4) 2016: 901 – 912.
6	Oxidation of Cyclohexane to Cylohexanol and Cyclohexanone Over H4[α -SiW ₁₂ O ₄₀]/TiO ₂ Catalyst	Indones. J. Chem	2016, 16 (2), 175 – 180.





7	Electrode for proton exchange membrane fuel cells:A review	Renewable and Sustainable Energy Reviews	vol. 89, June 2018
8	Congo red dye removal from aqueous solution by acid-activated bentonite from sarolangun: kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies	Arab Journal of Basic and Applied Sciences	VOL. 26, NO. 1, 125–136
9	Fabrication and Characterization of Pt-Co/C Catalystfor Fuel Cell Electrode	IOP Conf. Series: Journalof Physics: Conf. Series	1095 (2018) 012007
10	Optimization of biomass-based electrochemical capacitor performance	AIP Conference Proceedings 2049, 020057 (2018).	2049, 020057-1–020057-6
11	Biomethane emissions: Measurement in wastewaterpond at Palm Oil Mill by using TGS2611 methane gas sensor	Journal of Ecological Engineering	2019; 20(6):25–35
12	Storage and Release of Hydrogen as a Fuel of theFuel Cell with Media of NaBO ₂ /NaBH ₄	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	248 (2019) 012008
13	Fabrication and Characterization of Pt-Co/C Catalystfor Fuel Cell Electrode	IOP Conf. Series: Journalof Physics: Conf. Series	1095 (2018) 012007
14	Functionality Analysis of Carbon Nanosheet, Oxidized Carbon Nanosheet and Reduced Carbon Nanosheet Oxide by Using Fourier Transform InfraRed and Boehm Titration Method	Journal of Physics: Conference Series	1095 (2018) 012028
15	Thermal and Acid Activation (TAA) of Bentonite asAdsorbent for Removal of Methylene Blue: A Kinetics and Thermodynamic Study	Chiang Mai J. Sci.	2018; 45(4) : 1770-1781





16	Kinetics and Thermodynamics Interaction between Bentonite Inserted Organometallic Compounds $[Cr_3O(OOCH)_6(H_2O)_3](NO_3)$ with Methylene Blue Dye in Aqueous Medium	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	1823, 020028 (2017);
17	Thermal Activated of Indonesian Bentonite as A Low-Cost Adsorbent for Procion Red Removal from Aqueous Solution	<i>J. Pure App. Chem. Res.</i>	2018, 7(2), 79-93
18	Oxidation of Cyclohexane to Cylohexanol and Cyclohexanone Over $H_4[-SiW_{12}O_{40}]/TiO_2$ Catalyst	<i>Indones. J. Chem</i>	2016, 16 (2), 175 - 180
19	Preparation and Characterization of Dabco (1,4- Diazabicyclo [2.2.2]octane) modified bentonite: Application for Congo red removal	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	2018 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 299 012055
20	The Production of Hydrogen from Aluminum Waste by Aluminum-Water Methods at Various Conditions	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	396 (2019) 012009 https://doi.org/10.1088/1755-1315/396/1/012009
21	The Light Transmittance and Electrical Conductivity Properties of Gelam Wood Carbon Nanosheet and Its Derivatives	Indones.J. Fundam. Appl. Chem	4(3), 2019, 126-131 http://ijfac.unsri.ac.id/index.php/ijfac/article/view/150 DOI: 10.24845/ijfac.v4.i3.126
22	Electrochemical Evaluation of Lithium-Ion Battery with Anode of Layer-Reduced Biocarbon and Cathode of $LiFePO_4$	International Journal of Sustainable Transportation Technology	Vol. 2, No. 2, October 2019, 58-62 https://unijourn.com/upload/doc/articleDoc-1583730430547-main.pdf





23	Performance Test of Membrane Electrode Assembly in DAFC using Mixed Methanol and Ethanol Fuel with Various Volume Comparison	IJFAC (Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry)	Indones. J. Fundam. Appl. Chem., 4(3), 2019, 139-142 http://ijfac.unsri.ac.id/index.php/ijfac/article/view/160/85
24	Preliminary study on hydrogen storage for fuel of fuel cell using Fe ₃ Al metal hydride system	IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science	396 (2019) 012008 doi:10.1088/1755-1315/396/1/012008
25	Preparation of Kerosene Soot Carbon Electrode and Its Application in Lithium Ion Battery	ICEVT 2019 - Proceeding: 6th International Conference on Electric Vehicular Technology 2019	https://doi.org/10.1109/ICEVT48285.2019.8993970
26	The Effects of Grain Size, Oxidizers and Catalysts on Band Gap Energy of Gelam-Wood Carbon	International Journal of Sustainable Transportation	Vol. 2, No. 2, October 2019, 63-70 https://unijourn.com/upload/doc/articleDoc-1584943808233-main.pdf
27	Congo red dye removal from aqueous solution by acid-activated bentonite from sarolangun: kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies	Arab Journal of Basic and Applied Sciences	VOL. 26, NO. 1, 125–136 https://doi.org/10.1080/25765299.2019.1576274
28	Biomethane emissions: Measurement in wastewater pond at Palm Oil Mill by using TGS2611 methane gassensor	Journal of Ecological Engineering	2019; 20(6):25–35 https://doi.org/10.12911/22998993/108696
29	Storage and Release of Hydrogen as a Fuel of the Fuel Cell with Media of NaBO ₂ /NaBH ₄	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	248 (2019) 012008 https://doi.org/10.1088/1755-1315/248/1/012008
30	Utilization of catalyst-coated membrane (CCM) and spraying methods in fabrication membrane electrode assembly (MEA) for direct methanol fuel Cell (DMFC) using Pt-Co / C catalyst	IOP Conf. Series: Journal of Physics; Sriwijaya International Conference on	2019 J. Phys.: Conf. Ser. 1282 012065 https://doi.org/10.1088/1742-6596/1282/1/012065



		Basic and Applied Science	
31	Preparing of Carbon Nanodots from Binchotan Carbon by Electrochemically Sonification and Dialysis	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering	IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 796 012057 (2020) 796(1) https://doi.org/10.1088/1757-899X/796/1/012057
32	Modeling methane emission of wastewater Anaerobic pond at Palm oil mill using radial basis function	International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology	Vol.10 (2020) No. 1 https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.1.9577
33	Characterization of Electrode with Various of Pt-Ru/C Catalyst Loading and the Performance Test of Membrane Electrode Assembly(MEA) in Passive Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)	Key Engineering Materials	ISSN: 1662-9795, Vol. 840, pp 558-565 doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.840.558

E. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar BKS-PTN MIPARiau	Elektrodeposisi Co Pada Backing Layer Pt/C Dengan Pengikat PTFE sebagai Paduan Katalis Dalam Elektroda Fuel Cell	10-11 Mei 2010, Pekanbaru
2	Sriwijaya International Seminar On Energy Science And Technology 2010 (Sisest-2010)	Catalyst Effect of Pt and Co to Conductivity, Morphological and OCV of Membrane Electrode Assembly (MEA) for Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)	3-4 November 2010 Palembang
3	International Conference on Fuel Cell & Hydrogen	Effect Of PTFE Content And Sintering Temperature On The Properties Of Backing Layer	22-23 November 2011 Kuala Lumpur



	Technology 2011		
4	International Conference on Fuel Cell & Hydrogen Technology 2011	Characterization Of Electrodes And MEA Performance Test With Varies Platinum Content	22-23 November 2011 Kuala Lumpur
5	Seminar Nasional GreenEnergy	Prinsip, Aplikasi dan Perkembangan Fuel Cell Sebagai Penghasil Energi Bersih”	30 April 2012 Palembang
6	The 4th International Conference on Fuel Cell and Hydrogen Technology (ICFCHT) 2013	Effects of temperature and backpressure on performance degradation of MEA in PEMFC	Oktober 2013. Yogyakarta
7	The 4th International Conference on Fuel Cell and Hydrogen Technology (ICFCHT) 2013	Proton Exchange Membrane Fuel Cell/Supercapacitor Hybrid Power System for a Golf Cart	October 2013 Yogyakarta
8	INDONESIA - FRANCE Joint Seminar on Technical Challenges in the Field of Renewable Energi 2014 “FUEL CELL AND HYDROGEN TECHNOLOGIES	Comparison of the performance of proton exchange membrane fuel cell (PEMFC) electrodes with different carbon powder content and methods of manufacture	October 14-15, jakarta
9	International Conference on Chemistry, Chemical Process, and Engineering (IC3PE 2016)	Production dan Storage Hydrogen for Fuel Cell (Paper Review)	Yogyakarta, November, 15-16, 2016
10	6 th International Conference of the Indonesian Chemical Society 2017	Fabrication and characterization of fuel cell electrode from Pt-Co/C catalyst	Palembang, October 16-17
11	1 st Sriwijaya International Conference on Basic and Applied Sciences	Utilization of catalyst-coated membrane (CCM) and spraying methods in fabrication membrane electrode assembly (MEA) for direct methanol fuel Cell (DMFC) using Pt-Co / C catalyst	Palembang, 6-7 November 2018





12	IPST 2019- The 6th International Conference on Fuel Cell and Hydrogen Technology (ICFCHT) 2019	Hydrogen Production Through The Method of Electrolysis Water Using Membrane Electrode Assembly (MEA) in Various Reaction Conditions	Bali, 16-19 Oktober 2019
----	--	---	--------------------------

F. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1	Metode Pembuatan Gas Hidrogen Dengan Metode Aluminium Water	2017	Patent	P00201700392
2	Metode Pembuatan Membrane Electrode Assembly (MEA) Untuk Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)	2017	Patent	P00201700388
3	Metode Pembuatan Lapisan Katalis Elektroda Fuel Cell Dengan Tiga Menggunakan Metode Penyemprotan (Spraying)	2017	Patent	P00201700379

G. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Penghargaan medali emas dan Best of the Best; UKM - FUEL CELL HYDROGEN VEHICLE (UKM-FCHV).	Pecipta International Conference and Exposition on Invention of Institutions of Higher Learning	2013
2	Ketua Jurusan Berprestasi ke-3	UNSRI	2016
3	Ketua Jurusan Berprestasi ke-1	UNSRI	2017

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Proposal Kedaireka dan Matching Fund Kemendikbud RI.

Koordinator Peneliti,

Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP: 196704191993031001

CURRICULUM VITAE

1	Nama Lengkap	Dr. Nirwan Syarif, M.Si
2	Pangkat / Golongan	Penata / IIIc
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	Jabatan Struktural	Pembina Kemahasiswaan
5	NIP	197010011999031003
6	NIDN	0001107001
7	Tempat dan Tanggal lahir	Palembang, 01 Oktober 1970
8	Alamat Rumah	Perumahan Bukit Sejahtera BV 07 Palembang
9	Nomor HP	08980768575
10	Alamat Kantor	Jurusan Kimia, Fakultas MIPA Unsri. Kampus Inderalaya Ogan Ilir, Sumatera Selatan
11	Nomor Telepon/Fax	0711580269 / 0711580069
12	Alamat email	nnsyarif@gmail.com
13	Lulusan yang telah dihasilkan	S1 = 40 orang
14	Mata kuliah yang diampu	1. Kimia Fisika 1
		2. Kimia Fisika 2
		3. Matematika Kimia
		4. Elektrokimia
		5. Kimia Permukaan
		6. Komputasi Kimia

B. Riwayat Pendidikan

Program	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Sriwijaya	Institut Teknologi Bandung	Universitas Indonesia
Bidang Ilmu	Kimia	Kimia	Kimia
Tahun Masuk	1991	1997	2007
Tahun Lulus	1996	1999	2013
Judul Skripsi/ Tesis/ Disertasi	Studi Sifat Kimia dan Fisika Bahan Keramik dari Campuran Semen - Terak dan Campuran Tanah Liat - Terak	Reaksi Osilasi pada Bioluminesensi Kunang - kunang	Pengembangan Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia dari Elektroda Karbon Aktif Kayu Gelam

Nama Pembimbing/ Promotor	Dr. Ir. TriKurniaDewi, M.Sc	Prof. Dr. Susantolmam Rahayu	Dr. Ivandini Tribidas ari P. Dr.rer.na t. Widayanti Wibowo
------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (JutaRp.)
1	2017	Preparasi Graphene Oksida Tereduksidari Karbon Kayu Gelam dan Aplikasinya pada Elektroda Termoelektrik	Mandiri	20
2	2016	Preparasi dan karakterisasi elektroda transparan dari karbon tabung nano kerosene yang di-doping dengan SnO ₂ -SbO ₂ .	Mandiri	20
3	2016	Preparasi dan karakterisasi elektroda transparan karbon lembaran-nano/poli-anilin/SnO ₂ -SbO ₂ .	Mandiri	20
4	2016	Sengon Wood Honeycomb Carbon for Energy Storage Device: from Fabrication Film/Layer Electrode to Stacking Module	Hibah International Collaboration Research	120
5	2015	Efek Oksida Logam (BaO dan CaO dan ratio TiO ₂ terhadap konduktivitas ionik dan elektronik material perovskite.	Mandiri	20
6	2015	Studi konduktivitas ionik dan elektronik dari elektrolit gel polimer (NH ₄ Cl – Polyvinylalcohol, NH ₄ SCN – Polyvinylalcohol) dengan variasi konsentrasi dan plastisi Propylene Carbonate.	Mandiri	20

7	2015	The Development Kerosene Soot Carbon Nanoparticle and Its Application as Electrode for LithiumIon Battery.	Mandiri	20
8	2015	Utilisasi Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia Asimetrik pada InstalasiModul dan Sistem Cluster Sel Surya	Hibah Unggulan Kompetitif Perguruan Tinggi. Universitas Sriwijaya	40
9		Pembuatan graphene oksida / TiO ₂ sebagai photoelectrocatalyst dengan metoda elektrokimia.	Mandiri	20
10	2014	Aplikasi Elektroda Karbon Nanoribbon dari Kulit Batang Kayu Gelam Sebagai Penyimpan Energi dari Sel Surya	Hibah Unggulan Kompetitif Perguruan Tinggi. Universitas Sriwijaya	40
11	2013	Pengembangan Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia dengan Elektroda BerbasisKarbon Aktif untuk Penyimpan Energi Tenaga Surya	Hibah Riset Unggulan Perguruan Tinggi. Dikti – Depdiknas –RI	90
12	2020	Pengembangan Konversi CO ₂ Menjadi Metanol dengan Metode Reduksi Elektrokimia.	Forum Ideasi Riset Pertamina - Universitas	1500

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2015	Aplikasi Teknologi Pembuatan Tungku Gelombangmikro (Microwave) untuk Meningkatkan Nilai Jual Bagi MasyarakatPengrajin Keramik Gerabah di Desa Payakabung, Inderalaya Utara, Ogan Ilir	LPM UNSRI	12.000.000
2	2015	Pemanfaatan Daun Mindi dalam PembuatanObat Nyamuk Bakar sebagai usaha dalam Mengatasi	LPM UNSRI	5.000.000

		Masalah Kesehatan Masyarakat.		
--	--	-------------------------------	--	--

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume / Nomor	Nama Jurnal
1	2017	Sengon wood (Paraserianthes Falcataria (L.) Nielsen) carbon assupporting material for electrochemical double layer capacitor	In Press	International Journal of Technology
2	2017	Electrochemical Impedance Spectroscopy of PolyvinylalcoholBased Gel Electrolyte	2/1	Indonesian J. of Fund. And Appl. Chem.
3	2016	Analyses of Non-bonding Length, Partial Atomic Charge and Electrostatic Energy from Molecular Dynamics Simulation of Phospholipase A2 – Substrate	1/3	Indonesian J. of Fund. And Appl. Chem.
4	2016	Multichannel Data Aquisition System for Monitoring Supercapacitor Module And Cells	14/4	TELKOMNIKA
5	2016	Preparation of Carbon Nanosheets From Gelam Wood Bark and Its Electrochemical Behaviour	8/1	Carbon – Science and Technology
6	2014	Performance of Biocarbon based Electrodes for Electrochemical	52	Energy Procedia
7	2014	Hydrothermal Assisted Microwave Pyrolysis of Water Hyacinth for	5/2	Int. Trans. J. Of Eng., Manag. and App. Sci.

		Electrochemical Capacitor		and Tech.
8	2013	Binderless Activated Carbon Electrode From Gelam Wood For Use In Supercapacitors	3/2	J. Electrochem. Sci. Eng.
9	2013	First principles studies on band structures and density of states of graphite surface oxides	4/1	Int. J. of Nano Dimension
10	2012	Fractional Factorial Analysis of Gelam Wood Pyrolysis	2/7	J. of Mat. Sci. and Eng. A
11	2012	Direct Synthesis Carbon/Metal Oxide Composites for Electrochemical Capacitors Electrode	3/1	Int. Trans. J. of Eng., Manag. & App. Scie. & Tech.

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan / Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Pertemuan / Seminar	Waktu dan Tempat
1	The Effects of Grain Size, Oxidizers and Catalysts on Band Gap Energy of Gelam Wood Carbon	International Conference on Science and Technology 2016 (ICST2016)	Yogyakarta 2016
2	Preparation Carbon Nanotube from Sesame Oil and Its Electrochemical Properties	The 2nd International Conference on Science, Technology and Interdisciplinary Research 2016	Bandar Lampung 2016
3	Module Stabilizing of Gelam Wood Carbon Nanosheet Based Electrochemical Capacitor	International Conference on Engineering, Science and Technology	Pangkal Pinang 2016

4	Gugus Fungsi Permukaan, Kristalografi dan Sifat Elektrokimia Elektroda Karbon Aktif Kayu Gelam.	Simposium dan Seminar nasional: Hasil-hasil riset untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, Palembang, Pemda Sumsel.	Palembang, 2010
5	Vibration-Electronic Analysis Based on DFT Theory to Determine Surface Functionalities of Nitric Acid Treated Carbon	International Conference on Materials Science and Technology	Serpong, Indonesia. 2010

G. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Paten	No Paten
1	2017	Pembuatan Keramik Perovskite Biaya Reandah dengan Menggunakan Oven Gelombang mikro	P00201700380 19-01-2017
2	2017	Pembuatan Karbon Saranglebah Mesopori dari Biomassa lignoselulosa – hemiselulosa – selulosa untuk aplikasi Kapasitor Lapis Ganda Elektrokimia	P00201700384 19-0102917
3	2016	Aplikasi Karbon Tabung nano dari Kerosene pada Elektroda Transparan.	P00201700383 19-01-2017
4	2016	Pembuatan Karbon Lembaran-nano dari biomassa lignoselulosa – hemiselulosa – selulosa untuk Aplikasi Absorben CO ₂ pada modul Kontak Gas	P00201700394 19-01-2017
5	2014	Pemanfaatan Oven Gelombang mikro (<i>Microwave</i>) Rumah untuk Sistem Pemanasan (<i>Heating System</i>) Temperatur Tinggi	P00201406700 03-11-2014 (Pemeriksaan Substantif Oktober 2016)
6	2014	Pembuatan Karbon Berstruktur Tabung nano (<i>Carbon Nanotube</i>) dari Minyak Lemak	P00201403454 13-06-2014 (Pemeriksaan Substantif April 2017)

7	2013	Kapasitor Elektrokimia dari Karbon Aktif Kayutanpa Pengikat (Binder)	P00201300781 04-10-2013 (Pemeriksaan Substantif April 2017)
8	2013	Pembuatan Karbon Berstruktur Pitanano (CarbonNanoribbons, Graphene Nanoribbons, Graphite Nanoribbons) dari Kulit Batang Kayu	P00201304767 05-12-2013 (Pemeriksaan Substantif Oktober 2016)

H. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
	Tidak ada			

I. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
	Tidak ada		

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak- sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Proposal Kedaireka dan Matching Fund Kemendikbud RI.

Anggota
Peneliti,

Dr. Nirwan Syarif, M.Si
NIP.197010011999031003

CURRICULUM VITAE

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap (dengan gelar) : Dr. Addy Rachmat, S.Si., M.Si.
2. Jenis Kelamin : Laki-laki
3. Jabatan Fungsional : Lektor
4. NIP : 19740928 200012 1 001
5. NIDN : 0028097401
6. Tempat dan Tanggal Lahir : Jayapura, 28 September 1974
7. E-mail : addy_rachmat@unsri.ac.id
8. Nomor Telepon/HP : 081373102670
9. Alamat Kantor : Kampus FMIPA Universitas Sriwijaya Jl Palembang-Prabumulih KM-35 Inderalaya Ogan Ilir Sumatera Selatan 30662
10. Nomor Telepon : 081373102670
11. Mata Kuliah yang Diampu :
 1. Kimia Dasar II
 2. Kimia Fisik I
 3. Kimia Fisik II
 4. Kimia Fisik III
 4. Kimia Zat Padat
 5. Kimia Permukaan
 6. Radiokimia
 7. Metodologi Penelitian

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Sriwijaya	UGM	UGM
Bidang Ilmu	Kimia	Ilmu Kimia	Ilmu Kimia
Tahun masuk-lulus	1992-1998	1999-2001	2013-2018
Judul Skripsi/Tesis	Analisis N-total, kadar abu dan logam Pb, Al, Fe dalam lumpur aktif kolam limbah PT Pusri	Pengaruh temperatur pirolisis dan pelarut pada ekstraksi terhadap produk cair batubara peringkat rendah	Sintesis, karakterisasi dan aplikasi katalis ZrO ₂ tersulfatasi dengan promotor Al dan Fe untuk hidrolisis selulosa
Nama Pembimbing/Promotor	Dra. Frida Oesman, MS Drs. Bambang Yudono, M.Sc.	Dr. Bambang Setiaji Dra. Wega Trisunaryanti, Ph.D	Prof. Dr. rer. nat Karna Wijaya Prof. Dra. Wega Trisunaryanti, Ph.D. Dr. Sutarno, M.Si.

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul	Tahun	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rp)
1	Pengaruh promotor Al ₂ O ₃ dan Fe ₂ O ₃ terhadap aktivitas katalitik katalis ZrO ₂ mesopori tersulfatasi pada hidrolisis lignoselulosa	2016	Hibah Disertasi	42.200.000,-
2	Aplikasi Fotokatalis ZnO/Bentonite dalam Penguraian Kromium Heksavalen melalui Proses Fotoreduksi	2019	PPNBM Sateks	35.167.500,-
3	Modifikasi Bentonit dengan Campuran Oksida Logam sebagai Adsorben dalam Pengolahan Limbah Fenol	2019	Unggulan Kompetitif	50.000.000,-

D. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Rp)
1	2014	Pembinaan usaha pembuatan mie (mie basah dan kering) dari tepung singkong di Kelurahan Inderalaya Raya Kecamatan Inderalaya Kabupaten Ogan Ilir	BOPTN Unsri	4.000.000,-
2	2018	Training pembuatan mie dari pati alam untuk skala industri	PNBP Unsri	8.000.000,-
3	2019	Produksi Tablet Kosmetika Herbal Inovatif dari Buah Tembesu untuk Perawatan Kulit dan Wajah	PPM Inovasi	20.500.000,-

E. Publikasi Artikel Ilmiah di Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel	Nama Jurnal	Volume/nomor/tahun
1	Synthesis of Cr/Al ₂ O ₃ -Bentonite Nanocomposite as the Hydrocracking Catalyst of Castor Oil	Nano Hybrids and Composites	19/2018
2	Synthesis and characterization of sulfated zirconia mesopore and its application on lauric acid esterification	Materials for Renewable and Sustainable Energy, Springer	13/6/2017

3	Photodegradation of Permethrin using Photocatalyst Montmorillonite-TiO ₂	Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry	1/1/2016
4	Isoterm Adsorpsi-Desorpsi dan Porositas Katalis Ag-TiO ₂ /Zeolit	Jurnal Sainmatika	2015
5	Penggunaan Katalis Paladium dalam Reaksi Arilasi n-Oktil dengan 2-Iodida-5-Metil Tiofen	Molekul	9/1/2014

F. Prosiding Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah/seminar	Judul artikel ilmiah	Nama Prosiding
1	The 1 st Sriwijaya International Conference on Environmental issues (SICOEn) 2018	Optimisation of Phenol Removal from Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Natural Bentonite	E3S Web of Conferences
2	The 6 th International Conference of Indonesia Chemical Society 2018	Fabrication and Characterization of Pt-Co/C Catalyst for Fuel Cell Electrode	Journal of Physics: Conference Series

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Proposal Kedaireka dan Matching Fund Kemendikbud RI. Anggota Peneliti

Dr. Addy Rachmat, M.Si

CURRICULUM VITAE

Nama : Dwi Hawa Yulianti
Tempat/ Tanggal Lahir : Sumber Rejo, 18 Juli 1996
Universitas : Universitas Sriwijaya
Fakultas/Jurusan : FMIPA/ Magister (S2) Kimia
Bidang Ilmu Tesis : Kimia Energi dan Lingkungan
Alamat Rumah : Komplek Pasar Gotong Royong Desa Sumber Rejo RT.14 RW.01 Selat Penuguan, Banyuasin



Riwayat Pendidikan :

SDN Kelapa Dua	Tahun 2001 s.d 2007
SMPN 1 Pulau Rimau	Tahun 2007 s.d 2010
SMA Plus N 2 Banyuasin III	Tahun 2010 s.d 2013
Universitas Sriwijaya (S1 Kimia)	Tahun 2013 s.d 2017
Pascasarjana S2 Kimia Universitas Sriwijaya	Tahun 2017 s.d 2019

Judul Tesis: *Uji Kinerja MEA dengan Katalis Pt-Ru/C pada DAFC Menggunakan Bahan Bakar Campuran MeOH:EtOH dan Pengaruh Suplai Oksigen di Katoda*

Pengalaman Organisasi :

- Anggota U-Read UNSRI Tahun 2014
 - Deputi Kajian dan Strategi BEM FMIPA UNSRI Tahun 2015-2016
 - Kepala Dinas Kesekretariatan HIMAKI UNSRI Tahun 2015-2016
 - Koordinator Akhwat Syiar Media Kosmics UNSRI Tahun 2014-2015
 - Anggota Beasiswa 10000 Palembang Tahun 2018

Pelatihan/Seminar/Conference/Lomba :

- Finalis Pekan Kreativitas Mahasiswa (PKM) UNSRI Tahun 2015
- Juara III Teknologi Tepat Guna FMIPA UNSRI Tahun 2016
- Juara II Lomba Karya Tulis Ilmiah (LKTI) Tingkat MIPA Tahun 2006
- Juara I Olimpiade Nasional MIPA Bidang Kimia Tingkat Perguruan Tinggi Universitas Sriwijaya Tahun 2016
- Delegasi Pertukaran Mahasiswa Tanah Air Nusantara (PERMATA)

LAMPIRAN

Universitas Hasanuddin Makassar Oleh Kemenristekdikti Tahun 2016

- Participant on the 6th International Conference of the Indonesia Chemical Society 2017
- Participant on the special training in operating and maintaining the following equipment “Autolab PGSTAT 204 + FRA 32M with NOVA™” by Metrohm on 2018.
- Participant on the training in operating and maintaining the following equipment “Ultrasonic Processor, Split Tube Furnace, Vacuum Oven, Compact Tape Casting Coater, Hydraulic Lamination Hot Press, Mass FlowController” by KGC Saintifik on 2018.
- Participant on the occasion of the Workshop on Scientific Writing and Journal Submission 2019
- Presenter in the 5th Conference on Science and Technology (ICST) 2019.
- Presenter in The 7th International Conference on Fuel Cell and Hydrogen Technology (ICFCHT 2019), 16-19 Oct’2019 with title Performance Test of Membrane Electrode Assembly (MEA) of Direct Alcohol Fuel Cell (DAFC) with Various of MeOH:EtOH Compositions and the Effect of Oxygen Supply in Cathode.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Proposal Kedaireka dan Matching Fund Kemendikbud RI.

Staf Peneliti Muda UNSRI,



Dwi Hawa Yulianti, S.Si., M.Si

CURRICULUM VITAE

Nama : Icha Amelia
Tempat/ Tanggal Lahir : Bogor, 11 Juni 1998
Agama : Islam
No telepon : 082177815737
Alamat Rumah : Jalan Trans Pulau Rimau Desa
Biyuku RT. 01 Kec. Suak
tapeh.kab. Banyuasin Sumatera Selatan



Riwayat Pendidikan :

SDN 1 Biyuku	Tahun 2003 s.d 2009
SMPN 1 Suak Tapeh	Tahun 2009 s.d 2012
SMA Plus N 2 Banyuasin III	Tahun 2012 s.d 2015
Universitas Sriwijaya (S1 Kimia)	Tahun 2015 s.d 2019
Universitas Sriwijaya (S2 Kimai)	Tahun 2019 s.d 2021

Pelatihan/Seminar/Conference :

- Participant on the 2nd Sriwijaya International Conference on Basic and Applied Science 2018
- Participant on the special training in operating and maintaining the following equipment "Autolab PGSTAT 204 + FRA 32M with NOVA™" by Metrohm on 2018.
- Participant on the training in operating and maintaining the following equipment "Ultrasonic Processor, Split Tube Furnace, Vacuum Oven, Compact Tape Casting Coater, Hydraulic Lamination Hot Press, Mass Flow Controller" by KGC Saintifik on 2018.
- Participant on the occasion of the Workshop on Scientific Writing and Journal Submission 2019
- Presenter in the 3rd ICSCI 2019 International Conference on Smart City Innovation 2019
- Presenter in The 7th International Conference on Fuel Cell and Hydrogen Technology (ICFCHT 2019), 16-19 Oct'2019 with title Hydrogen Production Through The Method of Electrolysis Water Using Membrane Electrode Assembly (MEA) in Various Reaction Conditions.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Proposal Kedaireka dan Matching Fund Kemendikbud RI.

Peneliti Muda UNSRI,

Icha Amelia, S.Si.

CURRICULUM VITAE

Nama : Nyimas Febrika
Tempat/ Tanggal Lahir : Palembang, 4 Februari 1993
Agama : Islam
No telepon : 082177815737
Alamat Rumah : Perum Bumi Sembaja Indah Jl. Pajak Permai No. 11 Rt 10 Rw 03 KM.11 Palembang 30154Riwayat Pendidikan :
Riwayat Pendidikan:
SDN 193 Palembang Tahun 1998 s.d 2004
SMP N 11 Palembang Tahun 2004 s.d 2007
SMA N 1 Palembang Tahun 2007 s.d 2010
Universitas Sriwijaya (S1 Kimia) Tahun 2010 s.d 2015
Universitas Sriwijaya (S2 Kimia) Tahun 2010 s.d 2015
Judul Penelitian : *Carbon Nanosheet (CNS) Tereduksi dari Kulit Batang Kayu Gelam dan Aplikasi pada Baterai Lithium – Ion.*



Pengalaman Organisasi :

1. Anggota Pramuka 2005-2006
2. Anggota Drumband Tarantula SMA N 1 Plg 2007-2010
3. Anggota HIMAKI 2010-2015
 - Participant on the special training in operating and maintaining the following equipment "Autolab PGSTAT 204 + FRA 32M wiht NOVA™" by Metrohm on 2018.
 - Participant on the training in operating and maintaining the following equipment "Ultrasonic Processor, Split Tube Furnace, Vacuum Oven, Compact Tape Casting Coater, Hydraulic Lamination Hot Press, Mass Flow Controller" by KGC Saintifik on 2018.
 - Participant on the occasion of the Workshop on Scientific Writing and Journal Submission 2019
 - Presenter in The 7th International Conference on Fuel Cell and Hydrogen Technology (ICFCHT 2019), 16-19 Oct'2019 with title Hydrogen Production Through The Method of Electrolysis Water Using Membrane Electrode Assembly (MEA) in Various Reaction Conditions.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Proposal Kedaireka dan Matching Fund Kemendikbud RI.

Peneliti Muda Unsri,


Nyimas Febrika S.Si. M.Si



Merry Marteighianti, M.Eng

Vice President – Upstream Research & Technology Innovation

Expertise: Commercial, Business Strategy, Project Management, Upstream Research

merrymart@pertamina.com

+62-816-1311-433

Sopo Del Office Tower 50th Floor. Mega Kuningan Barat III Street. Kuningan Timur. South Jakarta. 12950

Summary

- Over 30 years of multidiscipline & diverse team
- Previously held many strategic & leader positions such as VP Business Development PT Pertamina Gas
- Currently, Leader of 40 researchers, scientists & engineers at URTI
- Actively involved in National & International Events

Professional Experiences

Vice President URTI – RTI, PT Pertamina Persero	2021 - Now
Chief of Production Research URTI – RTI, PT Pertamina Persero	2018 - 2021
VP Business Development PT Pertamina Gas	2016 – 2018
Manager Upstream Gas Commercial PT Pertamina (Persero)	2014 – 2016
Manager Gas Sourcing Dit. GEBT PT Pertamina (Persero)	2012 – 2014
Manager PT Pertamina Gas	2007 – 2012
Experts Gas Upstream	1996 – 2006

Education

M.Eng in Chemical Engineering University of Tulsa, Oklahoma, USA	1993 - 1994
BSc in Chemical Engineering Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia	1986 - 1991

Skills and Expertise

Software Skills

- Pertaflorim
- Microsoft Project
- Hysis



Honor & Organization

- Co Lead TAGP-ASCOPE
- Trans Asean Gas Pipeline - Asean Cooperation on Petroleum
- Chief of Editorial of Horizon Magazine of Upstream Research & Technology Innovation
- Moderator of Production Enhancement & Asset Integrity Workshop, Collaboration between PT Pertamina Persero and Royal Norwegian Embassy – March 2020



Publications

- Author of Oil Flow Optimization by Using PertaflorSIM Software Developed by Pertamina Upstream Research & Technology Innovation (URTI) – IATMI Conference Oct 2020



Project & Patent

- Pilot Test Hydraulic Dilation MaxC at PHE Siak
- Mercury Removal using Novel Chemical Reaction
- Development of O&G Asset Management System using Big Data Analysis
- Novel Acid Gas Adsorbent using MOF
- Developing Prototype of Continuous Liquid Unloading
- One of the Inventor of Pertaflorim V1 Software





Research &
Technology
Innovation

Capabilities Statement



Dewi Mersitarini, S.T., M.T.

Lead Specialist II of CCUS Research – Upstream Research & Technology Innovation

Expertise: Carbon Capture, Utilization and Storage R

dewi.mersitarini@pertamina.com

+62-8212-562-2474

Sopo Del Office Tower 50th Floor. Mega Kuningan Barat III Street. Kuningan Timur. South Jakarta. 12950

Summary

More than 12 years experience in oil and gas industry in the area of

- LNG dan Gas Commercial and Operation management.
- Carbon Capture Utilization and Storage, defining CO₂ Injection, and CO₂ conversion into value added product such as methanol, synthesis fuel, PCC and microalgae cultivation

Professional Experiences

- **Lead Specialist II of CCUS Research** 2020 - Now
URTI – RTI, PT Pertamina (Persero)
- **Advisor I CCUS Research** 2019 - 2020
NRE – RTC, PT Pertamina (Persero)
- **Head of Commercial LNG & Gas Department** 2017 – 2019
PT. Nusantara Regas
- **Planning and Scheduling Manager, LNG-JMG** 2014 – 2017
PT Pertamina (Persero)
- **Pejabat Pembuat Komitmen Project Kilang Mini LNG** (Project penugasan Pemerintah Indonesia kepada PT Pertamina) 2015 – 2016
- **Marine Logistic and PSCM – Tender Committee** 2011 – 2014
PT. Pertamina Hulu Energi ONWJ Ltd
- **Material Sourcing Manager** 2006 – 2011
PT. Nokia Siemens Network
- **Contracting and Procurement** 2004 – 2006
PT. Shell Indonesia
- **Direct Material Procurement and Process Engineer** 2003 – 2005
PT. Rekayasa Industri

Education

- **Master Degree of Gas Mgt - Chemical Engineering** 2012 - 2014
Universitas Indonesia - Jakarta
- **Bachelor Degree of Chemical Engineering** 1997 - 2002
Institut Teknologi Bandung- Bandung

Skills and Expertise

License & Certified

- Certified PTK007 "Pengadaan Barang dan Jasa Hulu Migas"
- Certified LKPP "Lembaga Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah"



Achievement

- Speaker of Potential of Carbon Capture, Utilisation, and Storage Deployment in ASEAN and East Asia



Publication & Research

- Thesis: Economics analysis of natural gas price in the upstream oil and gas industry through netback value method using monte carlo simulation
- 3 certified patents of CO₂ Utilization to Precipitated Calcium Carbonate with ID S00202008073; S00202008039; S00202008074



Training & Courses

- DECHEMA Summer Special CO₂ World Tour
- ACI's European Methanol Summit
- The International Methanol Vehicle and Fuel Application
- LEMHANNAS Pemantapan Nilai Nilai Kebangsaan
- Corporate Law for Executive : ASPEK HUKUM DALAM PENGELOLAAN KORPORASI BUMN



Project

- Lead of CCUS Project CO₂ Injection in Gundih upstream Field
- Lead of Biofixation CO₂ using Microalgae Cultivation in Photobioreactor
- Lead of CO₂ utilization to Syngas and DME Product
- Lead of CO₂ utilization to Methanol

pertamina.com



@pertamina





Capabilities Statement



Dimas Ardiyanta, S.T., M.Eng.

Jr. Specialist II of CCUS Research – Upstream Research & Technology Innovation

Expertise: Carbon Capture, Utilization and Storage Research

dimas.ardiyanta@pertamina.com

+62-8177-485-5714

Sopo Del Office Tower 50th Floor. Mega Kuningan Barat III Street. Kuningan Timur. South Jakarta. 12950

Summary

- Specialist of Carbon Capture Utilization and Storage to manage research activities and finding the best technologies to convert Carbon Dioxide emission to produce value added product for emission reduction and creating product diversification for company
- Over 8 years experience in chemical engineering
- Expert in energy performance analysis/ monitoring specific energy consumption, managing greenhouse gas inventory & reporting, water treatment management, and energy conservation in thermal, mechanical & electrical equipments.

Professional Experiences

- Jr Specialist II of CCUS Research** 2020 – Now
URTI – RTI, PT Pertamina (Persero)
- Jr Specialist II of CCS Research** 2019 – 2020
NRE – RTC, PT Pertamina (Persero)
- Specialist I of CCS Research** 2018 – 2019
DRT – RTC, PT Pertamina (Persero)
- Energy Analysis Engineer** 2012 – 2018
PT Krakatau Posco

Education

- Master Degree of Chemical Science and Engineering** 2016 - 2018
Tokyo Institute of Technology – Japan
- Bachelor Degree of Chemical Engineering** 2008 - 2012
Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya

Skills and Expertise

Software Skills

- Aspen Hysis
- Ansys Computational Fluid Dynamics
- Minitab



Achievement

- Scholarship Awardee Indonesian Endowment Fund for Education (LPDP) – Indonesian Ministry of Finance



Publications & Research

- Master Thesis: Study of chitosan hydrogel stability under carbon dioxide switchable system on dye adsorption
- CO₂ – Activated Adsorption: A New Approach to Dye Removal by Chitosan Hydrogel
- Characterization of Chitosan Hydrogel with Improved Acid Stability Switched on By Carbon Dioxide
- 3 certified patents of CO₂ Utilization to Precipitated Calcium Carbonate with ID S00202008073; S00202008039; S00202008074



Training and Certification

- DECHEMA Summer Special CO₂ World Tour
- 17th International Conference on Carbon Dioxide Utilization Hosted in Aachen
- ACI's European Methanol Summit
- The International Methanol Vehicle and Fuel Application
- Green Belt of Six Sigma – Certified Problem Solver based on Six Sigma DMAIC Method



Top 4 Experience

- Research and development project to convert CO₂ emission to produce value added product methanol
- Green house gas inventory and reporting to government
- Energy conservation and energy saving project in integrated steel mill
- University research project specializing in CO₂ utilization in Tokyo Institute of Technology - Japan



@pertamina





Research &
Technology
Innovation

Capabilities Statement



Isya Mahendra

Technical Support CCUS Research – Upstream Research & Technology Innovation

Interested in: Process engineering and Catalyst

mk.isya.mahendra@mitrakerja.pertamina.com

+6281385399409

Sopo Del Office Tower 50th Floor. Mega Kuningan Barat III Street. Kuningan Timur. South Jakarta. 12950

Summary

- Technical Support of Carbon Capture Utilization & Storage (CCUS) Research for 1 year
- Skilled in Fluid Mechanics, Chemical Processing, and Aspen HYSYS

Professional Experiences

Technical Support of CCUS Research

URTI – RTI, PT Pertamina Persero

Teaching Assistant

Teaching Assistant, Chemical Engineering Operation
Institut Teknologi Sepuluh November

Internship Student

PT. Pertamina RU IV Cilacap

Education

Master of Engineering

Chemical Eng. – Institut Teknologi Bandung

Bachelor of Engineering

Chemical Eng. – Institut Teknologi Sepuluh November

Skills, Expertise and Membership

✓ Software Skills

- AspenHSYS
- Basic MATLAB
- FlexPDE



✓ Publications



✓ Training and Course

AspenHYSYS Training:

Basic and Intermediate Training (2015)



✓ Project

**Synthesis of Dodecylamine from Palm Kernel Oil as
Raw Material of Nylon Production**

Mar 2018 – Oct 2019

pertamina.com





Research &
Technology
Innovation

Capabilities Statement



Rr Whiny Hardiyati Erliana, S.T., M.T.

Technical Support of CCUS Research – Upstream Research & Technology Innovation

- Expertise: Biotechnology – Chemical Engineering
- mk.whiny.erliana@mitrakerja.pertamina.com
- +62-8125-266-4094
- Sopo Del Office Tower 50th Floor. Mega Kuningan Barat III Street. Kuningan Timur. South Jakarta. 12950

Summary

- Technical Support Engineer of Carbon Capture Utilization & Storage Research is around 1 years.
- Experienced in maintenance and reliability plant to provide all necessary preparation and instruction for the efficient completion of a maintenance task include all PM, PdM and work orders (job plans, tools needed and hours needed to accomplish job).

Professional Experiences

- **Technical Support of CCUS Research** 2020 - Now
URTI – RTI, PT Pertamina (Persero)
- **Assistant of Lecturer Chemical Eng. Laboratory** 2018 - 2019
Chemical Engineering - ITS
- **Mechanical Supervisor** 2015 – 2017
PT. ISK – Cargill Company
- **Mill Management Trainee** 2014 – 2015
PT. HSL/ISK – Cargill Company
- **Internship – RU IV Cilacap** 2012 – 2013
PT. Pertamina (Persero)

Education

- **Master Degree of Chemical Engineering** 2018 - 2020
Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya
- **Bachelor Degree of Chemical Engineering** 2010 - 2014
Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya

Skills and Expertise

✓ Software Skills

- Minitab
- Hysis



✓ Honor and Awards

- Member of Sakura Science Program Japan Science and Technology Agency



✓ Publications & Research

- 2020 - Published Paper : Synthesis of Lactic Acid from Sugar Palm Trunk Waste (Arenga pinnata): Preliminary Hydrolysis and Fermentation Studies
- 2020 - Thesis : The Effect of Microorganisms on Lactic Acid Production as Raw Material for Poly Lactic Acid from Sugar Palm Trunk Waste (Arenga pinnata)
- 2019 - Published Paper : The Effect of Various pH and Temperature to Enhance Lactic Acid Production using Lactobacillus casei and Lactobacillus rhamnosus 2018
- 2018 - Published Paper : Production of Reducing Sugar from Coffee Pulp Waste Using Mixture of Microorganisms, Enzymes, and Surfactants.



✓ Training and Certification

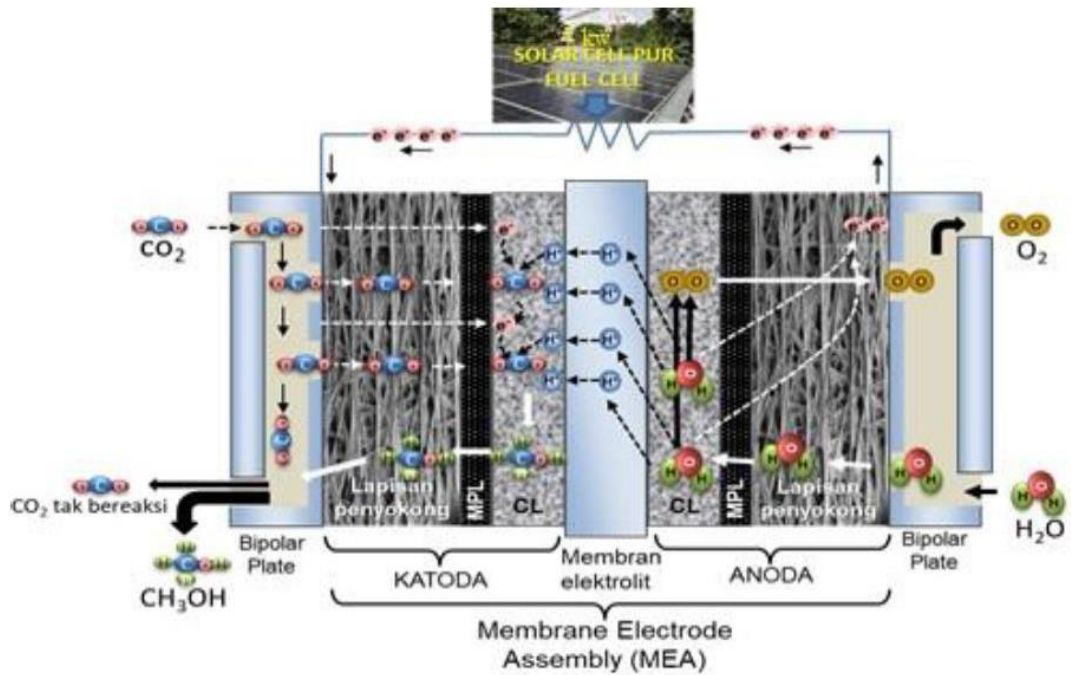
- DECHEMA Summer Special CO₂ World Tour
- GC & HPLC Training
- Certification of Electrical Chain Hoist Operator by Depnaker
- Electrical safety training level 1
- Fire Fighter Class D by Depnaker
- Food Safety & HACPP Training
- Watertreatment Training by Nalco
- 10 hours of safety training



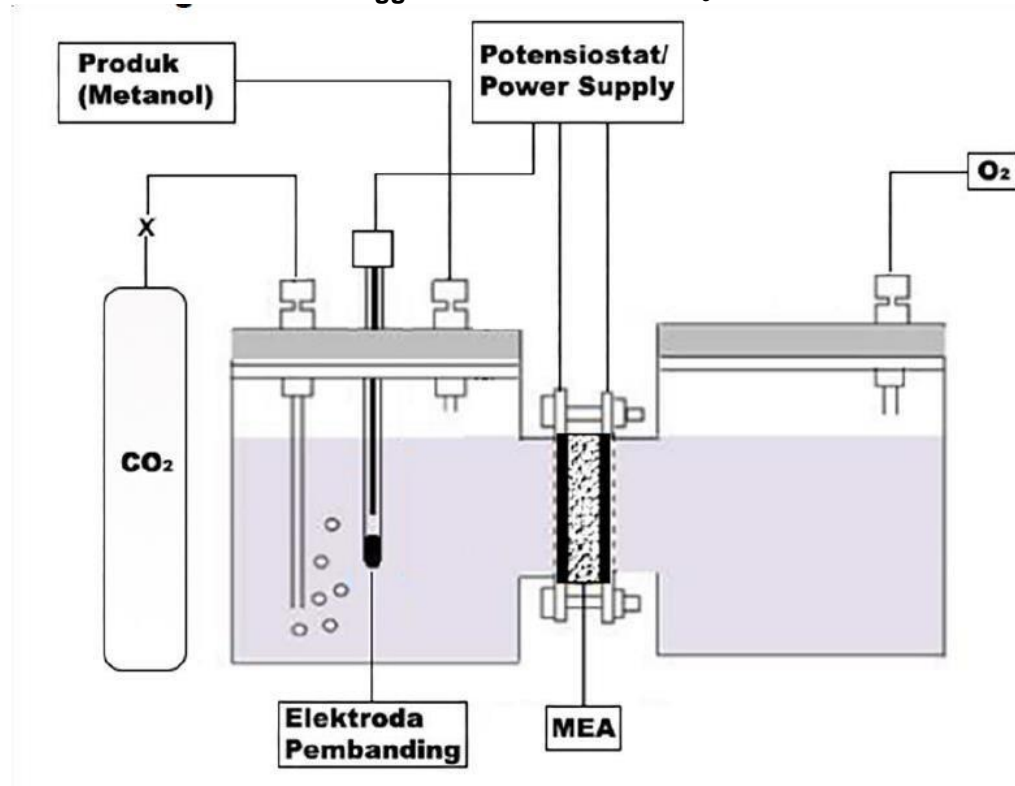
@pertamina



4. Prinsip Reaksi Elektrolisis CO₂ Menggunakan MEA



5. Desain Reaktor Elektrolisis Menggunakan Elektrolit KHCO₃





**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI**

DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI

Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270

Telepon (021) 57946104, Pusat Panggilan ULT DIKTI 126

Laman www.dikti.kemdikbud.go.id

Nomor : 0463/E/TU.00.01/2021

26 Juli 2021

Lampiran : satu berkas

Hal : Pengumuman Penetapan Penerima Bantuan
Program Matching Fund Tahun 2021 - Gelombang III

Yth. Pemimpin Perguruan Tinggi
(Daftar Terlampir)

Bersama ini dengan hormat kami sampaikan bahwa Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi telah menerima dan melakukan seleksi terhadap usulan Proposal Program Matching Fund Tahun 2021. Sesuai dengan panduan, seleksi proposal dilaksanakan dalam 3 (tiga) tahap, yaitu: Seleksi Administratif, Seleksi Substansi, dan Verifikasi Kelayakan.

Berdasarkan tahapan seleksi proposal sebagaimana dimaksud diatas, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi menetapkan 85 (delapan puluh lima) penerima bantuan Pendanaan Program Matching Fund Gelombang III Tahun 2021 sebagaimana pada lampiran surat ini.

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi mengucapkan selamat kepada Bapak dan Ibu yang telah ditetapkan sebagai penerima bantuan Program Matching Fund Gelombang III Tahun 2021.

Demikian kami sampaikan, atas partisipasi, perhatian, dan kerjasama yang baik, kami sampaikan terima kasih.

Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi,



Prof. Ir. Nizam, M.Sc., DIC., Ph.D.
NIP 196107061987101001

Tembusan:

1. Sekretaris Ditjen Pendidikan Tinggi;
2. Direktur Kelembagaan.

Catatan :

1. UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetakannya merupakan alat bukti yang sah."
2. Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh BSR

Lampiran Surat

Nomor : 0463/E/TU.00.01/2021

Tanggal : 26 Juli 2021

**DAFTAR PENERIMA BANTUAN PROGRAM MATCHING FUND TAHUN 2021
GELOMBANG III**

No	Nama Penerima Bantuan	Institusi	Judul Proposal
1	Catur Sugiyanto	Universitas Gadjah Mada	Pengembangan Ekowisata Mangrove Terpadu Di Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau
2	Henry Yuliando	Universitas Gadjah Mada	The Logging Prevention System In Rain Forests Using Machine Learning For Sound Classification
3	Widyawan	Universitas Gadjah Mada	Digitren: Penguatan Pembelajaran Digital Pesantren Untuk Penguatan Moderasi Keagamaan
4	Johny Wahyuadi M. Soedarsono	Universitas Indonesia	Hilirisasi Teknologi Ekstraksi Bio-Silika Dari Sekam Sebagai Pengganti Bahan Baku Silika Impor Di Industri Kosmetik
5	Hanalde Andre	Universitas Andalas	Pengembangan Jaringan Iot Menggunakan Teknologi Lora Lpwan
6	Berri Brilliant Albar	Universitas Andalas	Pengembangan Startup Usaha Tani 'Bukik Gompong' Produsen Sayur Dan Buah Organik Binaan Universitas Andalas Untuk Pemenuhan Penjualan Dudi Transmart Carrefour
7	Retno Murwani	Universitas Diponegoro	Makanan Ringan/Snack Berbasis Kacang Hijau Untuk Peningkatan Kandungan Protein Dan Gizi Mikro Camilan
8	Dedi Rohendi	Universitas Sriwijaya	Valorisasi/Pemanfaatan Emisi Co2 Untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan Membrane Electrode Assembly (Mea)
9	Yudi Firmanul Arifin	Universitas Lambung Mangkurat	Pesantren Mandiri Dan Santri Sejahtera Melalui Konsep Edu-Agro-Techno-Socioprenuership (Eats) Dalam Mendukung Ketahanan Pangan Dan Pemulihan Ekonomi Di Era Pandemi Covid-19
10	Haekal Azief Haridhi	Universitas Syiah Kuala	Penguatan Prkp Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Paska Tangkap Pada Pt. Yakin Pasifik Tuna
11	Esti Handayani Hardi	Universitas Mulawarman	Redesain Pengelolaan Ekosistem Mangrove Di Delta Mahakam Melalui Penerapan Smart Aquaculture & Penguatan Pranata Hukum Desa
12	Luchman Hakim	Universitas Brawijaya	Pengembangan Ecolodges Mangrove Berkelanjutan Melalui Community Based Tourism (Cbt) Di Ekan Mangrove Park Desa Wisata Ekan Kabupaten Bintan
13	Renanda Baghaz Dzulhamdhani Surya Putra	Universitas Brawijaya	Kanel (Organik Disinfektan) Berbahan Cinnamaldehyde Sebagai Solusi Pandemi Covid-19: Riset Toksisitas Lingkungan Dan Organisme
14	Andi Kurniawan	Universitas Brawijaya	Peningkatan Produksi Dan Pengolahan Garam Melalui Metode Cdm, Teknologi Gst, Salt Washing Plant Dan Salt Crusher Plant

Catatan :

1. UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti yang sah."
2. Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh BSR

No	Nama Penerima Bantuan	Institusi	Judul Proposal
15	Osfar Sjojfan	Universitas Brawijaya	Pengembangan Bibit Unggul Ayam Lokal Dan Pembuatan Pakan Khusus Ayam Persilangan Di Ud. Berline Farm
16	Joni Kusnadi	Universitas Brawijaya	Inisiasi Produksi Purwarupa Kit Deteksi Cepat Adulterasi Dan Autentikasi Halal Produk Pangan Berbasis Daging Dengan Teknik Direct Real Time Pcr
17	Yanuar E. Restianto	Universitas Jenderal Soedirman	Strategi Pengembangan Pembelajaran "Kampus Komerce" Melalui Lms Bagi Pemuda Siap Kerja Di Bidang E-Commerce Untuk Direkrut Oleh Umkm
18	Farida Nurhasanah	Universitas Sebelas Maret	Pengembangan Game Based Learning (Gbl) Wortelmatika Sebagai Strategi Pembelajaran Matematika Siswa Sd Kelas Awal.
19	Setyo Budi	Universitas Sebelas Maret	Rekonstruksi, Revitalisasi, Dan Strategi Branding Motif-Motif Batik Klasik Surakarta Untuk Kaum Milenial - Pt. Batik Semar Solo Indonesia
20	Muhammad Hendri Nuryadi	Universitas Sebelas Maret	Sosialisasi Dan Fasilitasi Pendirian Badan Hukum
21	Kuncoro Diharjo	Universitas Sebelas Maret	Penguatan Industri Panahan Pendukung Pengembangan Wahana Kampung Dolanan Anak Sebagai Sentra Ekonomi-Budaya-Edukasi-Rekreasi Di Desa Krandegan Purworejo
22	Andi Aslinda	Universitas Negeri Makassar	Model Pusat Integrasi Business Research Learning Melalui Industri Kelapa Terpadu
23	Soenarto	Universitas Negeri Yogyakarta	Implementasi Desain Produk Dan Digital Marketing Di Masa New Normal: Peningkatan Devisa Negara Pada Produk Kerajinan Kulit Mjoint Yogyakarta
24	Eka Sari	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Pengembangan Produk Komersial Plastik Antibakteri Berteknologi Nanocomposite Berbahan Baku Polietilen Untuk Meningkatkan Umur Simpan Produk Pangan Dan Pasca Panen
25	Dwi Bagus Rendy Astid Putera	Universitas Trunojoyo	Pengembangan Wirausaha Kopi Dengan Nilai Kearifan Lokal Madura
26	Rini Mastuti	Universitas Samudra	Pengembangan Perekonomian Desa Melalui Upgrade Peran Bumg Emas
27	Rosida	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur	Peningkatan Kuantitas Dan Kualitas Tiwul Dan Gatot Di Cv Riang Java Food Melalui Transfer Ipteks Dan Penggunaan Alsintan Terstandar Sni
28	Bambang Wahyudi	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur	Penngkatan Kualtias Dan Kuantitas Tepung Kriwul Di Cv Aphi Melalui Mekanisasi Alat Produksi Berstandar Sni

Catatan :

1. UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetakannya merupakan alat bukti yang sah."
2. Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh BSR

No	Nama Penerima Bantuan	Institusi	Judul Proposal
29	Ramadhani Eka Putra	Institut Teknologi Bandung	Pengembangan Sistem Budidaya Rempah-Rempah Dan Buah Lokal Tujuan Ekspor Secara Berkelanjutan
30	Carolus Borromeus Rasrendra	Institut Teknologi Bandung	Penelitian Pengembangan Katalis Produksi Metanol Dari Gas Sintesa Untuk Mendukung Program Implementasi Coal To Dme Di Pertamina
31	Damar Rastri Adhika	Institut Teknologi Bandung	Peningkatan Skala Produksi Dan Hilirisasi Sabun Pencuci Najis Besar Serta Inovasi Produknya Menggunakan Material Nano Berbasis Alam Indonesia
32	Yohanes	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Rancang Bangun Sepeda Motor Listrik Dengan Cvt (E-Cvt) Untuk Meningkatkan Performa Berkendara
33	Prabowo	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Rancang Bangun Virtual Power Plant “Pjb Iq System”
34	Mukhammad Muryono	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Perakitan Dan Hilirisasi Varietas Unggul Baru Benih Jagung Hibrida (Zea Mays Spp.)
35	Bambang Iskandriawan	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Peningkatan Kapasitas Dan Jejaring Mahasiswa Siap Kerja
36	Alief Wikarta	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Rekacipta Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (Spbklu) Untuk Percepatan Pemakaian Sepeda Motor Listrik Gesits Di Indonesia
37	Bambang Sudarmanta	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Hilirisasi Modular Vehicle Control Unit Terpadu Untuk Bus Listrik Nasional
38	Gamantyo Hendrantoro	Institut Teknologi Sepuluh Nopember	Pusat Riset Ng-Ict Dan Program Studi Teknik Telekomunikasi Untuk Ekosistem Inovasi Untuk Mendukung Kemandirian Industri Dan Transformasi Digital
39	Sofyan Sjaf	Institut Pertanian Bogor	Kemitraan 4.0 Berbasis Data Desa Presisi: Peningkatan Kesejahteraan Petani Komoditas Baby Buncis Berkualitas Unggul
40	Hermanu Triwidodo	Institut Pertanian Bogor	Kampus Sawah Merdeka: Peningkatan Kapabilitas Dan Kapasitas Industri Benih Padi Unggul Hasil Kolaborasi Petani Peneliti Dan Perguruan Tinggi
41	Suwardi	Institut Pertanian Bogor	Komersialisasi Media Tumbuh Tanaman Dari Bahan Zeolit “Zeoponik” Di Cv Transindo Citra Utama

No	Nama Penerima Bantuan	Institusi	Judul Proposal
42	Kudang Boro Seminar	Institut Pertanian Bogor	Pengembangan Sistem Penduga Hara Nutrisi Dan Rekomender Pupuk Pada Tanawan Sawit Berbasis Pertanian Presisi Dan Teknologi Satelit
43	Agik Suprayogi	Institut Pertanian Bogor	Katuk Depolarisasi Dalam Pakan Untuk Meningkatkan Produktivitas Sapi Di Pt. Great Giant Livestock Dan Kelompok Peternak Di Kabupaten Lampung Tengah
44	Clara M. Koesharto	Institut Pertanian Bogor	Aplikasi Produk Inovasi Teruji Clarimoringa Untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan Dan Gizi : Hilirisasi Berbasis Pangan Lokal
45	Wini Trilaksani	Institut Pertanian Bogor	Pengembangan Virgin Fish Oil Mata Tuna Kaya Omega-3 Dengan Teknologi Solid-State Emulsion Mendukung Kemandirian Pangan Kesehatan Dan Kecerdasan Masa Depan
46	Nuri Andarwulan	Institut Pertanian Bogor	Proses Produksi Bersih Pengolahan Jahe Merah
47	Dewi Apri Astuti	Institut Pertanian Bogor	Pakan Fungsional Berbasis Black Soldier Fly (Hermetia Illucens) Untuk Peningkatan Kualitas Ternak Dan Ikan Sebagai Penyedia Protein Hewani
48	I Wayan Setem	Institut Seni Indonesia Denpasar	Pembukaan Program Studi Baru Tata Kelola Digital Seni (Program Sarjana)
49	I Nyoman Suardina	Institut Seni Indonesia Denpasar	Pembukaan Program Studi Desain Produk
50	I Kt Suteja	Institut Seni Indonesia Denpasar	Program Penelitian Dan Rekacipta Seni Teater Tari Tantri Kamandaka "Darmaswami"
51	Frans Judea Samosir	Universitas Prima Indonesia	Pemberdayaan Keluarga Menuju Community Wellbeing (Pencegahan Penyalahgunaan Narkoba Dan Mental Disorder)
52	Humasak Tommy Argo Simanjuntak	Institut Teknologi Del	Optimasi Performansi Aplikasi Ditenun Dengan Metode Stylegan
53	Riza Muhida	Universitas Bandar Lampung	Rancang Bangun Mesin Otomatisasi Proses Produksi 153sm-Edtmp Untuk Terapi Paliatif Kanker Pada Tulang
54	Sularso Budilaksono	Universitas Persada Indonesia Yai	Pengembangan Sistem Informasi Dan Pendukung Keputusan Pariwisata Terintegrasi Dengan Sistem Perhotelan Berbasis Syariah Pt. Yoy Manajemen Internasional
55	Lintang Purwara Dewanti	Universitas Esa Unggul	Digitalisasi Konsultasi Gizi Dalam Mendukung Praktik Pembelajaran Mahasiswa Dan Solusi Masalah Gizi Di Era Modern

No	Nama Penerima Bantuan	Institusi	Judul Proposal
56	Anne Nurfarina	Universitas Multimedia Nusantara Jakarta	Pengembangan Ui/Ux Dalam Media Tutorial Perancangan Aset Visual Digital Bagi Orang Tua Penyandang Disabilitas
57	Eli Jamilah Mihardja	Universitas Bakrie	Peningkatan Kapasitas Organisasi Desa Wisata Untuk Membentuk Destination Branding: Pemberdayaan Dan Peningkatan Ekonomi Masyarakat Di Provinsi Riau
58	Deffi Ayu Puspito Sari	Universitas Bakrie	Pengolahan Sampah Organik Berbasis Budidaya Maggot Black Soldier Fly Dan Penciptaan Aplikasi Android Pengumpul Sampah Terintegrasi Untuk Mendukung Zero Waste
59	Sofia M Wangsadinata	Universitas Bakrie	Rancangan Elemen Struktur Bangunan Fasilitas Umum Yang Tahan Terhadap Beban Ledakan
60	Maria Prihandrijanti	Universitas Agung Podomoro	Pemanfaatan Sabut Kelapa Pada Inovasi Material Kaca Dekoratif
61	Permata Nur Miftahur Rizki	Universitas Prasetiya Mulya	Aplikasi Bank Sampah Digital Sebagai Solusi Pengelolaan Sampah Terpadu
62	Hendra Komara	Universitas Pasundan	Pengembangan Aplikasi Siti-Sapto (Sistem Informasi Bukti Kegiatan Yang Masuk Penilaian Akreditasi Berbasis Sapto Untuk Aspek Kuantitatif (Tabel Lkps/Lkpt))
63	Herry Oktadinata	Universitas Jenderal Achmad Yani	Pengembangan Proses Metalurgi Untuk Manufaktur Work Roll Di Industri Pengerolan Baja Panas Dalam Rangka Substitusi Impor
64	Bambang Widyanto	Universitas Jenderal Achmad Yani	Pembuatan Purwarupa Peralatan Electropolishing Dan Optimasi Parameter Proses Finishing Peralatan Industri Farmasi Berbahan Stainless Steel 316l
65	Kholis Abdurachim Audah	Universitas Swiss German	Pengembangan Teknologi Telepatologi Microscope Scanner Untuk Deteksi Penyakit Kanker
66	James Purnama	Universitas Swiss German	Industri Kecil Menengah (Ikm) Kabupaten Tangerang Naik Kelas: Pembangunan Inkubator Bisnis Ikm Dan Platform Digital Marketing Ismile Tangerang
67	Clara Evi Candrayuli Citraningtyas	Universitas Pembangunan Jaya	Sinergi Pengembangan Potensi Peningkatan Ekonomi Untuk Usaha Mikro Kecil Menengah (Umkm) Di Lingkungan Masyarakat Sekitar Tangaang Selatan
68	Kusuma Ayu Laksitowening	Universitas Telkom	Angkasa(Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Bersama)
69	Husneni Mukhtar	Universitas Telkom	Implementasi "E-Growth Chart Monitoring System" Sebagai Upaya Akselerasi Stranas Pencegahan Stunting Dan Kurang Gizi Berbasis Posyandu Di Kabupaten Bandung

No	Nama Penerima Bantuan	Institusi	Judul Proposal
70	Paulus Wisnu Anggoro	Universitas Atma Jaya Yogyakarta	Pengembangan Produk Keramik Bermotif Dan Berwarna Unik Sesuai Budaya Indonesia Menuju Produk Ekspor
71	Olivia Fachrunnisa	Universitas Islam Sultan Agung	Membangun Sumber Daya Insani (Sdi) Unggul Industri Keuangan Mikro Syariah Dengan E-Learning And Career Management System
72	Alberta Rika Pratiwi	Universitas Katolik Soegijapranata	Salad Dengan Dressing Kaya Omega-3 Rendah Kolesterol
73	Dian Retno Sawitri	Universitas Dian Nuswantoro	Pengembangan Startup Dan Riset Pengolahan Limbah Plastik Untuk Mewujudkan Kota Semarang Ramah Lingkungan
74	Fiby Nur Afiana	Universitas Amikom Purwokerto	Solusi Aplikasi Pembelajaran Anak Usia Dini, Parenting Dan Talent Games Untuk Menentukan Minat Dan Bakat Dengan Dukungan Teknologi Ai
75	Susila Candra	Universitas Surabaya	Pengembangan Startup Onthel Sebagai Green Delivery Service
76	Endah Asmawati	Universitas Surabaya	Peningkatan Perekonomian Masyarakat Desa Selotapak Melalui Pengembangan Wisata Gartenhutte Berbasis Pemberdayaan Masyarakat
77	Elieser Tarigan	Universitas Surabaya	Pelatihan Teknis, Sertifikasi Kompetensi Sistem Plts Dan Solarpreneur
78	Tintrim Rahayu	Universitas Islam Malang	Penguatan Pusat Penelitian Orchidologi Bersama Dudi : Konsep Integrasi Pembibitan, Pemeliharaan Dan Pemasaran
79	Emy Kholifah R.	Universitas Muhammadiyah Jember	Premarital Class Sebagai Perisai Merdeka Belajar Kampus Merdeka
80	Susan	Universitas Ciputra Surabaya	Optimasi Net Zero Healthy Building: The Preliminary Assessment Tool
81	Trio Ageng Prayitno	IKIP Budi Utomo	Optimalisasi Pengadaan Materi Biologi Umum Multimedia Interaktif Berbasis Web Dan Android Sebagai Upaya Penurunan Miskonsepsi Mahasiswa Tingkat Sarjana
82	Faruk Alfiyan	Sekolah Tinggi Ilmu Komputer PGRI Banyuwangi	Integrasi Sistem Pariwisata Berbasis Digital Untuk Mendukung Pengembangan Sektor Wisata Dan Umkm Di Gombengsari - Banyuwangi
83	I Gede Pasek Mangku	Universitas Warmadewa	Pengembangan Usaha Pertanian Terintegrasi Berbasis Kopi Dengan Konsep Zero Waste
84	Muhammad Hattah Fattah	Universitas Muslim Indonesia	Pengelolaan Teaching Factory Dan Pendidikan Vokasi Terintegrasi Dengan Ekosistem Industri Udang Windu Nasional
85	Tri Indah Rusli	Universitas Muhammadiyah Kendari	Pendirian Rpa Labs, Training And Certification Ui-Path Academic Alliance



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI,
RISET, DAN TEKNOLOGI**

Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270

Telepon (021) 57946104, Pusat Panggilan ULT DIKTI 126

Laman www.dikti.kemdikbud.go.id

Nomor : 3654/E3/PR.07.00/2021

17 Agustus 2021

Lampiran : 1 (satu) lembar

Hal : Pelaksanaan Program MF

Yth. Rektor Universitas Sriwijaya
Di Palembang

Sehubungan dengan Surat Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Nomor : 0463/E/TU.00.01/2021 tanggal 26 Juli 2021 perihal Penerima Bantuan Program Matching Fund Gelombang 3 Tahun 2021 dan Surat Direktur Kelembagaan Ditjen Dikti Ristek Nomor : 3562/E3/PR.07.00/2021 tanggal 12 Agustus 2021 perihal Realokasi Anggaran Program MF Universitas Sriwijaya serta mengingat sisa waktu Tahun Anggaran 2021, maka dihitung mulai tanggal surat penetapan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi sebagaimana dimaksud diatas, masing-masing dosen penerima Bantuan Dana Program Matching Fund (MF) Tahun 2021 yang berasal dari Universitas Sriwijaya (daftar terlampir) sudah pbisa mulai melakukan kegiatan sesuai dengan proposal dan kegiatan serta rencana anggaran biaya yang telah diperbaiki dan telah disampaikan ke Direktorat Kelembagaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

Mengingat proses realokasi anggaran Program Matching Fund (MF) Tahun 2021 dari DIPA Direktorat Kelembagaan Ditjen Diktiristek ke DIPA Universitas Sriwijaya akan memakan waktu agak lama, kami mohon bantuan Bapak Rektor untuk memfasilitasi dosen penerima bantuan sebagaimana dimaksud diatas untuk segera melaksanakan kegiatan Program Matching Fund (MF) tersebut, sehingga kegiatan yang telah direncanakan oleh dosen pengusul dapat berjalan dengan sebaik-baiknya sambil menunggu proses realokasi anggaran sebagaimana dimaksud diatas.

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasama Bapak Rektor yang baik, kami ucapkan terima kasih.

Direktur Kelembagaan,



Dr. Ir. Ridwan, M.Sc.

NIP 196212101992031001

Tembusan:

-

LAMPIRAN

Nomor : 3654/E3/PR.07.00/2021

Tanggal : 17 Agustus 2021

NO	DOSEN PENGUSUL	JUDUL PROPOSAL	NILAI BANTUAN
1	Dedi Rohendi	Valorisasi/Pemanfaatan Emisi Co2 Untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA)	Rp1.201.640.000

Catatan :

1. UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "*Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti yang sah.*"
2. Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh BSR



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI,
RISET, DAN TEKNOLOGI**

Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270
Telepon (021) 57946104, Pusat Panggilan ULT DIKTI 126
Laman www.dikti.kemdikbud.go.id

Nomor : 3517/E3/TU.00.01/2021 6 Agustus 2021
Lampiran : dua berkas
Hal : Undangan Penjelasan Teknis Berkas/Dokumen
Verifikasi Kelayakan Program MF dan Kontrak MF 2021

Yth. Ketua Pelaksana Program Matching Fund
(Daftar Terlampir)
di
Tempat

Bersama ini kami sampaikan bahwa Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi telah menerima dan melakukan seleksi terhadap usulan Proposal Program Matching Fund (MF) Tahun 2021. Sesuai dengan panduan, seleksi proposal dilaksanakan dalam 3 (tiga) tahap, yaitu: Seleksi Administratif, Seleksi Substansi, dan Verifikasi Kelayakan.

Berdasarkan tahapan seleksi proposal sebagaimana dimaksud diatas, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi telah menetapkan Bapak/Ibu sebagai penerima bantuan Pendanaan Program MF Tahun 2021.

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi mengucapkan selamat kepada Bapak dan Ibu yang telah ditetapkan sebagai penerima bantuan Program MF Tahun 2021.

Sebagai rangkaian pelaksanaan tahap selanjutnya, bersama ini kami mengundang Ibu/Bapak (terlampir) untuk mengikuti kegiatan **Penjelasan Teknis Berkas/Dokumen Verifikasi Kelayakan Program MF dan Kontrak MF 2021** yang akan diselenggarakan pada:

Hari, tanggal : Senin, 09 Agustus 2021

Pukul : 14.00 WIB s.d. 17.00 WIB

Media : Zoom Video Conference

Meeting ID: 996 3199 8968

Passcode: kelmbaga21

Tautan: <https://s.id/matchingfund2021>

Acara : **Penjelasan Teknis Berkas/Dokumen Verifikasi Kelayakan Program MF dan Kontrak MF 2021**

Apabila ada hal lain yang perlu dikonfirmasi, silahkan hubungi narahubung, Bapak Endang Taryono Hp. 081281674888.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami ucapkan terima kasih.

Direktur Kelembagaan,



Dr. Ir. Ridwan, M.Sc.
NIP 196212101992031001

Tembusan:

1. Plt. Direktur Jenderal Diktiristek;
2. PPK. Direktorat Kelembagaan;
3. BP. Direktorat Kelembagaan.

Lampiran Surat

Nomor : 3517/E3/TU.00.01/2021

Tanggal : 6 Agustus 2021

Daftar Undangan
Kegiatan Penjelasan Teknis Pelaksanaan Program dan Kontrak Matching Fund Tahun 2021

No	Nama Penerima	Institusi
1	Catur Sugiyanto	Universitas Gadjah Mada
2	Henry Yuliando	Universitas Gadjah Mada
3	Widyawan	Universitas Gadjah Mada
4	Irham	Universitas Gadjah Mada
5	Eko Agus Suyono	Universitas Gadjah Mada
6	Ariani Arista Putri Pertiwi	Universitas Gadjah Mada
7	Nur Arfian	Universitas Gadjah Mada
8	Budi Setiadi Daryono	Universitas Gadjah Mada
9	Irfan Dwidya Prijambada	Universitas Gadjah Mada
10	Andang Widi Harto	Universitas Gadjah Mada
11	Siti Subandiyah	Universitas Gadjah Mada
12	Himawan Tri Bayu Murti Petrus	Universitas Gadjah Mada
13	Muhsin Al Anas	Universitas Gadjah Mada
14	Johny Wahyuadi M. Soedarsono	Universitas Indonesia
15	Isabella Kurnia Liem	Universitas Indonesia
16	Ni Nyoman Tri Puspaningsih	Universitas Airlangga
17	Prisma Megantoro	Universitas Airlangga
18	Iman Harymawan	Universitas Airlangga
19	Faizal Arya Samman	Universitas Hasanuddin
20	Kasmiati	Universitas Hasanuddin
21	Hanalde Andre	Universitas Andalas
22	Berri Brilliant Albar	Universitas Andalas
23	Montesqrit	Universitas Andalas
24	Dwi Purnomo	Universitas Padjadjaran
25	Retno Murwani	Universitas Diponegoro
26	Gemala Anjani	Universitas Diponegoro
27	Fuad Muhammad	Universitas Diponegoro
28	Awal Prasetyo	Universitas Diponegoro
29	Dedi Rohendi	Universitas Sriwijaya
30	Yudi Firmanul Arifin	Universitas Lambung Mangkurat
31	Haekal Azief Haridhi	Universitas Syiah Kuala
32	Linawati	Universitas Udayana
33	I Nyoman Sukma Arida	Universitas Udayana
34	Esti Handayani Hardi	Universitas Mulawarman
35	Padil	Universitas Riau
36	Luchman Hakim	Universitas Brawijaya
37	Renanda Baghaz Dzulhamdhani Surya Putra	Universitas Brawijaya

Catatan :

1. UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti yang sah."
2. Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh BSR

No	Nama Penerima	Institusi
38	Andi Kurniawan	Universitas Brawijaya
39	Osfar Sjojfan	Universitas Brawijaya
40	Joni Kusnadi	Universitas Brawijaya
41	Rachmat Kriyantono	Universitas Brawijaya
42	Herman Tolle	Universitas Brawijaya
43	Widi Nugroho	Universitas Brawijaya
44	Sri Palupi Prabandari	Universitas Brawijaya
45	Yenny Risjani	Universitas Brawijaya
46	Rachmat Triandi Tjahjanto	Universitas Brawijaya
47	Hendrawan Soetanto	Universitas Brawijaya
48	Harsuko Riniwati	Universitas Brawijaya
49	Imam Santoso	Universitas Brawijaya
50	Cahyo Prayogo	Universitas Brawijaya
51	Sahiruddin	Universitas Brawijaya
52	Ardi Novra	Universitas Jambi
53	Fuad Muchlis	Universitas Jambi
54	Yanuar E. Restianto	Universitas Jenderal Soedirman
55	Marmono Singgih	Universitas Jember
56	Farida Nurhasanah	Universitas Sebelas Maret
57	Setyo Budi	Universitas Sebelas Maret
58	Muhammad Hendri Nuryadi	Universitas Sebelas Maret
59	Kuncoro Diharjo	Universitas Sebelas Maret
60	Samanhudi	Universitas Sebelas Maret
61	Agung Nur Probohudono	Universitas Sebelas Maret
62	Andi Aslinda	Universitas Negeri Makassar
63	Rosmini Maru	Universitas Negeri Makassar
64	Oslan Jumadi	Universitas Negeri Makassar
65	Satria Gunawan Z	Universitas Negeri Makassar
66	Soenarto	Universitas Negeri Yogyakarta
67	Wahyu Dwi Kurniawan	Universitas Negeri Surabaya
68	Djoko Suwito	Universitas Negeri Surabaya
69	Rachmad Syarifudin Hidayatullah	Universitas Negeri Surabaya
70	Djoko Adi Widodo	Universitas Negeri Semarang
71	Eka Sari	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
72	Yus Rama Denny	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
73	Rahmayetty	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
74	Didied Haryono	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
75	Dwi Bagus Rendy Astid Putera	Universitas Trunojoyo
76	Andrie Kisroh Sunyigono	Universitas Trunojoyo
77	Ishak MUSAAD	Universitas Papua
78	I Nyoman Tika	Universitas Pendidikan Ganesha
79	Rufti Puji Astuti	Universitas Bangka Belitung
80	Agung Dhamar Syakti	Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH)

No	Nama Penerima	Institusi
81	Rini Mastuti	Universitas Samudra
82	Asmawati S	Universitas Sulawesi Barat
83	Firmansyah Maulana Sugiartana Nursuwars	Universitas Siliwangi
84	Amsal Irmalis	Universitas Teuku Umar
85	Rosida	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
86	Bambang Wahyudi	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
87	Anugerah Dany Priyanto	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
88	Catur Suratnoaji	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
89	Ratna Yulistiani	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
90	Andre Yusuf Trisna Putra	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
91	Sugiarto	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
92	Pawana Nur Indah	Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
93	Ramadhani Eka Putra	Institut Teknologi Bandung
94	Carolus Borromeus Rasrendra	Institut Teknologi Bandung
95	Damar Rastri Adhika	Institut Teknologi Bandung
96	Saladin Uttunggadewa	Institut Teknologi Bandung
97	Eko Mursito Budi	Institut Teknologi Bandung
98	Rahmat Romadhon	Institut Teknologi Bandung
99	Ayu Purwarianti	Institut Teknologi Bandung
100	Intan Taufik	Institut Teknologi Bandung
101	Brian Yulianto	Institut Teknologi Bandung
102	Ary Setijadi Prihatmanto	Institut Teknologi Bandung
103	Dewi Larasati	Institut Teknologi Bandung
104	Basuki Rachmatul Alam	Institut Teknologi Bandung
105	Yohanes	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
106	Prabowo	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
107	Mukhammad Muryono	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
108	Bambang Iskandriawan	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
109	Alief Wikarta	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
110	Bambang Sudarmanta	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
111	Gamantyo Hendratoro	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
112	Januarti Jaya Ekaputri	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
113	Rizky Januar Akbar	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
114	Bambang Pramujati	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
115	Tri Achmadi	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
116	Sri Fatmawati	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
117	Arman Hakim Nasution	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
118	Ridho Hantoro	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
119	Baroto Tavip Indrojarwo	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
120	Ary Bachtiar Krishna Putra	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
121	Riyanarto Sarno	Institut Teknologi Sepuluh Nopember
122	Sofyan Sjaf	Institut Pertanian Bogor
123	Hermanu Triwidodo	Institut Pertanian Bogor

No	Nama Penerima	Institusi
124	Suardi	Institut Pertanian Bogor
125	Kudang Boro Seminar	Institut Pertanian Bogor
126	Agik Suprayogi	Institut Pertanian Bogor
127	Clara M. Koesharto	Institut Pertanian Bogor
128	Wini Trilaksani	Institut Pertanian Bogor
129	Nuri Andarwulan	Institut Pertanian Bogor
130	Dewi Apri Astuti	Institut Pertanian Bogor
131	Dwi Setyaningsih	Institut Pertanian Bogor
132	Ujang Suwarna	Institut Pertanian Bogor
133	Siti Nikmatin	Institut Pertanian Bogor
134	Sugiyanta	Institut Pertanian Bogor
135	Sri Purwaningsih, MSi	Institut Pertanian Bogor
136	Cece Sumantri	Institut Pertanian Bogor
137	Ridi Arif	Institut Pertanian Bogor
138	Iskandar	Institut Pertanian Bogor
139	Akhmad Endang Zainal Hasan	Institut Pertanian Bogor
140	Meika Syahbana Rusli	Institut Pertanian Bogor
141	Endang Warsiki	Institut Pertanian Bogor
142	Alim Setiawan S	Institut Pertanian Bogor
143	I Wayan Setem	Institut Seni Indonesia Denpasar
144	I Nyoman Suardina	Institut Seni Indonesia Denpasar
145	I Kt Suteja	Institut Seni Indonesia Denpasar
146	I Gusti Putu Sudarta	Institut Seni Indonesia Denpasar
147	Tioner Purba	Universitas Simalungun
148	Frans Judea Samosir	Universitas Prima Indonesia
149	Humasak Tommy Argo Simanjuntak	Institut Teknologi Del
150	Riza Muhida	Universitas Bandar Lampung
151	Muhammad Riza	Universitas Bandar Lampung
152	Rodhiah	Universitas Tarumanagara
153	Astri Rinanti	Universitas Trisakti
154	Yaya Sudarya Triana	Universitas Mercu Buana
155	Sularso Budilaksono	Universitas Persada Indonesia Yai
156	Novika Grasiawaty	Universitas Yarsi
157	Lintang Purwara Dewanti	Universitas Esa Unggul
158	Gilang Pratama Hafidz	Universitas Esa Unggul
159	Astie Darmayantie	Universitas Gunadarma
160	Abba Suganda Girsang	Universitas Bina Nusantara
161	Edy Irwansyah	Universitas Bina Nusantara
162	Anak Agung Ngurah Perwira Redi	Universitas Bina Nusantara
163	Indriana	Universitas Bina Nusantara
164	Bambang Kartono Kurniawan	Universitas Bina Nusantara
165	Fergyanto E. Gunawan	Universitas Bina Nusantara
166	Anne Nurfarina	Universitas Multimedia Nusantara Jakarta

No	Nama Penerima	Institusi
167	Muhammad Cahya Mulya Daulay	Universitas Multimedia Nusantara Jakarta
168	Eli Jamilah Mihardja	Universitas Bakrie
169	Deffi Ayu Puspito Sari	Universitas Bakrie
170	Sofia M Wangsadinata	Universitas Bakrie
171	Maria Prihandrijanti	Universitas Agung Podomoro
172	Permata Nur Miftahur Rizki	Universitas Prasetiya Mulya
173	Teddy Trilaksono	Universitas Prasetiya Mulya
174	Peni Zulandari Suroto	Universitas Prasetiya Mulya
175	Stevanus Wisnu Wijaya	Universitas Prasetiya Mulya
176	David Agustriawan	Institut Bio Scientia Internasional Indonesia
177	Lestari Nurhajati	Institut Komunikasi Dan Bisnis LSPR
178	Budi Suyanto	Sekolah Tinggi Media Komunikasi Trisakti
179	Diana Krisanti J	Universitas Kristen Maranatha
180	Hendra Komara	Universitas Pasundan
181	Cita Dwi Rosita	Universitas Swadaya Gunung Djati
182	Herry Oktadinata	Universitas Jenderal Achmad Yani
183	Bambang Widyanto	Universitas Jenderal Achmad Yani
184	Kholis Abdurachim Audah	Universitas Swiss German
185	James Purnama	Universitas Swiss German
186	Tabligh Permana	Universitas Swiss German
187	Erik Candra Pertala	Universitas Muhammadiyah Sukabumi
188	Asril Adi Sunarto	Universitas Muhammadiyah Sukabumi
189	Reny Sukmawani	Universitas Muhammadiyah Sukabumi
190	Adhi Setyo Santoso	Universitas Presiden
191	Clara Evi Candrayuli Citraningtyas	Universitas Pembangunan Jaya
192	Kusuma Ayu Laksitowening	Universitas Telkom
193	Husneni Mukhtar	Universitas Telkom
194	Khoirul Anwar	Universitas Telkom
195	Arko Djajadi	Universitas Raharja
196	Andry Masry	Institut Teknologi Nasional Bandung
197	Muhammad Arief Irfan	Institut Teknologi Sains Bandung
198	Ivan Michael Siregar	Institut Teknologi Harapan Bangsa
199	Maclaurin Hutagalung	Institut Teknologi Harapan Bangsa
200	Tuti Purwaningsih	Universitas Islam Indonesia
201	Paulus Wisnu Anggoro	Universitas Atma Jaya Yogyakarta
202	Suyadi	Universitas Ahmad Dahlan
203	Suhendra	Universitas Ahmad Dahlan
204	Kusrini	Universitas Amikom Yogyakarta
205	Arianti Ina Restiani Hunga	Universitas Kristen Satya Wacana
206	Olivia Fachrunnisa	Universitas Islam Sultan Agung
207	Widiyanto	Universitas Islam Sultan Agung
208	Alberta Rika Pratiwi	Universitas Katolik Soegijapranata
209	Raisa Aribatul Hamidah	Universitas Islam Batik

No	Nama Penerima	Institusi
210	Dian Retno Sawitri	Universitas Dian Nuswantoro
211	Filmada Ocky Saputra	Universitas Dian Nuswantoro
212	Kusmiyati	Universitas Dian Nuswantoro
213	Jati widagdo	Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara
214	Muniroh Munawar	Universitas PGRI Semarang
215	Fiby Nur Afiana	Universitas Amikom Purwokerto
216	Nurfaizah	Universitas Amikom Purwokerto
217	Susila Candra	Universitas Surabaya
218	Endah Asmawati	Universitas Surabaya
219	Elieser Tarigan	Universitas Surabaya
220	Lanny Sapei	Universitas Surabaya
221	Johan Sukweenadhi	Universitas Surabaya
222	Tjie Kok	Universitas Surabaya
223	Joniarto Parung	Universitas Surabaya
224	Veny Megawati	Universitas Surabaya
225	Oeke Yunita	Universitas Surabaya
226	Dian Prianka	Universitas Surabaya
227	Tintrim Rahayu	Universitas Islam Malang
228	Emy Kholifah R.	Universitas Muhammadiyah Jember
229	Dyah Sawitri	Universitas Gajayana
230	Robik Anwar Dani	Universitas Katolik Widya Mandala Madiun
231	Diema Hernyka Satyareni	Universitas Pesantren Tinggi Darul ulum
232	Rumanintya Lisaria Putri	Universitas Islam Balitar
233	Susan	Universitas Ciputra Surabaya
234	Damelina Basauli Tambunan	Universitas Ciputra Surabaya
235	Marini Yunita Tanzil	Universitas Ciputra Surabaya
236	Thomas Stefanus Kaihatu	Universitas Ciputra Surabaya
237	Irwan Setyowidodo	Universitas Nisantara PGRI Kediri
238	Pramudya Ardi	Universitas PGRI Madiun
239	Evy Hendriarianti	Institut Teknologi Nasional Malang
240	Trio Ageng Prayitno	IKIP Budi Utomo
241	Luciana Spica Almia	Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Perbanas Surabaya
242	Tri Palupi Robustin	Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Widya Gama
243	Ratna Wijayanti Daniar Paramita	Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Widya Gama
244	Ainun Jariah (Penganti Ibu Hesti Budiwati)	Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Widya Gama
245	Faruk Alfiyan	Sekolah Tinggi Ilmu Komputer PGRI Banyuwangi
246	I Gede Pasek Mangku	Universitas Warmadewa
247	Zaenafi Ariani	Universitas Muhammadiyah Mataram
248	Evi Triandini	Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali
249	Ni Ketut Dewi Ari Jayanti	Institut Teknologi dan Bisnis STIKOM Bali
250	Muhammad Hattah Fattah	Universitas Muslim Indonesia
251	Sukriming Sapareng	Universitas Andi Djemma Palopo
252	Tri Indah Rusli	Universitas Muhammadiyah Kendari

No	Nama Penerima	Institusi
253	Herminawaty Abubakar	Universitas Bosowa
254	Ahmad Swandi	Universitas Bosowa
255	Edson Yahuda Putra	Universitas Klabat

Lampiran Surat

Nomor : 3517/E3/TU.00.01/2021

Tanggal : 6 Agustus 2021

Susunan Acara
**Penjelasan Teknis Berkas/Dokumen Verifikasi Kelayakan Program MF dan Kontrak
Matching Fund Tahun 2021**

Waktu	Acara	PIC
14.00 – 14.15	Pembukaan	Direktur Kelembagaan
14.15 – 15.00	Penjelasan Anggaran dan Kelengkapan Dokumen Administrasi	Koordinator Penguatan Kelembagaan PTA
15.00 - 16.30	Penjanjian Kerja Sama (Kontrak) Matching Fund 2021 Dan Pelaksanaan Program	TIM Matching Fund
16.30 – 16.45	Penjelasan Sistem	TIM Kedaireka
16.45 – 17.00	Penutup	Direktur Kelembagaan

Catatan :

1. UU ITE No. 11 Tahun 2008 Pasal 5 Ayat 1 "Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti yang sah."
2. Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh BSR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Jln. Palembang – Prabumulih, KM 32 Indralaya, Ogan Ilir 30662
Telepon (0711) 580645, 580069, 580225, 580169, 580275 Faksimile (0711) 580664
Laman: www.unsri.ac.id

KEPUTUSAN
REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA
Nomor : 0025/UN9/SK.LP2M.PT/2021

TENTANG

PENGANGKATAN TIM PELAKSANA PENELITIAN *MATCHING FUND*
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA

- Menimbang : a. bahwa sehubungan dengan akan dilaksanakannya penelitian *Matching Fund* Universitas Sriwijaya yang berjudul “Valorisasi/Pemanfaatan Emisi CO2 untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA)”, sehingga perlu mengangkat tim pelaksana penelitian dimaksud;
b. bahwa sehubungan dengan butir a di atas perlu diterbitkan surat keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
4. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor 12 Tahun 2015, tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Sriwijaya;
5. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi R.I Nomor 17 Tahun 2018 Tentang Statuta Universitas Sriwijaya;
6. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi R.I Nomor 20 Tahun 2018 Tentang Penelitian;
7. Peranturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R.I Nomor 3 Tahun 2020, tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;
8. Keputusan Menteri Keuangan R.I. Nomor 190/KMK.05/2009 tentang Penetapan Universitas Sriwijaya pada Depdiknas sebagai Instansi Pemerintahan yang Menetapkan PK-BLU;
9. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 32031/M/KP/IV/2019, tentang pengangkatan Rektor Universitas Sriwijaya.
- Menetapkan : KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA TENTANG PENGANGKATAN TIM PELAKSANA PENELITIAN *MATCHING FUND* UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Paraf	WR 1	WR 2	LPPM

- KESATU : Menunjuk dan mengangkat personalia tim Pelaksana Penelitian *Matching Fund* Universitas Sriwijaya sebagaimana tercantum dalam lampiran keputusan ini.
- KEDUA : Segala biaya yang timbul sebagai akibat dikeluarkannya keputusan ini, dibebankan pada Anggaran Universitas Sriwijaya dan/atau dana khusus yang disediakan untuk itu.
- KETIGA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan/atau diperbaiki sebagaimana mestinya, apabila ternyata di kemudian hari terdapat kekeliruan dalam keputusan ini.

Ditetapkan di: Indralaya

Pada tanggal : 21 Oktober 2021



Tembusan:

1. Wakil Rektor Bidang Akademik ;
2. Wakil Rektor Bidang Umum, Kepegawaian, dan Keuangan;
3. Dekan Fakultas
4. Ketua Lembaga
5. Kepala Biro Umum dan Keuangan;
6. Kepala Biro Akademik dan Kemahasiswaan Universitas Sriwijaya.

Lampiran Surat Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya
Nomor : 0025/UN9/SK.LP2M.PT/2021
Tanggal : 21 Oktober 2021

TIM PELAKSANA PENELITIAN MATCHING FUND
UNIVERSITAS SRIWIAJAYA

Pengarah	: Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., IPU.	Rektor
Narasumber	: <ol style="list-style-type: none">1. Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D., IPU2. Prof. Dr. Taufiq, S.E., M.Si.3. Prof. Ir. Muhammad Said, M.Sc. Ph.D.4. Prof. Dr. Zulkifli Dahlan, M.Si., DEA5. Samsuryadi, S.Si., M.Kom., Ph.D.6. Drs. Didi Jaya Santri, M.Si.	Wakil Rektor Bidang Akademik Wakil Rektor Bidang Umum, Kepegawaian dan Keuangan Wakil Rektor Bidang Perencanaan dan Kerjasama Direktur BPU Ketua LP2M Ketua ULP
Ketua Peneliti	: Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph.D.	Tenaga Ahli
Anggota Peneliti	: <ol style="list-style-type: none">1. Dr. Nirwan Syarif, S.Si., M.Si.2. Dr. Addy Rachmat, S.Si., M.Si.3. Dwi Hawa Yulianti, S.Si., M.Si.4. Nyimas Febrika Sya'baniah, S.Si., M.Si.5. Icha Amelia, S.Si., M.Si.6. M. Ilyas Izzuddin7. Baqis Hayati8. Irma Listiany9. Resti Wulandari10. Fatmawati11. Dedi Supriadi, S.T., M.Si.12. Frisiska Oktarina, S.E.13. Zaki Yamani, S.Si.14. Ahmad Erwin Taufik, S.E., Ak.15. Sekhudin, S.E., M.Si.16. Reni Chairunisyah, S.T.17. Ilham Achmad, S.E., M.M.18. Heriyanto S.19. Efilawati, S.Sos.20. Dessy Dennyati, S.P.	Tenaga Ahli Tenaga Ahli Tenaga Ahli Anggota Peneliti Anggota Peneliti Anggota Peneliti Mahasiswa Mahasiswa Mahasiswa Mahasiswa Mahasiswa Kepala BPHM Bagian Perencanaan dan Anggaran Tenaga Pendukung Pengadaan PPK LP2M Koordinator Tata Usaha LP2M Pejabat Pengadaan LP2M Pengelola pengadaan barang/jasa Analisis Pengelola Keuangan APBN BPP Anggaran Non PNB BPP LP2M



**LAPORAN AKHIR
PROGRAM MATCHING FUND 2021**

**VALORISASI/PEMANFAATAN EMISI CO₂ UNTUK PRODUKSI METANOL
MELALUI METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN MEMBRANE
ELECTRODE ASSEMBLY (MEA)**



Oleh:

**Dr. Dedi Rohendi, M.T
Universitas Sriwijaya**

**PROGRAM MATCHING FUND
UNIVERSITAS SRIWIJAYA – PT. PERTAMINA(PERSERO)
2021**

FORMAT HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN

- | | | | |
|----|-------------------------------------|---|---|
| 1. | Nama Perguruan Tinggi | : | Universitas Sriwijaya |
| 2. | Penanggung Jawab (Rektor/Ketua) | : | Wakil Rektor I |
| | N a m a | : | Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph. D., IPU |
| | Alamat | : | Jl. Palembang-Prabumulih Km. 32 Indralaya
Ogan ilir Sumatera Selatan 30662 |
| | Telepon Kantor | : | 0711 580069, 580169 |
| | Telepon Genggam (Whatsapp) | : | +62 813-6751-4910 |
| | e-mail | : | zainuddinnawawi@unsri.ac.id |
| 3. | Nama Badan Penyelenggara PT | : | (Khusus PTS) |
| | Ketua Badan Penyelenggara PT | : | |
| | Alamat | : | |
| | Telepon Kantor | : | |
| | Telepon Genggam (Whatsapp) | : | |
| 4. | Ketua Pelaksana/Task Force | : | |
| | N a m a | : | Dr. Dedi Rohendi, M.T |
| | Alamat | : | Jl. Palembang-Prabumulih Km. 32 Indralaya
Ogan ilir Sumatera Selatan 30662 |
| | Telepon Kantor | : | 0711 580269 |
| | Telepon Genggam (Whatsapp) | : | 0816383220 |
| | e-mail | : | rohendi19@unsri.ac.id |
| 5. | Mitra | : | PT. Pertamina (Persero)
2. dst |
| 6. | Jumlah Mahasiswa Terlibat | : | 4 (empat) orang |
| 7. | Kelompok Penerima Manfaat Eksternal | : | 1. Jurusan Kimia FMIPA Unsri
2. PT. Pertamina (Persero)
3. dst |

Menyetujui,

Wakil Rektor I Universitas Sriwijaya

Ketua Pelaksana,



(Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph. D., IPU)



(Dr. Dedi Rohendi, M.T)

DAFTAR ISI

FORMAT HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN.....	2
DAFTAR ISI.....	3
RINGKASAN EKSEKUTIF	5
BAB I PENDAHULUAN	6
1.1. Latar Belakang	6
1.2. Tujuan	7
BAB II CAPAIAN LUARAN DAN INDIKATOR KINERJA	8
Indikator Kinerja Utama	8
Luaran Kegiatan/ Indikator Kinerja Tambahan Sesuai Kegiatan	8
BAB III PELAKSANAAN PROGRAM KEGIATAN	9
3.1 Judul Kegiatan : Valorisasi /Pemanfaatan Emisi CO ₂ Untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan <i>Membrane Electrode Assembly</i> (MEA).....	9
3.2 Jumlah Pendanaan:.....	9
3.3 Nama Pelaksana Kegiatan:	9
3.4 Latar Belakang	11
3.5 Pelaksanaan Kegiatan	12
3.5.1 Mitra (PT. Pertamina)	12
3.5.2 Insan Dikti (Universitas Sriwijaya).....	12
3.5.3 Mahasiswa.....	12
3.6 Hasil dan Pembahasan	12
3.7 Luaran yang Diperoleh	129
3.8 Manfaat	30
3.9 Kendala	30
BAB IV REKAPITULASI LAPORAN DAN KEUANGAN	31
Lampiran 1. Indikator Kinerja Utama	32
• Lampiran 1a. Mahasiswa yang mendapat pengalaman di luar kampus	32
• Lampiran 1b. Dosen berkegiatan di luar kampus (DUDI)	33
• Lampiran 1c. Praktisi mengajar di dalam kampus	33
• Lampiran 1d. Mitra Kerjasama	34
• Lampiran 1e. Mahasiswa Penerima Manfaat Langsung.....	34
• Lampiran 1f. Masyarakat Penerima Manfaat Langsung	34
• Lampiran 1g. Produk/Inovasi	35
• Lampiran 1h. Publikasi Internasional (Accepted/Published) [Lampirkan dokumen publikasi yang dihasilkan]	35

Lampiran 2. Indikator Kinerja Tambahan.....	44
Lampiran 3. Tabel Data Hasil Karakterisasi PSA.....	59
Lampiran 4. Data Hasil Analisis BET	65
Lampiran 5. Hasil Pengukuran SEM-EDX.....	72
Lampiran 6. Perhitungan Nilai ECSA Karakterisasi Cyclic Voltammetry (CV)	75
Lampiran 7. Perhitungan Nilai Konduktivitas Karakterisasi Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS).....	84
Lampiran 8. Data Konversi CO ₂ menjadi Metanol.....	88
Lampiran 9. Data <i>Looping System</i>	89

RINGKASAN EKSEKUTIF

Telah dilakukan penelitian mengenai Valorisasi/Pemanfaatan Emisi CO₂ untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA). Proses konversi CO₂ menjadi metanol dilakukan menggunakan katalis Pt/C pada anoda dan Cu₂O-ZnO/C pada katoda dengan pemuatan katalis masing-masing 1 mg/cm². Tahapan penelitian meliputi pembuatan katalis dengan metode milling dengan variasi waktu *milling* dan penambahan PCA serta karakterisasi katalis meliputi analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) dan *Brunauer Eemmett Teller* (BET). Selanjutnya, pembuatan elektroda dan karakterisasinya menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV), *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) dan SEM-EDX. Pembuatan dan pengujian MEA pada sel elektrolisis *singlestack* dan *multistack* berbahan baku akrilik pada tegangan arus searah dan laju alir CO₂ bervariasi merupakan langkah penelitian selanjutnya. Gas CO₂ dialirkan ke ruang katoda dan air di anoda. Metanol hasil konversi dianalisis menggunakan methanol analyser type AM5 dari Analox.

Hasil karakterisasi katalis menunjukkan bahwa katalis Cu₂O-ZnO/C dengan waktu milling 3 jam menggunakan PCA merupakan katalis terbaik dengan ukuran partikel 70,36 μm dengan diameter pori 127 Å serta volume pori 0,41 cm³/g. Sementara itu, sifat elektrokimia elektroda menggunakan analisis CV diperoleh nilai *Electrochemical Surface Area* (ECSA) untuk katalis dengan waktu milling 3 jam PCA sebesar 689,77 cm²/g dan hasil pengukuran EIS diperoleh nilai konduktivitas listrik sebesar 0,324 x 10⁻³S/cm. Berdasarkan hasil karakterisasi ECSA dan SEM-EDX menunjukkan bahwa katalis Cu₂O-ZnO/C dengan milling katalis 3 jam dengan menggunakan *Process Control Agent* (PCA) menunjukkan hasil terbaik.

Proses konversi CO₂ menjadi metanol yang dilakukan pada elektroliser *singlestack* dengan ukuran MEA 15x15 cm² didapatkan tegangan optimum pada 1,8 V dan laju alir optimum CO₂ 120 mL/menit dengan persentase metanol sebesar 34,34% b/v. Konversi CO₂ menjadi metanol pada elektroliser *doublestack* didapatkan kondisi optimum pada laju alir 160 mL/menit dengan persentase metanol sebesar 39,30% b/v pada waktu 2 jam dan 42,62% b/v selama 8 jam. Sementara itu, persentase metanol yang dihasilkan dari elektroliser dengan empat stack yang terdiri atas dua ruang katoda dan 3 ruang anoda sebesar 45,369% b/v. Variasi percobaan dilakukan juga dengan menggunakan elektrolit KHCO₃ 1 M di katoda untuk memudahkan dan meningkatkan penetrasi CO₂ ke dalam sistem reaksi. Proses konversi CO₂ menjadi metanol menggunakan elektrolit KHCO₃ dilakukan pada suhu bervariasi. Hasil konversi CO₂ pada elektroliser *singlestack* terjadi penurunan persentase metanol dengan semakin meningkatnya suhu yang digunakan akibat kelarutan CO₂ berkurang sehingga suhu optimum terjadi pada suhu ruang dengan persentase metanol hasil destilasi sebesar 71,6% b/v.

Disamping itu, untuk memanfaatkan CO₂ yang tidak terkonversi menjadi metanol dilakukan metode *looping system* dimana CO₂ diumpungkan kembali pada inlet sehingga dapat digunakan lagi untuk produksi metanol. Pada suplai laju alir 160 mL/menit, CO₂ sisa yang tidak bereaksi sebesar 30 mL/menit, maka selanjutnya diatur laju alir CO₂ inlet dari tabung sebesar 130 mL/menit dan yang terdeteksi pada alat *mass flow controller* sebelum masuk stack, laju alir CO₂ sebesar 155 mL/menit dan CO₂. Pengujian *looping system* ini menunjukkan bahwa CO₂ sisa yang tidak terkonversi dapat digunakan kembali sebagai bahan baku untuk konversi.

Hambatan dan kendala yang dihadapi pada penelitian ini adalah terbatasnya waktu dari mulai persiapan, penelitian dan pelaporan karena penelitian ini masuk pada gelombang III. Anggaran yang didapatkan baik dari dikti (cash) dan mitra (sebagian besar in kind) dapat dimanfaatkan secara optimal. Jumlah mahasiswa yang dilibatkan langsung dalam penelitian ini ada 4 orang dan sudah menyelesaikan tugas akhirnya. Potensi pengembangan selanjutnya dari penelitian ini adalah optimalisasi *looping system*, pengembangan proses secara dinamik, peningkatan kapasitas produk metanol yang dihasilkan serta metode pemurnian produk metanol yang efektif.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Karbondioksida merupakan gas yang banyak dihasilkan dalam produksi dan pengolahan minyak serta gas bumi. Keberadaan CO₂ merupakan permasalahan tersendiri karena kehadirannya dalam jumlah besar menyebabkan efek rumah kaca (Albo *et al.*, 2015). Pemanfaatan CO₂ oleh perusahaan migas menjadi sangat penting karena dapat mengatasi dua hal sekaligus, yaitu mereduksi kehadiran gas rumah kaca dan menjadikan CO₂ sebagai bahan baku produk bernilai tambah. Pemanfaatan dan pengkonversian emisi CO₂ juga dalam upaya mendukung komitmen Pemerintah Indonesia pada COP 21 Paris untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% di tahun 2030 dan sebesar 41% dengan bantuan internasional. Dalam kaitan ini, kolaborasi antara Perguruan Tinggi dan Industri menjadi poin penting untuk menciptakan inovasi – inovasi riset dan teknologi yang dapat dikembangkan dan diimplementasikan dalam upaya pemanfaatan emisi CO₂.

Salah satu bentuk pemanfaatan CO₂ adalah sebagai bahan baku pembuatan metanol. Metanol yang mempunyai densitas energi cukup tinggi dan mempunyai kestabilan dalam penyimpanan, merupakan salah satu produk konversi CO₂ yang paling memberikan harapan. Selain sebagai bahan bakar untuk fuel cell (DMFC sebagai bahan bakar langsung dan PEMFC sebagai bahan bakar tidak langsung) dan pelarut, metanol jugamenjadi bahan baku untuk dimetil eter (DME) (Goeppert *et al.*, 2014).

Proses konversi CO₂ menjadi metanol ada beberapa cara, diantaranya adalah melalui jalur pembentukan *syn* gas dalam reformer dan melalui proses hidrogenasi, dimana pada kedua metode tersebut menggunakan suhu dan tekanan tinggi. Metode lain untuk mengkonversi CO₂ menjadi metanol adalah metode elektrolisis yang mempunyai keunggulan ramah lingkungan, dapat mengkonversi CO₂ menjadi berbagai jenis bahan bakar dan bekerja pada suhu ambien (Venka, 2016).

Merujuk pada kelimpahan CO₂ di alam serta pemanfaatannya yang belum optimal, maka Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya telah menginisiasipenelitian awal untuk mengkonversi CO₂ menjadi metanol melalui proses reduksi elektrokimia bekerjasama dengan PT Pertamina (Persero) melalui program Forum Ideasi Riset Pertamina-Universitas yang direalisasikan tahun 2020. Penelitian ini menggunakan metode elektrolisis dengan media *Membrane Electrode Assembly* (MEA) untuk mengkonversi CO₂ menjadi metanol dengan menggunakan sumber energi terbarukan berupa solar cell yang dimiliki Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya. Penggunaan energi terbarukan solar cell selain untuk menekan biaya produksi metanol, juga ikut mendukung program pemerintah dalam meningkatkan bauran energi baru dan terbarukan. Penguraian CO₂ menjadi metanol sangat tergantung pada beberapaparameter, antara lain; jenis elektroda, jenis elektrolit dan kondisi operasi (suhu dan arus) (Venka, 2016).

Membrane Electrode Assembly (MEA) yang digunakan pada penelitian konversi CO₂ menjadi metanol adalah sama seperti MEA yang digunakan pada PEMFC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) dan DMFC (*Direct Metanol Fuel Cell*). Seperti diketahui, Prinsip elektrolisis adalah kebalikan dari prinsip kerja fuel cell. Jika pada fuel cell terjadi proses spontan pengubahan energi kimia menjadi energi listrik, maka pada elektrolisis terjadi proses tidak spontan pengubahan energi listrik menjadi energi kimia. Pusat UnggulanFuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya telah berhasil membuat dan menguji kinerja MEA yangdigunakan pada kedua jenis fuel cell di atas. Dengan rekam jejak penelitian dan fasilitas yang tersedia di Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI, penelitian ini diharapkan dapat dilaksanakan dengan baik. Penggunaan MEA dapat digunakan sebagai media reaksi redoks pada proses elektrolisis.



Dari kerjasama riset dengan Pertamina, telah didapatkan kondisi optimum untuk reaksi konversi CO₂ menjadi metanol, yaitu: katalis terbaik yang digunakan adalah paduan katalis Cu₂O-ZnO/C dengan loading katalis 1 mg/cm², laju alir optimum CO₂ pada 60 mL/menit dan tegangan 1,6 V dengan konsentrasi metanol tertinggi yang dihasilkan sebesar 9,14% v/v. Beberapa variasi juga telah dilakukan dalam hal penggunaan larutan KHCO₃ di katoda (tempat reduksi CO₂) dan penggunaan gas H₂ di anoda (tempat oksidasi air atau H₂ untuk menghasilkan ion H⁺). Selain itu, telah dicoba penggunaan elektroliser buatan sendiri dibandingkan dengan elektroliser komersial. Kerjasama penelitian telah selesai dilaksanakan dan menghasilkan satu draft paten dan prototype elektroliser. Selain itu, metanol yang ditargetkan telah didapatkan akan tetapi masih belum maksimal. Untuk itu, penelitian ini perlu dilanjutkan untuk meningkatkan produksi metanol secara kuantitas maupun kualitas. Dari sisi kuantitas, diharapkan metanol yang dihasilkan semakin besar melalui penyempurnaan dan peningkatan desain dan rancangan bangun peralatan elektroliser serta manajemen daya listrik dan laju alir CO₂. Dari sisi kualitas, diharapkan dapat meningkatkan kemurnian metanol yang diperoleh. Target yang diharapkan adalah konsentrasi metanol dapat ditingkatkan sampai 50% dan tingkat kemurnian setelah destilasi sebesar 90%. Kerjasama penelitian lanjutan dengan PT. Pertamina sangat dibutuhkan dengan mempertimbangkan kerjasama yang saling menguntungkan. Pihak Unsri yang diwakili oleh para peneliti terbantu dalam ikut mencapai IKU Unsri dan meningkatkan portofolio para peneliti. Bagi PT. Pertamina, kerjasama penelitian ini diharapkan menjadi salah satu alternatif pemecahan masalah program penangkapan CO₂ (Carbon Capture).

Penelitian yang dilakukan di Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI dilakukan oleh tim peneliti sesuai kompetensi dan keahlian masing-masing, dibantu oleh tenaga pembantu peneliti lulusan S2 serta melibatkan mahasiswa baik S1 maupun S2. Pelibatan mahasiswa dalam penelitian sekaligus sebagai topik penelitian tugas akhir. Selain meluluskan sarjana S1, PUR juga telah dan sedang membantu mahasiswa lulusan S1 yang melanjutkan studi pada jenjang S2. Kerjasama penelitian dengan DUDI dan pelibatan dosen sebagai tenaga peneliti dan mahasiswa dalam penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan capaian Indikator Kinerja Utama (IKU) Unsri sebagai salah satu perguruan tinggi di bawah Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.

1.2. Tujuan

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk memanfaatkan dan melakukan konversi emisi CO₂ sebagai salah satu gas rumah kaca menjadi produk metanol yang memiliki nilai tambah dan dapat digunakan sebagai substitusi program *gasoline blending*. Kegiatan penelitian ini diharapkan dapat dilaksanakan bekerjasama dengan DUDI. Hal ini sesuai dengan salah satu ruang lingkup Program Matching Fund yaitu kerjasama penelitian untuk menghasilkan produk/purwarupa/teknologi untuk dapat dikomersialisasikan (termasuk *mini-plant* atau *teaching factory*), atau untuk mengatasi masalah spesifik yang dihadapi masyarakat atau DUDI/mitra. Kegiatan penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan capaian Indikator Kinerja Utama (IKU) perguruan tinggi melalui pelibatan dosen dan mahasiswa, sekaligus peningkatan konsentrasi dari metanol terproduksi. Sementara itu, tujuan khusus dari penelitian untuk tahun 2021 adalah:

1. Meningkatkan konsentrasi produk metanol melalui pengembangan desain peralatan elektroliser multistack untuk proses konversi CO₂ menjadi metanol dengan metode reduksi elektrokimia menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA).
2. Meningkatkan efisiensi dan efektifitas reaksi melalui penerapan looping system input CO₂ dan monitoring produk.

BAB II

CAPAIAN LUARAN DAN INDIKATOR KINERJA

Indikator Kinerja Utama

No	Indikator	Target	Capaian	Persentase Capaian Terhadap Target
1	Jumlah mahasiswa mendapat pengalaman di luar kampus	4	4	100%
2	Jumlah Dosen berkegiatan di luar kampus (DUDI)	3	3	100%
3	Jumlah Praktisi mengajar di dalam kampus	6	7	100%
4	Jumlah Mitra Kerjasama	1	1	100%
5	Jumlah Mahasiswa Penerima Manfaat Langsung	4	4	100%
6	Jumlah Masyarakat Penerima Manfaat Langsung	47	47	100%
7	Jumlah Produk/Inovasi	1	1	100%
8	Jumlah Publikasi Internasional (Accepted/Published)	1	1	100%

Luaran Kegiatan/ Indikator Kinerja Tambahan Sesuai Kegiatan

No	Indikator	Target	Capaian	Persentase Capaian Terhadap Target
1	Prototype Elektroliser Multistack	1	1	100%
2	Persentase Metanol Hasil Elektrolisis output elektroliser	30-50%	45.37%	100%
3	Draft Paten Elektroliser Multistack	1	1	100%
4	Draft Publikasi	1	1	100%

Catatan: diisi sesuai kegiatan



BAB III

PELAKSANAAN PROGRAM DAN KEGIATAN

3.1 **Judul Kegiatan :** Valorisasi /Pemanfaatan Emisi CO₂ Untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan *Membrane Electrode Assembly* (MEA).

3.2 Jumlah Pendanaan:

- a. Pendanaan Dari Matching Fund (Dikti): Rp. 1.201.657.500
 b. Pendanaan Dari Mitra: Rp. 1.195.180.000
 (Rp. 1.055.188.000 in kind + Rp. 140.000.000 cash)

3.3 Nama Pelaksana Kegiatan:

- a. Insan Dikti : Jurusan Kimia FMIPA/ Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Striwijaya.
 b. Mitra : PT. Pertamina (Persero) Divisi CCUS-URTI Pertamina
 c. Mahasiswa : Jurusan Kimia FMIPA UNSRI
- M. Ilyas Izzuddin (NIM 08031181823002)
 - Resti Wulandari (NIM 08031181722019)
 - Balqis Hayati (NIM 08031281823087)
 - Irma Listiany (NIM 08031381823081)

Tabel 1. Tim Pelaksana Penelitian

No	Nama	Institusi	Posisi dalam Tim	Uraian Tugas
1	Dr. Dedi Rohendi, MT	Jurusan Kimia FMIPA/PUR Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI	Koordinator Peneliti	1. Menyusun proposal 2. Menyusun rencana kerja 3. Mengkoordinir tim
2	Dr. Nirwan Syarif, M.S	Jurusan Kimia FMIPA/PUR Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI	Anggota Tim Peneliti	1. Merancang sensor dan rangkaian listrik 2. Analisis produk
3	Dr. Addy Rachmat, M.Si	Jurusan Kimia FMIPA/PUR Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI	Anggota Tim Peneliti	1. Membuat elektroda 2. Supervisi stack
4	Dwi Hawa Yulianti, M.Si	PUR Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI	Anggota Tim Peneliti	1. Membuat MEA 2. Running percobaan

5	Nyimas Febrika, M.Si	PUR Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI	Anggota Tim Peneliti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis produk 2. Running percobaan
6	Icha Amelia, M.Si	PUR Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI	Anggota Tim Peneliti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mendesain dan membuat Stack 2. Staf Pendukung
7	M. Ilyas Izzuddin Resti Wulandari Balqis Hayati Irma Listiany	Jurusan Kimia FMIPA/PUR Fuel Cell dan Hidrogen UNSRI	Anggota Tim Pembantu Peneliti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membantu pelaksanaan penelitian 2. Pencatatan data dan logbook
8	Prof. Dr. Zulkifli Dahlan, M.Si	BPU-UNSRI	Direktur Utama	Legalitas kegiatan
9	Merry Marteighianti., M.Eng	URTI - RTI Pertamina	Penanggung Jawab	Bertanggung jawab pada pelaksanaan project
10	Dewi Mersitarini, S.T., M.Eng	CCUSR-URTI-RTI Pertamina	Advisor Tim CCUS-URTI-RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring dan evaluasi timeline penelitian 2. Mengkoordinir tim penelitian antara universitas dan Pertamina
11	Dimas Ardiyanta, S.T., M.Eng	CCUSR-URTI-RTI Pertamina	Koordinator Tim CCUS-URTI-RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring dan evaluasi penelitian 2. Evaluasi dan rekomendasi proses konversi CO₂ menjadi metanol
12	Rr. Whiny Hardiyati Erliana, S.T., M.T	CCUSR-URTI-RTI Pertamina	Anggota Tim CCUS-URTI-RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring dan evaluasi teknis penelitian 2. Evaluasi dan koordinasi pengujian atau analisa
13	Isya Mahendra, S.T., M.T	CCUSR-URTI-RTI Pertamina	Anggota Tim CCUS-URTI-RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring dan evaluasi teknis penelitian 2. Evaluasi dan koordinasi pengujian atau analisa

14	Christian Afiko Irlando Sianturi	Innovation Strategy and Portfolio Management	Anggota Tim RTI Pertamina	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membantu untuk mengkoordinir antara Pertamina – UNSRI – Kedai Reka 2. Mengkoordinir pendaftaran paten
----	----------------------------------	--	---------------------------	---

3.4 Latar Belakang

Emisi gas karbondioksida (CO₂) di alam memiliki dampak merugikan bagi lingkungan. Meningkatnya gas CO₂ diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar fosil. Semenjak era revolusi industri pelepasan emisi gas CO₂ terus meningkat. Konsentrasi CO₂ di atmosfer harian diperkirakan mencapai 400 ppm dan akan terus meningkat hingga melampaui 750 ppm disetiap harinya hingga tahun 2100 (Qiao *et al.*, 2016). Permasalahan emisi gas CO₂ dapat diatasi dengan mengkonversi gas CO₂ menjadi produk energi terbarukan. Salah satu solusi yang dapat dilakukan dengan mengkonversi CO₂ secara kimia menjadi *value product* seperti HCOH, CH₄, dan CH₃OH (Hadjadj *et al.*, 2020). Konversi CO₂ menjadi metanol (CH₃OH) merupakan pilihan karena selain stabil dalam penyimpanan senyawa metanol dapat digunakan sebagai *raw material* dan bahan bakar terbarukan.

Metode konversi CO₂ terdiri dari berbagai cara diantaranya hidrogenasi, reduksi elektrokimia, reduksi fotokimia dan reduksi fotoelektrokimia (Ivanova *et al.*, 2016). Konversi CO₂ yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode reduksi elektrokimia. Metode ini memiliki keunggulan ramah lingkungan, dapat mengkonversi CO₂ menjadi metanol dan bekerja pada suhu ambien (Venka 2016b). Reaksi reduksi elektrokimia dapat menghasilkan berbagai produk tergantung pada media reaksi dan bahan katalis. Reaksi reduksi elektrokimia melibatkan transfer elektron dengan jumlah yang berbeda pada konfigurasi sel dan elektroda yang berbeda (Albo *et al.*, 2015). Studi mengenai reaksi reduksi elektrokimia menjelaskan bahwa hasil produk serta efisiensinya dipengaruhi oleh larutan elektrolit, elektroda, pH, konduktivitas elektrolit, tegangan serta beberapa parameter lainnya.

Proses yang terjadi dalam reduksi elektrokimia, air di anoda dioksidasi sehingga melepaskan elektron secara bersamaan terjadi reduksi CO₂ di katoda menjadi hidrokarbon dan alkohol. Elektroda dengan katalis yang stabil serta selektif terhadap H⁺ menjadi kunci utama dalam konversi CO₂ menjadi metanol (Tuyen and Le, 2011). Penelitian sebelumnya memberikan hasil bahwa Cu sebagai *basic electrode* menghasilkan metanol sebagai produk utama. Bentuk teroksidasi dari Cu merupakan bentuk terbaik untuk mentransformasi CO₂ menjadi metanol. Permukaan pada Cu oksida memberikan sifat adsorpsi yang memungkinkan hasil metanol yang lebih tinggi (Albo *et al.*, 2015; Albo *et al.*, 2015).

Penelitian ini menggunakan katalis Cu₂O-ZnO dalam matriks karbon (Cu₂O-ZnO/C) untuk menjaga konduktivitas elektrik dari katalis tersebut. Reduksi elektrokimia menggunakan MEA (*Membrane Electrode Assembly*) merupakan salah satu metode untuk mengkonversi CO₂ menjadi CH₃OH. Komponen yang menyusun MEA berupa katoda dan anoda yang digabungkan dan diantara elektroda tersebut terdapat membran elektrolit. Kinerja MEA dipengaruhi oleh ketebalan GDL (*Gas Diffusion Layer*), proses pembuatan elektroda, kinerja *catalyst layer* serta metode pembuatan MEA (Rohendi *et al.*, 2013). MEA memiliki peranan penting sebagai pusat reaksi elektrokimia sehingga MEA harus diupayakan agar memiliki kerapatan arus dan daya tahan yang tinggi (D. Rohendi *et al.*, 2019). Albo dan Irabien (2015) melaporkan bahwa laju alir gas mempengaruhi kinerja reduksi elektrokimia CO₂ menjadi CH₃OH. Selain itu, jenis stack juga mempengaruhi persentase produk yang dihasilkan.

Dalam kaitan produksi metanol melalui proses elektrokimia, ada beberapa mekanisme yang dapat dilakukan, antara lain produksi metanol melalui elektrolisis CO₂ dengan bantuan katalis Cu₂O-ZnO dengan elektrolit KHCO₃ (Albo et al. 2015). Penguraian CO₂ secara elektrokimia sangat tergantung pada beberapa parameter, antara lain; jenis elektroda, jenis elektrolit dan kondisi operasi (suhu dan arus) (Venka 2016b).

Penelitian ini menggunakan metode elektrolisis dalam media *Membrane Electrode Assembly* (MEA) untuk mengkonversi CO₂ menjadi metanol dengan menggunakan sumber energi terbarukan berupa solar cell dengan kapasitas 7 kW yang dimiliki Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya. Penggunaan energi terbarukan *solar cell* selain untuk menekan biaya produksi metanol, juga ikut mendukung program pemerintah dalam meningkatkan bauran energi baru dan terbarukan.

3.5 Pelaksanaan Kegiatan

3.5.1 Mitra (PT. Pertamina)

Kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh mitra dalam keterlibatannya dalam program ini adalah:

- Membantu dalam tahap pengadaan beberapa bahan penelitian
- Membantu proses karakterisasi dan analisis *Brunauer Emmett Teller* (BET), *Particle Size Analyzer Distribution* (PSA) dan *Scanning Electron Microscopy X-Ray Diffraction* (SEM-EDX)
- Melakukan diskusi rutin untuk mengevaluasi terkait progress kegiatan dan target penelitian yang dilakukan

3.5.2 Insan Dikti (Universitas Sriwijaya)

Kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh insan dikti dalam keterlibatannya dalam program ini adalah:

- Melakukan penelitian terkait program yang diusulkan
- Membantu dana talangan awal sembari menunggu pencairan dana
- Membantu proses administrasi dan pemberkasan

3.5.3 Mahasiswa

Adapun pembagian tahapan-tahapan yang telah dilakukan oleh mahasiswa yang terlibat dalam program ini diantaranya adalah:

- Melakukan pembuatan dan karakterisasi katalis dan elektroda (**Resti Wulandari**)
- Menentukan tegangan dan laju alir konversi CO₂ menjadi metanol pada elektroliser singlestack (**Muhammad Ilyas Izzuddin**)
- Menentukan laju alir dan waktu konversi CO₂ menjadi metanol pada elektroliser doublestack dan multistack (**Balqis Hayati**)
- Melakukan konversi CO₂ dengan menggunakan larutan KHCO₃ sebagai elektrolit di katoda (**Irma Listiany**)

3.6 Hasil dan Pembahasan

3.6.1 Mendesain dan membuat Peralatan Elektroliser Multistack

Elektroliser multistack yang dibuat adalah dari bahan akrilik yang mana pada sisi luar adalah ruang anoda (berisi air yang akan dioksidasi menjadi ion H⁺ dan melepaskan O₂) dan sisi dalamnya ruang katoda. Antara ruang anoda dan katoda dipisahkan oleh *Membrane Electrode Assembly* (MEA). MEA sendiri merupakan gabungan katoda dan anoda yang

mengapit membrane elektrolit nafion-117 pada kedua sisi. Ruang katoda berada di tengah tempat dialirkannya CO_2 . Ion H^+ dari ruang anoda menyebrang ke ruang katoda melalui membrane elektrolit Nafion-117 dan bereaksi dengan CO_2 menghasilkan metanol. Pada sisi berikutnya adalah sisi anoda dari stack yang kedua yang tersambung dengan ruang katoda sel berikutnya. Elektroliser *multistack* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Elektroliser *MultiStack*

3.6.2 Membuat Membrane Electrode Assembly (MEA)

MEA terdiri atas dua buah elektroda (anoda dan katoda) yang mengapit membran elektrolit Nafion-117. Elektroda sendiri terdiri atas *backing layer* (BL) yang terbuat dari kertas karbon (Carbon Paper) Avcarb 75T (Dupont). Selanjutnya, BL dilapisi *Micro Porous Layer* (MPL) yang dibuat dari tinta karbon yang tersusun dari serbuk karbon Vulcan yang dilarutkan dengan larutan isopropil alkohol dan *polytetrafluoroetilen* (PTFE) membentuk *Gas Diffusion Layer* (GDL). Kemudian, GDL yang telah dibuat kembali dilapisi dengan tinta katalis Pt/C (anoda) dan $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ (katoda), isopropil alkohol, PTFE dan larutan nafion. Masing-masing elektroda kemudian digabungkan dengan mengapit membran nafion-117 dengan penekanan panas menggunakan *hot press* pada 1200 psi pada temperatur 135 C selama 3 menit.

3.6.3 Penyusunan MEA ke dalam Stack

Stack elektroliser terdiri dari *end plate* (plat luar), gasket, *current collector* dan MEA. MEA yang telah dibuat dipasang ke dalam stack elektroliser dengan memperhatikan letak sisi anoda dan katoda. Sisi anoda (Pt/C) akan berinteraksi dengan H_2O yang berperan sebagai penyuplai proton (H^+) melalui reaksi oksidasi. Sebaliknya, pada sisi katoda ($\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$) akan dialirkan gas CO_2 yang akan mengalami reaksi reduksi. Untuk stack elektroliser multi, sel ulangan sesuai dengan jumlah stack yang disusun. Jumlah sel untuk setiap stack ditunjukkan oleh berapa MEA yang disisipkan diantara dua sisi katoda dan anoda.

3.6.4 Proses Konversi CO_2 dengan Metode Reduksi Elektrokimia

MEA yang telah terpasang pada stack elektroliser diisi dengan H_2O pada sisi anodadan dialirkan gas CO_2 di katoda. Karena menggunakan multistack, kondisi operasi akan diuji ulang meliputi:

- Laju alir input CO_2 optimum dan pengukuran laju alir CO_2 outlet
- Pengujian ulang tegangan optimum
- Proses konversi CO_2 pada kondisi optimum dengan variasi waktu
- Proses konversi CO_2 dengan menggunakan larutan KHCO_3 sebagai elektrolit di katoda

- e. Produk metanol dan CO₂ sisa ditampung dan dilarutkan dalam air.

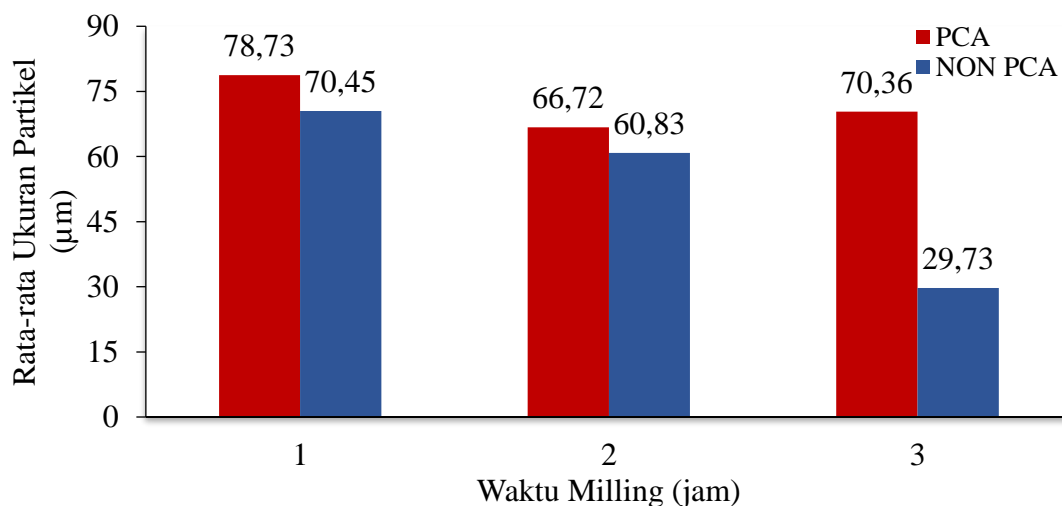
3.6.4.1 Pembuatan Katalis Cu₂O-ZnO/C

Pembuatan katalis Cu₂O-ZnO/C (40%) dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk katalis Cu₂O, Zn dan karbon dengan rasio 1:1. Pencampuran antara katalis dan karbon dibuat menggunakan metode *milling* dengan bantuan alat HEM *shaker* (*High Energy Milling*). Metode *milling* dilakukan dengan menghancurkan serbuk katalis melalui mekanisme tumbukan antara sampel dengan *ball mill* yang berfungsi untuk memperkecil ukuran partikel sehingga serbuk katalis dapat tercampur secara homogen (Sari dkk., 2014). Dalam proses *milling* dilakukan variasi penambahan PCA dan tanpa menggunakan PCA. PCA (*Process Control Agent*) sendiri berfungsi untuk yang bertujuan untuk mengurangi terjadinya oksidasi pada katalis Cu₂O. Selain itu, penambahan PCA juga berfungsi untuk mencegah agar serbuk katalis tidak menempel pada dinding jar *milling* (Machio *et al.*, 2011). Proses *milling* dilakukan pada variasi waktu *milling* 1 jam, 2 jam dan 3 jam untuk membentuk katalis Cu₂O-ZnO/C.

3.6.4.2 Karakterisasi Katalis Cu₂O-ZnO/C

A. Analisis Particle Size Analyzer (PSA)

Analisis PSA dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel katalis Cu₂O-ZnO/C. Pengukuran ukuran partikel katalis yang dimilling pada waktu *milling* bervariasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu *milling* terhadap ukuran partikel katalis. Pengukuran ukuran partikel dengan PSA dilakukan dengan metode *Laser Light Scattering* (LLS) dimana bubuk didispersikan dalam air deionisasi dengan dispersan (NaPO₃)₆ menggunakan probe ultrasonik. Hasil pengukuran PSA dapat dilihat pada gambar 2.

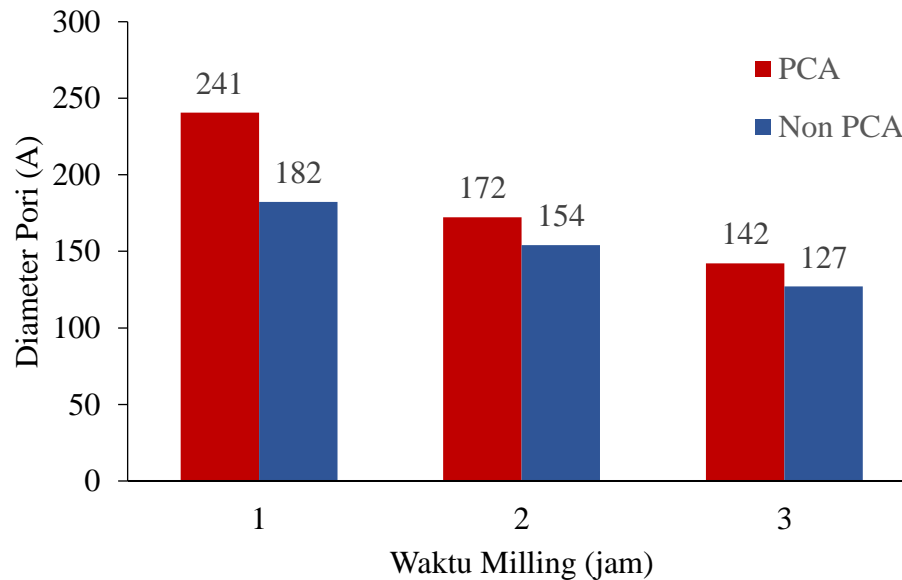


Gambar 2. Pengaruh waktu *milling* terhadap ukuran partikel

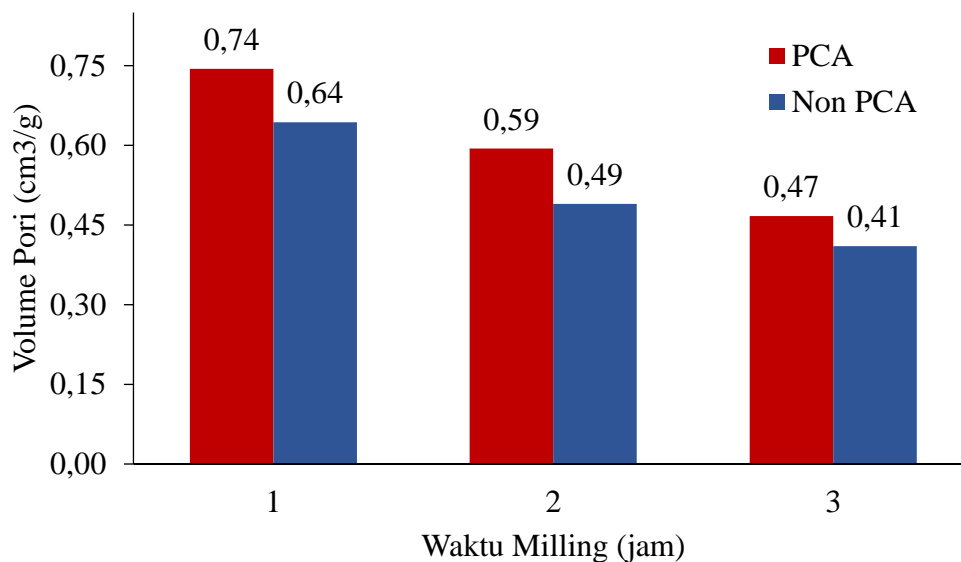
Gambar 2 menunjukkan hasil uji analisis menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) dapat diketahui bahwa semakin lama waktu *milling* maka semakin kecil pula ukuran partikel dari katalis Cu₂O-ZnO/C. Sementara itu, katalis yang dimilling menggunakan PCA ukuran partikelnya tampak lebih besar daripada katalis yang dimilling tanpa PCA. Hal ini dimungkinkan karena jumlah PCA yang terlalu banyak sehingga mengurangi kemungkinan tumbukan antara bola dan bubuk yang menyebabkan distribusi ukuran partikel yang tidak homogen (Rahmanifard, *et.al.*, 2019).

B. Analisis Brunauer Emmett Teller (BET)

Analisis *Brunauer Emmett Teller* (BET) berfungsi untuk menentukan diameter dan volume pori, serta luas permukaan spesifik katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$. Hasil analisis BET dari sampel katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ pada waktu milling bervariasi serta penggunaan PCA dan tanpa PCA disajikan pada gambar 3 dan 4.



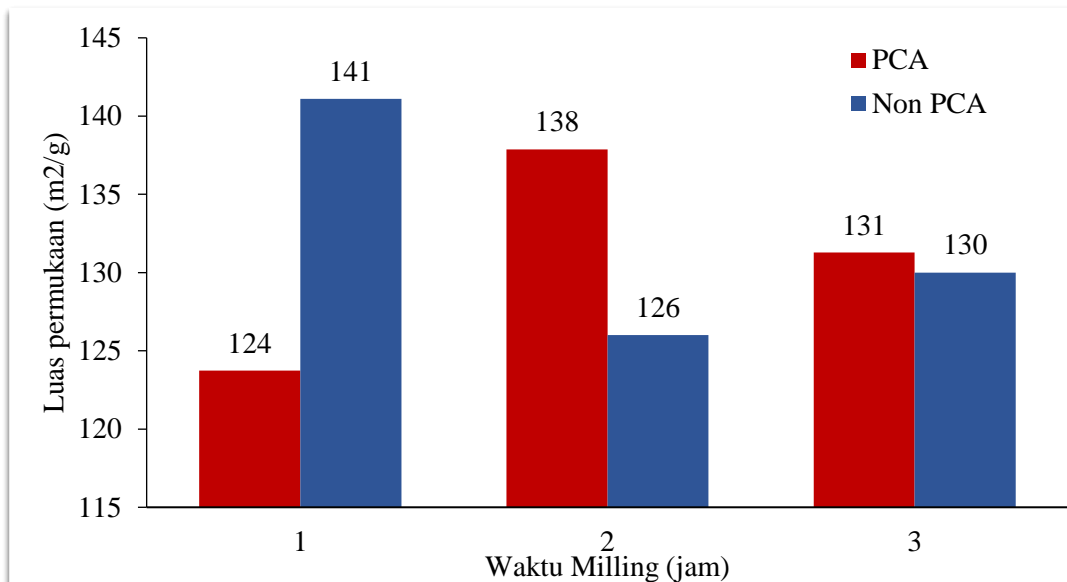
Gambar 3. Pengaruh waktu *milling* terhadap diameter pori



Gambar 4. Pengaruh waktu *milling* terhadap volume pori

Berdasarkan gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa diameter dan volume pori memiliki korelasi dimana waktu milling mempengaruhi keduanya. Semakin kecil ukuran diameter pori maka akan memperbesar bidang sentuh. Dengan demikian besarnya bidang sentuh dapat memberikan peluang yang besar untuk interaksi gas CO_2 dengan katalis dalam pembentukan metanol. Akan tetapi, luas permukaan katalis yang diukur menggunakan analisis BET tidak menunjukkan korelasi yang linier. Hal ini terjadi disebabkan adanya indikasi pembentukan aglomerat katalis sehingga memperkecil luas permukaan katalis. Data pengukuran luas

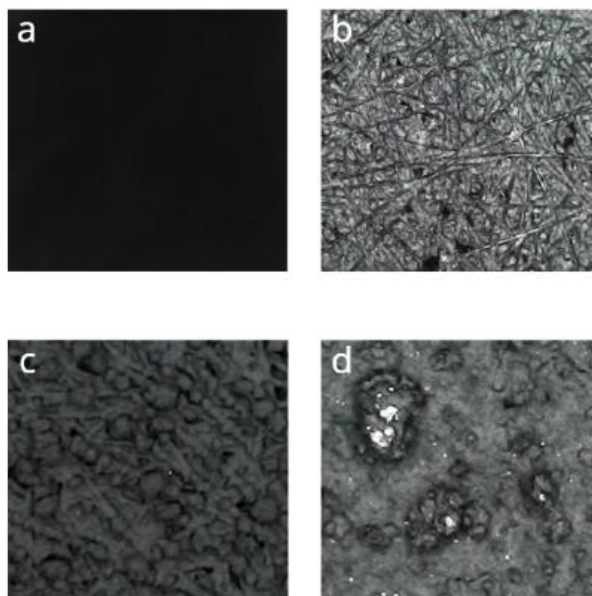
permukaan katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh waktu milling dengan luas permukaan

3.6.4.3 Pembuatan Elektroda dan *Membrane Electrode Assembly* (MEA)

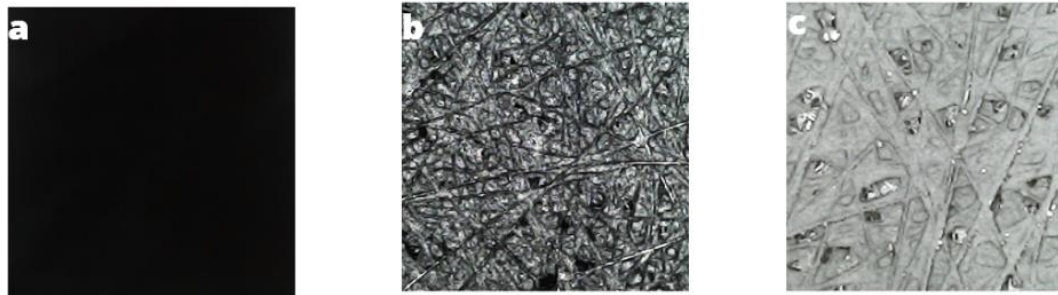
Preparasi MEA melewati tiga tahapan yaitu pembuatan elektroda, pengaktifan membran dan penekanan panas. Elektroda yang digunakan terdiri dari katoda dan anoda yang akan ditempelkan pada kedua sisi membran. Penelitian ini menggunakan membran Nafion-117 yang selektif terhadap proton (H^+) dan elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ sebagai katoda serta elektroda Pt/C sebagai anoda. Masing-masing elektroda dibuat dengan pemuatan katalis terbaik dari penelitian sebelumnya yaitu 1 mg/cm^2 . Tinta katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ disemprotkan pada GDL dengan tampilan yang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Lapisan permukaan elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ (a) elektroda dengan kamera biasa (b) backing layer (c) GDL (d) elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$

Disisi lain media penyemprotan tinta katalis Pt/C berbeda dengan katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$. Tinta katalis Pt/C langsung disemprotkan ke permukaan kertas karbon sebab semakin lama air

dapat mengikis lapisan MPL sehingga dapat memicu erosi pada lapisan karbon. Morfologi lapisan elektroda Pt/C dapat dilihat pada gambar 7.

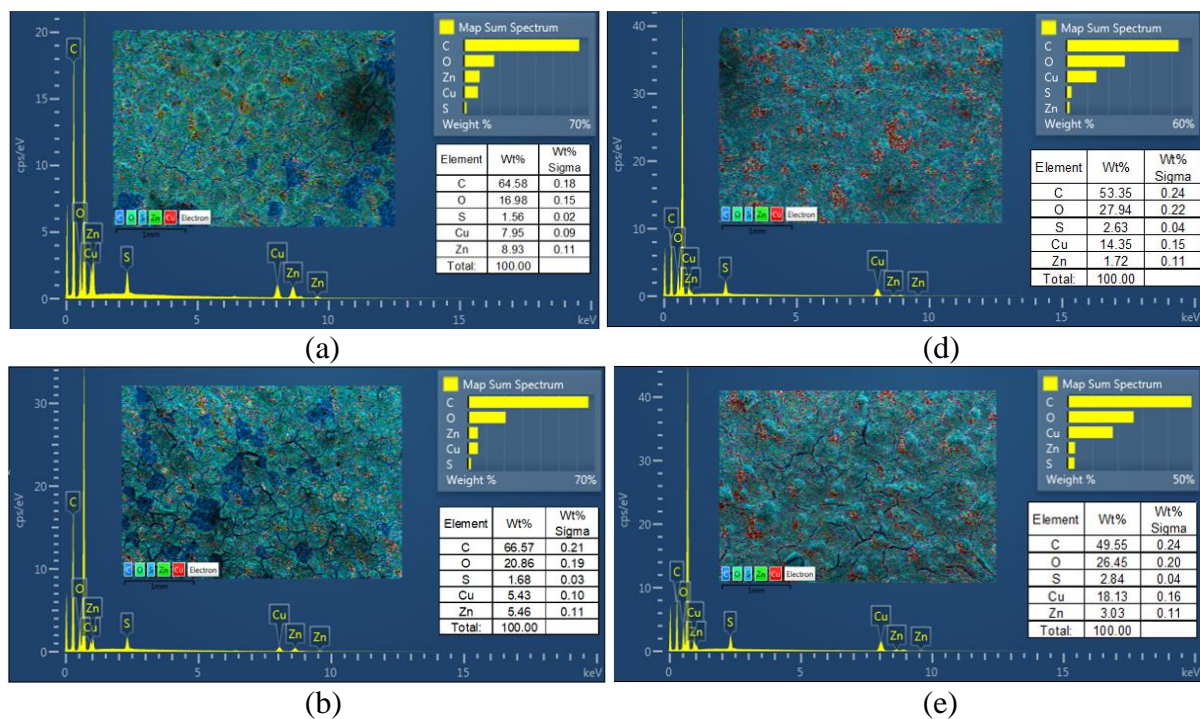


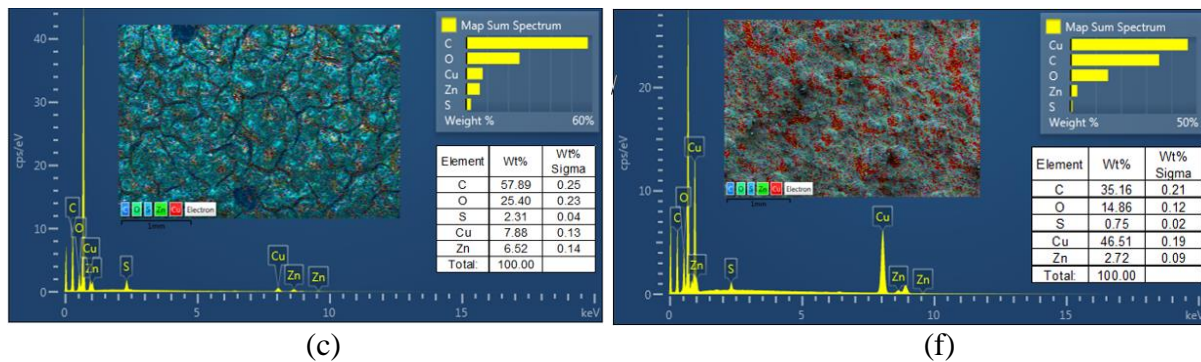
Gambar 7. Permukaan lapisan elektroda Pt/C (a) elektroda dengan kamera biasa (b) kertas karbon dengan *digital microscope* (c) elektroda Pt/C dengan *digital microscope*

3.6.4.4 Karakterisasi Elektroda Cu₂O-ZnO/C

A. Analisis Scanning Electron Microscopy X-Ray Diffraction (SEM-EDX)

Pengamatan mikrostruktur serbuk katalis Cu₂O-ZnO/C menggunakan alat SEM-EDX dilakukan dengan ditembakannya *Secondary Electron* untuk mengamati permukaan sampel dan mengetahui persentase unsur-unsur yang terkandung pada serbuk katalis Cu₂O-ZnO/C (Nainggolan, 2018). Hasil pengujian SEM-EDX dengan variasi waktu milling dan penambahan PCA ditunjukkan pada Gambar 8.



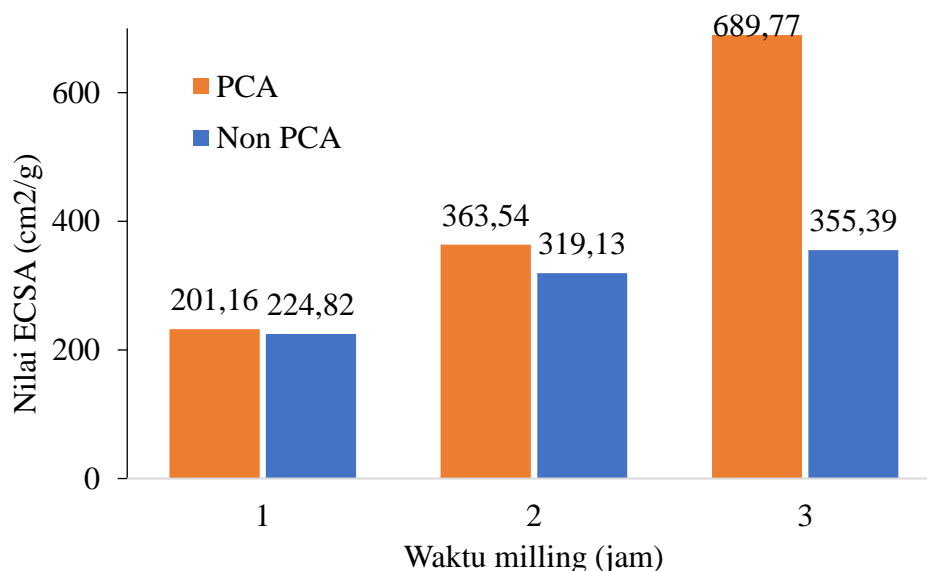


Gambar 8. Morfologi Elektroda Hasil Analisis SEM-EDX Cu₂O-ZnO/C (a) 1 jam non PCA, (b) 2 jam non PCA, (c) 3 jam non PCA, (d) 1 jam PCA, (e) 2 jam PCA, (f) 3 jam PCA.

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa elektroda dengan variasi waktu *milling* 3 jam dengan penambahan PCA menunjukkan penyebaran Cu yang besar pada permukaan elektroda dan memiliki kadar unsur Cu paling banyak yaitu sebesar 18,13 wt%. Hal tersebut menandakan bahwa dengan penambahan PCA akan mempertahankan logam Cu sehingga tidak mudah untuk teroksidasi.

B. Analisis Cyclic Voltammetry (CV)

Analisis menggunakan CV berfungsi untuk mendapatkan nilai *electrochemical surface area* (ECSA) yang menunjukkan ukuran dari jumlah situs elektrokimia aktif per gram katalis, dan untuk menentukan reaktivitas elektroda dengan mengamati reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) sampel. Voltammogram terdiri dari 2 puncak, yaitu puncak oksidasi pada daerah arus positif dan puncak reduksi di daerah arus negatif (Rahmah *et al.*, 2021) Hasil pengukuran ditampilkan pada Gambar 9.



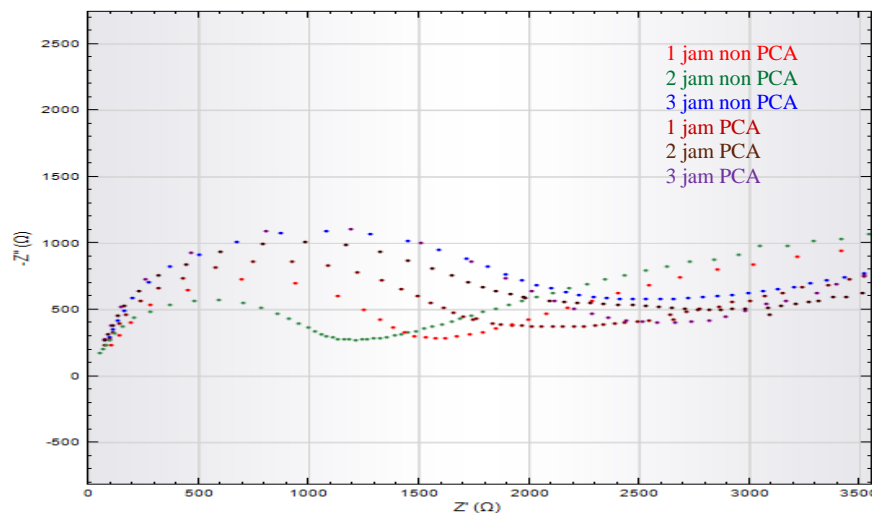
Gambar 9. Nilai ESCA Cu₂O-ZnO/C dengan waktu *milling* bervariasi

Berdasarkan Gambar 9, elektroda dengan waktu *milling* 3 jam PCA menunjukkan nilai ECSA yang paling tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya yaitu sebesar 689,77 cm²/g. Peningkatan nilai ECSA terjadi seiring dengan penambahan waktu *milling* dan penambahan PCA. Semakin lama waktu *milling* maka ukuran katalis akan semakin kecil sehingga penyebaran katalis pada permukaan elektroda lebih merata. Ukuran katalis yang besar akan

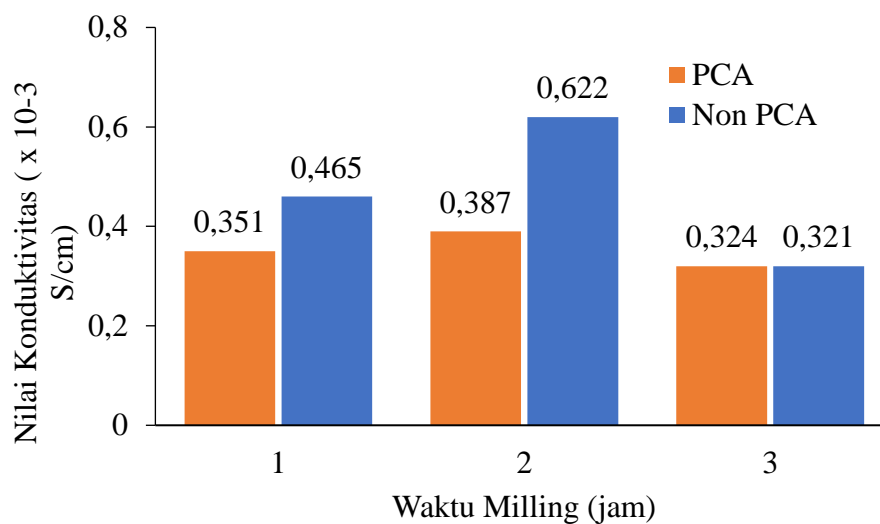
menjadi faktor terbentuknya aglomerasi yang akan mengurangi situs aktif katalis ditandai dengan nilai ECSA yang kecil.

C. Analisis Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)

Pengukuran menggunakan metode EIS menghasilkan nilai konduktivitas elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ yang menunjukkan kemampuan suatu elektroda untuk menghantarkan listrik. Berdasarkan hasil pengukuran EIS elektroda didapatkan kurva *Nyquist* yang berupa diagram setengah lingkaran dengan data berupa nilai impedansi real (Z') dan impedansi imajiner (Z'') (Ajiriyanto *et al.*, 2018). Kurva *Nyquist* dari elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Kurva *Nyquist* setiap Elektroda



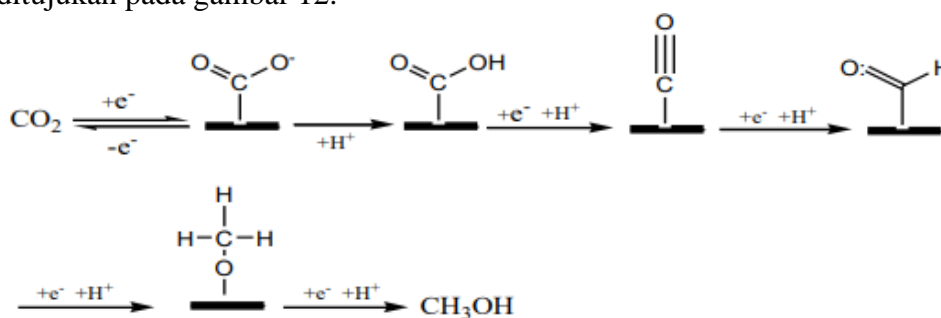
Gambar 11. Nilai Konduktivitas $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dengan waktu *milling* bervariasi

Berdasarkan karakterisasi EIS didapatkan nilai konduktivitas terbaik pada elektroda $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ dengan waktu *milling* 2 jam tanpa penambahan PCA sebesar 0,62 S/cm. Nilai konduktivitas yang besar menandakan kemampuan dari elektroda dalam menghantarkan listrik lebih baik. Nilai konduktivitas dipengaruhi oleh nilai impedansi dimana semakin besar nilai impedansi maka nilai konduktivitas semakin tinggi. Nilai impedansi dipengaruhi oleh ukuran partikel dimana ukuran partikel yang lebih kecil maka akan menghasilkan nilai impedansi yang kecil juga (Zhang *et al.*, 2008). Akan tetapi, konduktivitas yang terlalu tinggi akan berpengaruh

pada tingkat korositas yang tinggi pula sehingga akan menyebabkan MEA memiliki ketahanan korosi yang rendah.

3.6.4.5 Hasil Pengujian Konversi CO₂ menjadi Metanol Secara Reduksi Elektrokimia

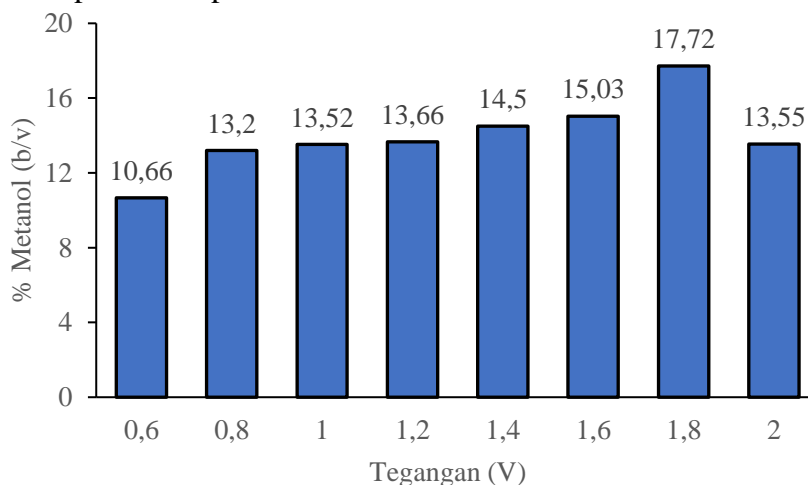
Pembentukan metanol dari konversi CO₂ secara reduksi elektrokimia didasarkan pada sel elektrolisis dimana menggunakan MEA seperti pada PEMFC. Sel elektrolisis yang digunakan sebagai pusat reaksi memiliki dua bagian berupa anoda sebagai tempat oksidasi yang diisi dengan air kemudian menghasilkan H⁺ dan gas O₂. Secara bersamaan pada sisi katoda gas CO₂ teradsorpsi pada katalis Cu₂O-ZnO/C. Proses yang terjadi pada *elektrolyzer* yaitu proton (H⁺) yang dihasilkan pada sisi anoda akan menembus membran menuju sisi katoda, sementara elektron melewati *current collector* kemudian proton bereaksi dengan CO₂ dan reaksi diarahkan kepada pembentukan produk oleh katalis Cu₂O-ZnO/C. Reaksi total ditunjukkan pada tabel 2. Reaksi yang terjadi pada permukaan logam untuk pembentukan CO₂ menjadi metanol ditunjukkan pada gambar 12.



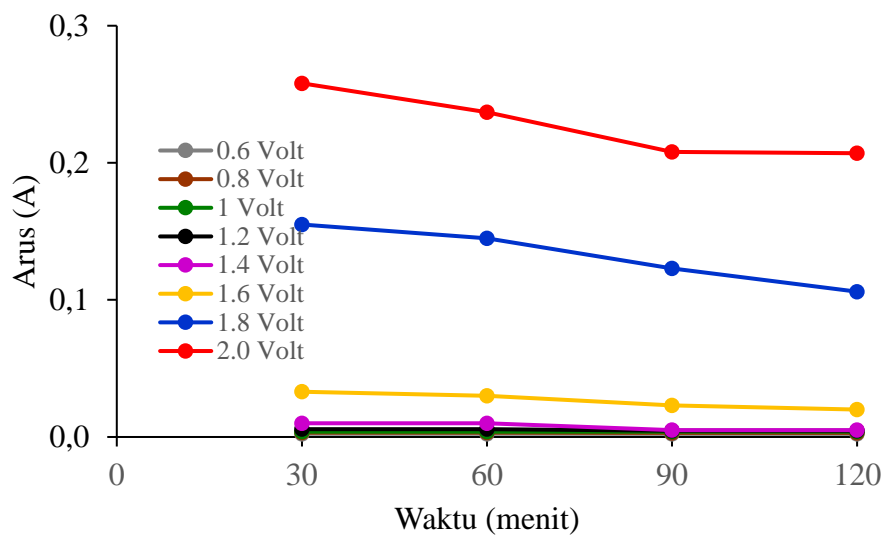
Gambar 12. Reaksi reduksi CO₂ menjadi metanol menggunakan katalis Cu₂O- ZnO/C

A. Penentuan Tegangan Optimum Singlestack

Proses konversi CO₂ menjadi metanol secara reduksi elektrokimia mengalami reaksi yang tidak spontan sehingga dibutuhkan suplai listrik dari luar sehingga tegangan yang diberikan akan mempengaruhi terbentuknya produk. Rahmah (2020) melakukan penentuan tegangan optimum melalui *stripping* metanol pada luasan MEA 7 x 7 cm² dan diperoleh tegangan optimum pada 1,6 volt. Untuk luas permukaan MEA yang lebih besar dilakukan pengujian ulang tegangan untuk memverifikasi kondisi optimum pembentukan metanol. Variasi tegangan ditentukan pada range 0,6 volt – 2,0 volt dengan laju alir 60 mL/menit dengan waktu operasi 2 jam. Produk yang dihasilkan dianalisis menggunakan *metanol analyzer* AM5. Hasil pengujian tegangan optimum dapat dilihat pada Gambar 13.



(a)



(b)

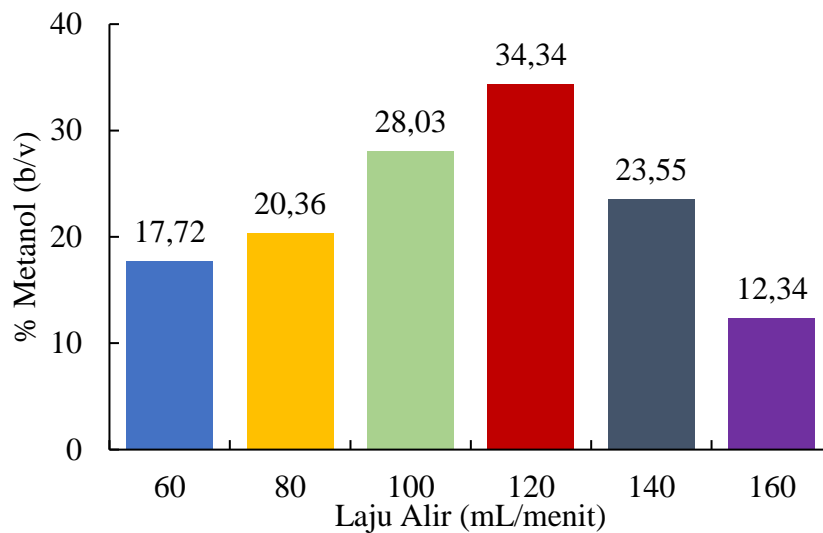
Gambar 13. (a) Hasil pengujian variasi tegangan terhadap konversi CO₂ menjadi methanol
(b) Respon arus terhadap waktu pada tiap variasi tegangan

Gambar 13(a) menunjukkan tegangan optimum untuk mengkonversi CO₂ menjadi metanol yaitu 1,8 V dengan persen metanol sebesar 17,72 % b/v. Energi listrik yang disuplai ke sistem dikonsumsi oleh dua reaksi yaitu *hydrogen evolution reaction* (HER) dan reaksi reduksi CO₂ menjadi metanol. Proses elektoreduksi CO₂ menjadi metanol berkaitan dengan HER. HER bersaing dengan reaksi pembentukan metanol pada potensial yang lebih tinggi sehingga perlu elektroda dengan selektivitas tertentu untuk menekan HER. Artinya untuk tiap elektroda akan berbeda tegangan optimum yang diperoleh tergantung dengan kemampuan elektroda tersebut dalam menekan nilai HER (Albo et al., 2015).

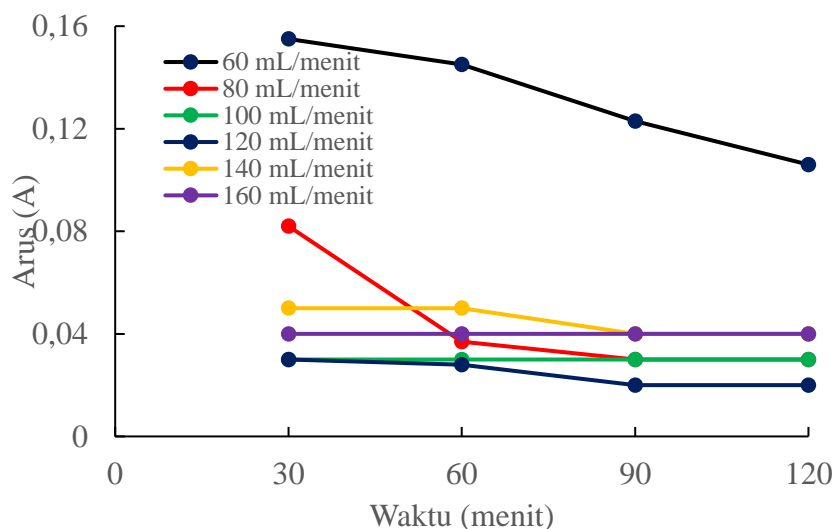
Gambar 13(b) memperlihatkan respon arus pada tiap tegangan dalam waktu operasi selama 2 jam. Selama waktu operasi arus yang dihasilkan cenderung menurun karena sumber proton semakin sedikit yang ditandai dengan berkurangnya air pada *stack*. Arus merupakan fungsi dari tegangan, untuk tegangan yang rendah reduksi CO₂ hanya membutuhkan 2 elektron dan produk yang dihasilkan berupa asam format dan CO (Kuhl, 2012). Pembentukan metanol membutuhkan 6 elektron dan arus yang diperoleh berkisar 0,106 A – 0,155 A. Reaksi pada tegangan yang lebih tinggi cenderung mengarah pada pembentukan metana yang membutuhkan 8 elektron dan arus yang lebih tinggi (Endrodi et al., 2017).

B. Penentuan Laju Alir Optimum Singlestack

Tegangan optimum yang diperoleh digunakan untuk penentuan laju alir optimum. Secara teori, dengan suplai gas CO₂ yang semakin bertambah maka konsentrasi produk yang dihasilkan akan semakin meningkat. Penelitian ini lakukan variasi laju alir gas CO₂ dari 60, 80, 100, 120, 140 dan 160 mL/menit dengan waktu operasi 2 jam. Penggunaan *metanol analyzer* untuk pengukuran secara kuantitatif. Persentase metanol yang terbentuk (b/v) terhitung dengan reaksi secara oksidasi enzimatik. Hasil pengujian tegangan optimum diperlihatkan pada gambar 14.



(a)



(b)

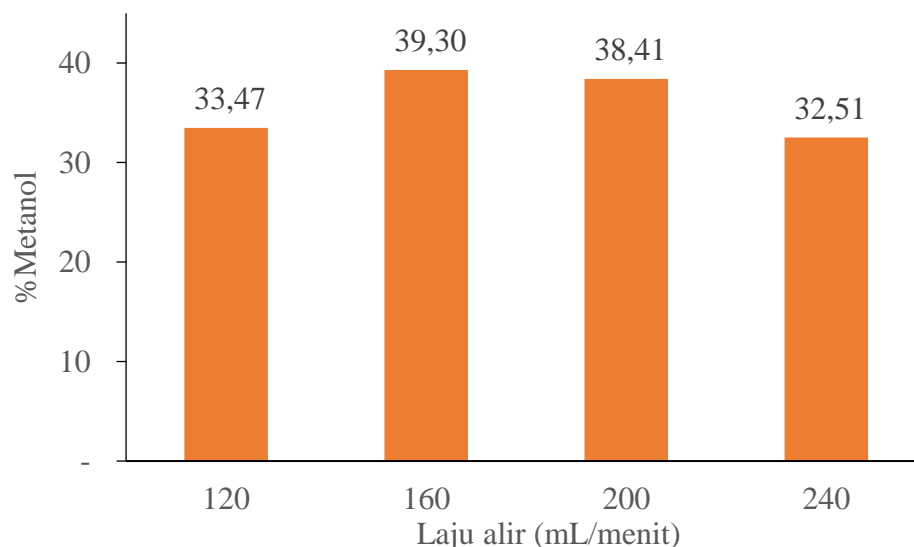
Gambar 14.(a) Hasil pengujian variasi laju alir gas CO₂ terhadap konversi CO₂ menjadi metanol (b) Respon arus terhadap waktu pada tiap variasi laju alir gas CO₂

Difusi gas CO₂ mempengaruhi pembentukan produk pada reaksi. Laju alir mempengaruhi difusi gas CO₂ menuju sisi aktif katalis pada elektroda. Titik keseimbangan optimal berada pada laju alir yang mampu menyediakan suplai CO₂ yang cukup untuk menjalankan reaksi dengan baik (Albo et al., 2016). Hasil pengujian ditampilkan pada gambar 14(a) yang menunjukkan peningkatan produksi metanol pada laju alir dari 60 – 120 mL/menit. Gas CO₂ pada laju alir 60 mL/menit mampu menghasilkan metanol sebesar 17,72 % b/v. Hasil produksi metanol maksimum berada pada laju alir 120 mL/menit dengan metanol yang terbentuk sebesar 34,34 % b/v. Setelah mencapai laju alir 120 mL/menit tidak ada peningkatan kinerja pada sel karena meningkatnya suplai CO₂ sudah tidak mempengaruhi transport CO₂ menuju sisi aktif elektroda. Transport CO₂ menuju sisi aktif elektroda dibatasi oleh laju difusi gas CO₂ pada sisi katoda. Hal ini dapat diatasi dengan membuat lapisan difusi gas yang tipis dan memiliki porositas yang lebih tinggi. Namun demikian porositas yang lebih tinggi menimbulkan efek buruk salah satunya meningkatkan kontak resistensi pada permukaan (Lu et al., 2016). Selain itu

pengoperasian dalam waktu 120 menit menunjukkan adanya penurunan arus seperti ditampilkan pada gambar 14(b). Penurunan arus secara berkala diakibatkan oleh pelepasan partikel katalis pada elektroda (Albo et al., 2015). Arah aliran fluks CO_2 tegak lurus dengan arah difusi CO_2 menuju MEA sehingga laju alir yang terlampau tinggi mengganggu jalannya difusi jalannya difusi CO_2 .

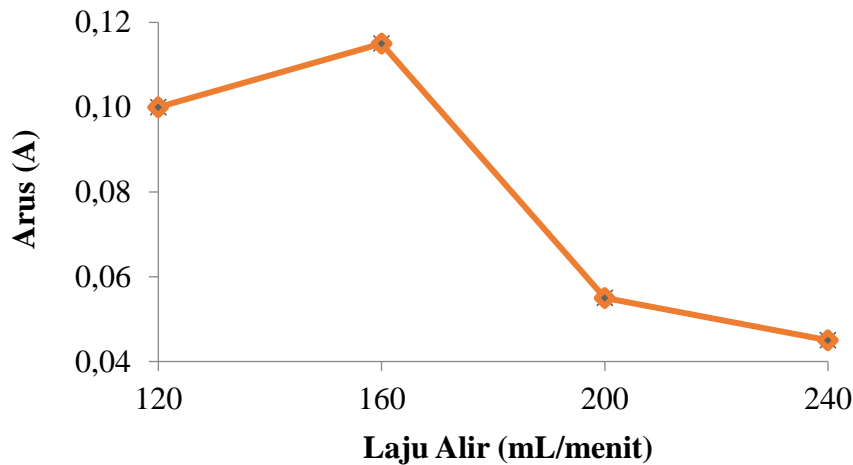
C. Penentuan Laju Alir Optimum Doublestack

Laju alir CO_2 merupakan kecepatan aliran gas CO_2 yang akan ditangkap oleh larutan elektrolit untuk selanjutnya dilakukan elektrolisis (Afiati, 2016). Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengukuran laju alir optimum pada singlestack untuk konversi CO_2 menjadi metanol, namun pada penelitian elektrolizer jenis doublestack ini perlu dilakukan pengukuran ulang laju alir optimum dikarenakan singlestack dan doublestack memiliki perbedaan banyaknya MEA yang terkandung dalam stack sehingga dapat mempengaruhi besarnya laju alir yang dikeluarkan. Hasil penelitian penelitian laju alir optimum dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik pengaruh laju alir terhadap produksi metanol

Gambar 15 menunjukkan grafik data hasil pengukuran berdasarkan pengaruh laju alir terhadap produksi metanol. Persentase metanol pada laju alir 120 mL/menit, 160 mL/menit, 200 mL/menit dan 240 mL/menit berturut-turut sebesar 33,47%, 39,30%, 38,41% dan 31,51%. Dapat disimpulkan laju alir optimum pada doublestack berada pada laju alir 160 mL/menit dengan persentase metanol 39,30%. Secara teori, apabila semakin banyak kuantitas CO_2 yang dialirkan maka akan semakin banyak CO_2 yang akan dikonversi, sehingga gelembung CO_2 yang dihasilkan dalam reaktor elektrolisis akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya laju alir CO_2 yang digunakan. Namun, terjadi penurunan persentase produksi metanol dikarenakan telah mencapai kesetimbangan sehingga jumlah tumbukan antar molekul sudah berkurang seiring dengan penurunan kinerja MEA didalam stack.

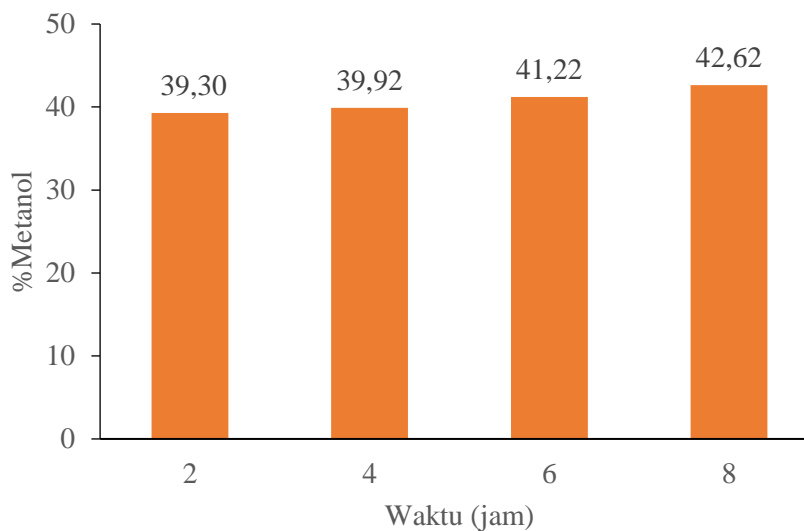


Gambar 16. Grafik yang menunjukkan pengaruh laju alir terhadap arus

Dari data pengukuran yang ditampilkan pada gambar 16 menunjukkan pengaruh besarnya laju alir terhadap arus dimana semakin besar laju alir yang digunakan maka arus pun semakin menurun dikarenakan kinerja MEA juga semakin menurun. Namun, pada laju alir 160 mL/menit terjadi kenaikan arus yang menandakan laju alir optimum. Laju alir yang tinggi akan meningkatkan laju konversi CO₂ (Endrodi, et. al., 2019). Akan tetapi, laju alir yang terlalu tinggi akan menjadi pemicu terjadinya erosi atau pelepasan lapisan karbon atau katalis sehingga dapat menurunkan kinerja MEA.

D. Pengaruh Waktu Terhadap Konversi CO₂ Menjadi Metanol Pada Doublestack

Variasi waktu konversi CO₂ menjadi metanol dilakukan untuk melihat pengaruh jumlah suplai gas CO₂ terhadap persentase produk yang dihasilkan. Data hasil pengukuran dengan variasi waktu disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 17.



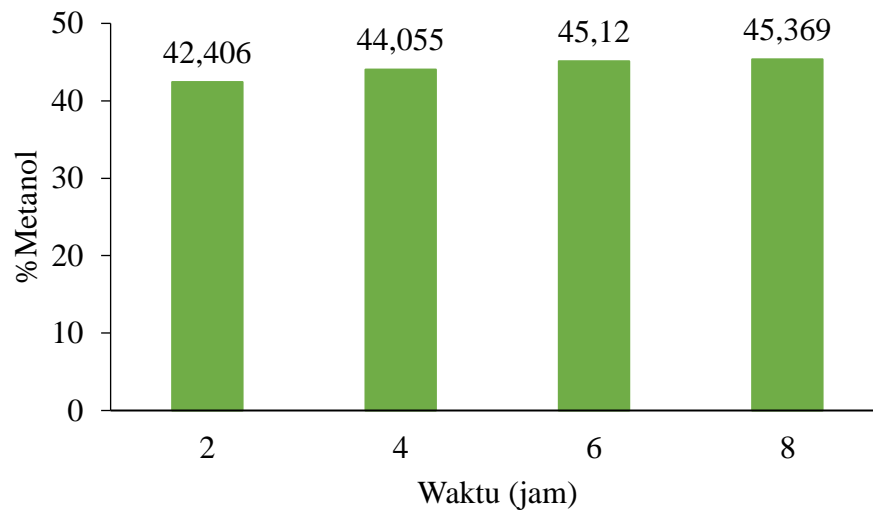
Gambar 17. Grafik pengaruh waktu terhadap persentase produk metanol

Berdasarkan gambar 17 dapat dilihat bahwa produksi metanol dari reaksi reduksi elektrokimia CO₂ mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu konversi seperti pada pengujian ini dimana waktu 8 jam memperoleh persentase metanol sebesar 42,62%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan konversi CO₂ mempengaruhi aktivitas katalitik sebab semakin

banyak CO₂ yang terkonversi dan bereaksi maka akan meningkatkan pembentukan menjadi metanol juga semakin tinggi (Liu et al., 2014).

E. Pengaruh Waktu Terhadap Konversi CO₂ Menjadi Metanol Pada Multistack

Penggunaan elektroliser multistack digunakan dengan memasang 4 sel MEA yang dialirkan gas CO₂ sebesar 320 mL/menit sehingga CO₂ yang masuk pada masing-masing katodanya sebesar 160 mL/menit dengan suplai tegangan 1,8 V dan air sebagai sumber proton (H⁺) pada diletakkan pada sisi anoda. Pada penambahan waktu konversi CO₂ menjadi metanol terjadi peningkatan persentase produk metanol dengan semakin lama waktu konversi seperti yang dapat dilihat pada Gambar 18.

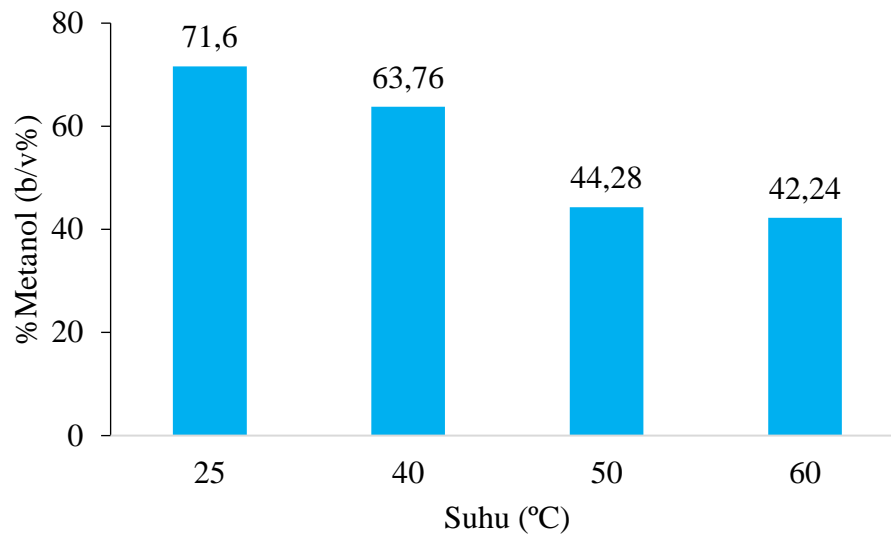


Gambar 18. Grafik pengaruh waktu terhadap persentase produk methanol pada multistack

Meskipun terjadi kenaikan persentase metanol, namun penambahan yang terjadi tidak begitu signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa proses konversi CO₂ menjadi metanol mengalami penurunan dengan bertambahnya waktu. Penurunan konversi CO₂ ini dapat terjadi akibat sisi aktif katalis yang mulai berkurang akibat suplai CO₂ yang berlangsung terus-menerus sehingga kemampuan katalis semakin berkurang akibat adanya erosi pada karbon serta transport CO₂ menuju sisi aktif elektroda dibatasi oleh laju difusi gas CO₂ pada sisi katoda. Hal ini dapat diatasi dengan membuat lapisan difusi gas yang tipis dan memiliki porositas yang lebih tinggi. Namun demikian porositas yang lebih tinggi menimbulkan efek buruk salah satunya meningkatkan kontak resistensi pada permukaan (Lu *et al.*, 2016). Data hasil pengukuran produk metanol dapat dilihat pada gambar 18.

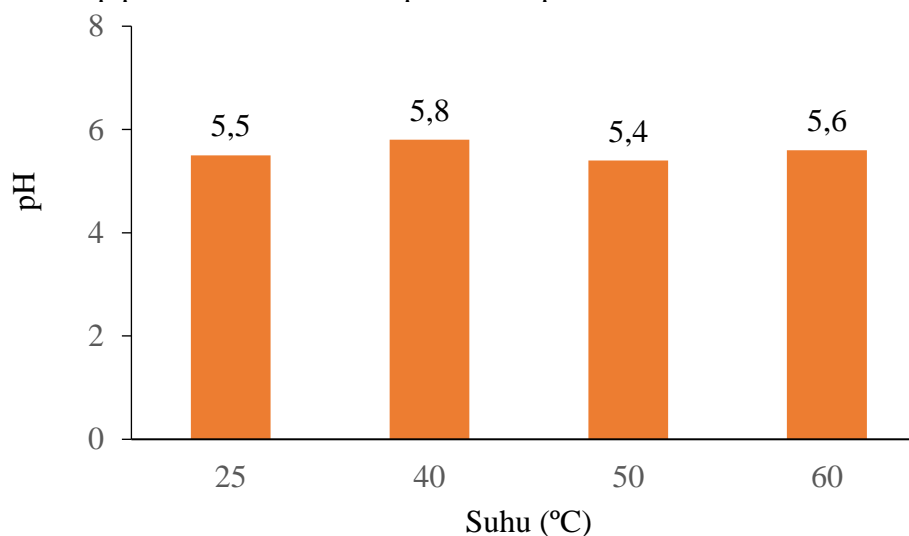
F. Konversi CO₂ Menjadi Metanol Menggunakan Elektrolit KHCO₃ Singlestack

Penggunaan KHCO₃ sebagai elektrolit di sisi katoda berfungsi sebagai media yang menangkap CO₂ yang disuplai sehingga diharapkan interaksi CO₂ dengan H⁺ (proton) berjalan dan proses reduksi elektrokimia CO₂ menjadi lebih optimal. Penggunaan elektrolit dilakukan variasi suhu operasi yakni suhu ruang, 40, 50 dan 60 °C. Pengaruh suhu terhadap persentase metanol dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pengaruh Suhu terhadap Persentase Metanol Menggunakan Larutan Elektrolit KHCO_3

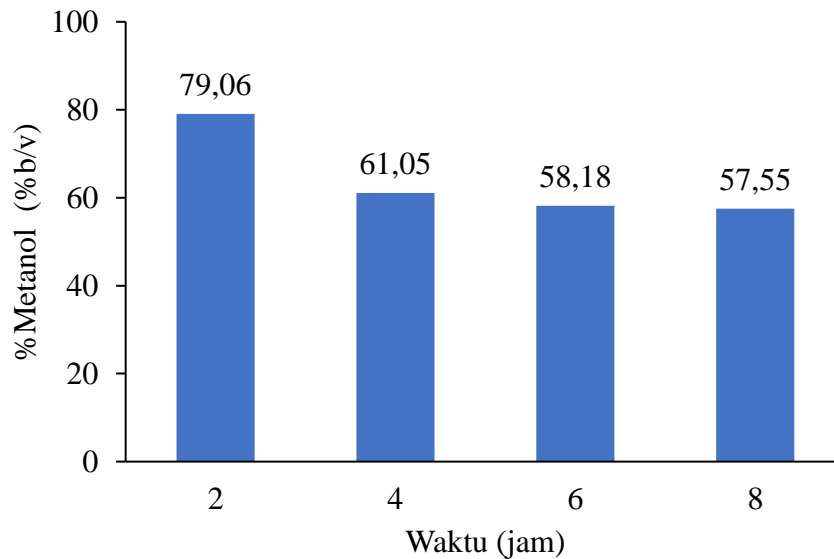
Gambar 19 menunjukkan bahwa persentase metanol tertinggi setelah dilakukan destilasi pada suhu $80\text{ }^\circ\text{C}$ berada pada konversi CO_2 dengan suhu ruang sebesar 71,6%. Persentase metanol menurun dengan adanya peningkatan suhu operasi. Hal ini diindikasikan terjadi akibat kelarutan CO_2 yang semakin menurun (Saidah, dkk., 2016). Selain faktor suhu, tingkat keasaman (pH) KHCO_3 juga dapat mempengaruhi konversi CO_2 menjadi metanol. Penggunaan larutan KHCO_3 selain sebagai media yang membantu transfer CO_2 pada reaksi, KHCO_3 juga berfungsi untuk memberikan pasokan anion yang dapat mengurangi perubahan pH yang terjadi selama reaksi reduksi elektrokimia berjalan (Konig, *et.al.*, 2019). Data pengaruh pH terhadap persentase metanol dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Pengaruh suhu terhadap pH metanol pada singlestack

G. Konversi CO_2 Menjadi Metanol Menggunakan Elektrolit KHCO_3 Doublestack

Konversi CO_2 menjadi metanol menggunakan KHCO_3 juga dilakukan pada doublestack. Berdasarkan konversi yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan persentase metanol dibandingkan dengan singlestack. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 211. Pengaruh waktu terhadap persentase metanol pada doublestack

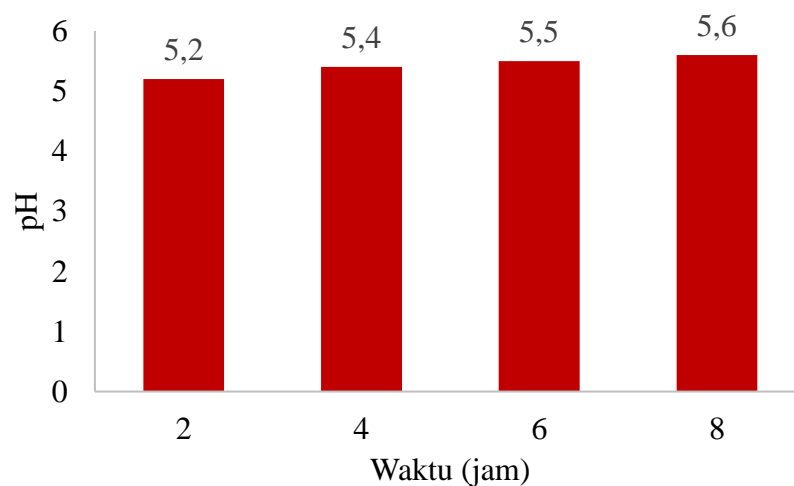
Berdasarkan pengukuran persentase metanol menggunakan elektrolit KHCO_3 diketahui bahwa persentase tertinggi setelah dilakukan destilasi selama 2 jam berada pada konversi CO_2 dengan suhu ruang sebesar 79,06%. Larutan KHCO_3 akan mengalami hidrolisis menurut reaksi:



H_2CO_3 selanjutnya akan teroksidasi menjadi H_2O dan CO_2 dan mengalami kesetimbangan reaksi:



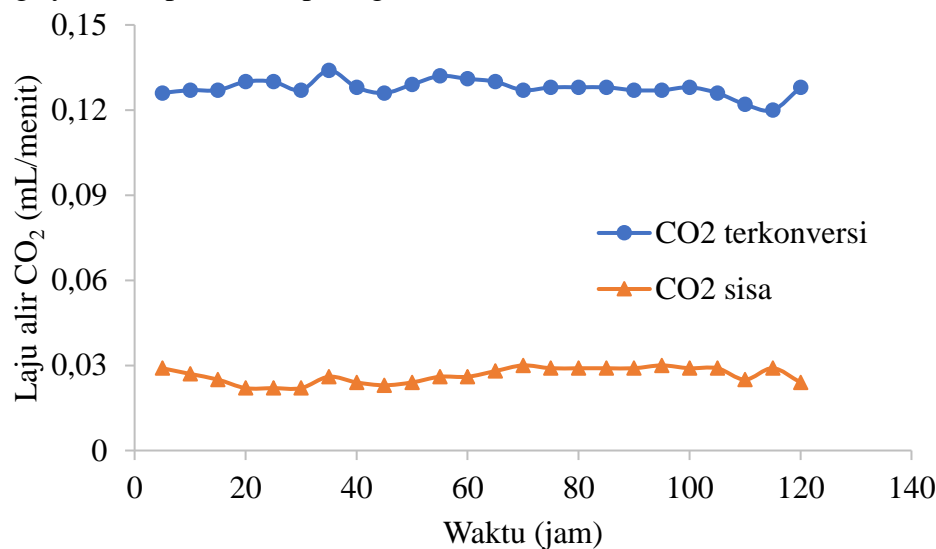
Persentase metanol menurun dengan adanya peningkatan waktu operasi. Penurunan persentase metanol terjadi akibat kelarutan CO_2 juga menurun. Semakin lama proses konversi, pH larutan semakin meningkat karena terbentuknya KOH dan larutan elektrolit yang sifatnya semakin basa akan mengurangi kelarutan CO_2 sehingga konversi akan terhambat (Konig, *et.al.*, 2019) seperti yang dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 222. Pengaruh waktu terhadap pH metanol pada doublestack

H. Looping System

Penerapan *looping system* dilakukan untuk memanfaatkan CO₂ sisa yang tidak terkonversi menjadi metanol. CO₂ sisa ini akan diumpungkan kembali pada inlet CO₂ sehingga dapat digunakan pada reaksi reduksi elektrokimia menjadi metanol. Dengan demikian, dapat mengurangi penggunaan gas CO₂ yang berlebihan. Besarnya laju alir yang digunakan kembali melalui *looping system* dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 23. Laju alir CO₂ sisa hasil proses *looping system*

Disamping itu, untuk memanfaatkan CO₂ yang tidak terkonversi menjadi metanol dilakukan metode *looping system* dimana CO₂ diumpungkan kembali pada inlet sehingga dapat digunakan lagi untuk produksi metanol. Pada suplai laju alir 160 mL/menit, CO₂ sisa yang tidak bereaksi sebesar 30 mL/menit, maka selanjutnya diatur laju alir CO₂ inlet dari tabung sebesar 130 mL/menit dan yang terdeteksi pada alat *mass flow controller* sebelum masuk stack, laju alir CO₂ sebesar 155 mL/menit dan CO₂. Pengujian *looping system* ini menunjukkan bahwa CO₂ sisa yang tidak terkonversi dapat digunakan kembali sebagai bahan baku untuk konversi.

3.7 Luaran yang Diperoleh (Uraian singkat dan bukti pendukung)

No	Luaran	Target	Capaian	Persentase Capaian Terhadap Target
1	<p>Elektroliser Multistack: Pembuatan elektroliser multistack dilakukan dengan mendesain rancangan elektroliser terlebih dahulu. <i>Inlet</i> CO₂ berjumlah 2 buah dan inlet air berjumlah 3 buah. Begitu pun pada jumlah <i>outlet</i> sama. 1 ruang gas CO₂ melayani 2 sisi katoda. Selain itu, bipolar plate dibuat dengan bentuk serpentin melintang agar gas O₂ yang diperoleh dapat dikeluarkan dengan mudah sehingga dapat membantu proses pembentukan metanol menjadi lebih optimal.</p>	1	1	100%
2	<p>Produk Metanol: Produk metanol diperoleh dari proses konversi melalui reduksi elektrokimia dengan mengalirkan 160 mL/menit gas CO₂ di sisi katoda pada elektroliser multistack dan air pada sisi anoda. Arus listrik dialirkan pada tegangan 1,8 V. Gas CO₂ akan mengalami reduksi sedangkan air akan mengalami oksidasi menghasilkan proton (H⁺). Metanol yang tertampung kemudian diukur menggunakan alat <i>Methanol Analyser AM5 Analox</i>.</p>	30-50%	45,37%	
3	<p>Draft Paten: Paten yang diajukan berupa metode pengkonversi metanol dari Gas CO₂ menggunakan susunan elektroda-membran (MEA). Metode ini belum pernah ada yang menggunakan sehingga diajukan patennya dengan judul “Konversi Karbon Dioksida Menjadi Metanol Melalui Metode Reduksi Elektrokimia Berbasis Susunan Elektroda – Membran”.</p>	1	1	100%
4	<p>Draft Publikasi: Pembuatan paper untuk publikasi disusun berdasarkan data-data yang didapatkan dari karakterisasi dan analisis yang telah dilakukan. Draft publikasi disusun oleh pihak insan dikti dan mitra. Judul publikasi yang akan disubmit yaitu “Effect of milling time and PCA on Electrode Properties of Cu₂O-ZnO/C Catalyst Alloy used on Electrochemical Reduction Method of CO₂”.</p>	1	1	100

3.8 Manfaat:

Manfaat yang diperoleh dari program ini adalah:

3.8.1 Mitra/DUDI (PT. Pertamina)

Manfaat yang diterima oleh pihak mitra berupa prototype elektroliser serta metode yang dapat digunakan dalam mengkonversi CO₂ menjadi metanol sehingga dapat mengurangi emisi CO₂ yang banyak dihasilkan dari proses industri. Kedepannya diharapkan dapat terus dikembangkan dan diaplikasikan serta dimanfaatkan oleh masyarakat luas. Selain itu, manfaat lain yang diterima oleh mitra adalah draft paten sehingga memiliki hak eksklusif terhadap inovasi yang telah dilakukan.

3.8.2 Insan Dikti

Manfaat yang diterima oleh insan dikti yakni dalam bentuk kerjasama dengan mitra (PT. Pertamina) sehingga dapat mengembangkan keilmuan SDM yang dimiliki sehingga dapat direalisasikan pada industri yang juga memiliki tujuan yang sama. Selain itu, dengan adanya kerjasama juga dapat membangun kemandirian dan meningkatkan kualitas insan dikti dalam mewujudkan Tri Darma Perguruan Tinggi yaitu dalam Pendidikan, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.

3.8.3 Mahasiswa

Manfaat yang diterima oleh mahasiswa melalui program ini yakni dapat membantu dalam proses penyusunan tugas akhir sehingga mahasiswa dapat memperluas wawasan dan dapat mempersiapkan diri untuk terjun ke dunia kerja pasca kuliah dengan adanya pengalaman kerjasama dengan mitra.

3.9 Kendala

Kendala utama yang dihadapi pada saat pelaksanaan dan solusi yang dilakukan.

- **Kendala**

Kendala yang dihadapi pada program ini adalah waktu. Waktu yang terlalu singkat mengakibatkan pengadaan barang dalam hal ini alat dan bahan menjadi terlambat.

- **Solusi**

Dalam menghadapi masalah ini, insan dikti meminta dana talangan kepada universitas agar dapat memulai terlebih dahulu tahapan yang dapat dilakukan sembari menunggu pencairan dana. Disamping itu, adanya bantuan dari mitra DUDI dalam kelengkapan barang yang digunakan sehingga dapat memulai apa yang bisa terlebih dahulu dilakukan.

BAB IV REKAPITULASI LAPORAN PENGGUNAAN KEUANGAN

LAPORAN KEUANGAN MATCHING FUND									
Nama Pergruruan tinggi		: Universitas Sriwijaya							
Judul Program		: Valorisasi/Pemanfaatan Emisi Co2 Untuk Produksi Metanol Melalui Metode Elektrolisis Menggunakan Membrane Electrode Assembly (MEA)							
Ketua Pelaksana		: Dr. Dedi Rohendi, M.T							
Mitra		: PT Pertamina (Persero)							
Nilai Bantuan / kontrak		: Rp. 1.201.657.000							
Bulan Laporan		: 15 Desember 2021							
No	Jenis Pekerjaan	Pagu Anggaran	Bobot	Capaian Fisik (%) per 15 Des	Prestasi Pekerjaan	Serapan Anggaran (Rp) Per 15 Des	Sisa Dana MF DIKTI (Rp) Per 15 Des	Metode Pengadaan Barang/Jasa	Data Pendukung Link Google Drive
1	2	3	4=3/X	5	6=4x5	7	8=3-7		
I. Honorarium									
1	Tim Peneliti (ASN) [3 org x 672 jam]	120,960,000	0.101	100	10.07	120,960,000	-		https://drive.google.com/file/d/1SNillyf25CJnMSUAJsbG3PghzdFTcrjQ/view?usp=sharing
2	Anggota Peneliti (Non ASN) (3 org x 1152 jam)	172,800,000	0.144	100	14.38	172,800,000	-		https://drive.google.com/file/d/1PK450bDJGXMw6lDgVVBQb8Rp1vmo3aP/view?usp=sharing
3	Tim Mahasiswa (Pembantu Peneliti) 4 org	66,000,000	0.055	100	5.49	66,000,000	-		https://drive.google.com/file/d/14_i7ZOi75peNKOHQWEnxLhZaWlUu1w54/view?usp=sharing
4	Bantuan Skripsi (4 skripsi)	4,000,000	0.003	100	0.33	4,000,000	-		https://drive.google.com/file/d/1v5Vo7uFX9zTqALWanvBhySz4m9WUJlQn/view?usp=sharing
5	Pengolahan data	5,000,000	0.004	100	0.42	5,000,000	-		https://drive.google.com/file/d/1v5Vo7uFX9zTqALWanvBhySz4m9WUJlQn/view?usp=sharing
	Sub Jumlah Pekerjaan I	368,760,000				368,760,000			
II. Pengadaan Peralatan									
1	PAKET 1 (Peralatan Laboratorium)	302,000,000	0.251	100	25.13	210,000,000	92,000,000	Tender Cepat	https://drive.google.com/file/d/1tuMgAs3Q8BUWN4nGookm837XPEP3_GuP/view?usp=sharing
2	PAKET 2 (Pemeliharaan alat)	138,250,000	0.115	100	11.51	137,000,000	1,250,000	Penunjukkan Langsung	https://drive.google.com/file/d/1HswqxnBSg3Rq7so5_Q6291P2CKZACrH/view?usp=sharing
3	PAKET 3 (Sistem Controller)	25,000,000	0.021	100	2.08	24,600,000	400,000	Penunjukkan Langsung	https://drive.google.com/file/d/1DyU8LL1FdLdYlWlwe0jcO7zxcqYrCLyf/view?usp=sharing
4	PAKET 4 (Reaktor Penampung produk)	10,000,000	0.008	100	0.83	10,000,000	-	Pengadaan langsung	https://drive.google.com/file/d/1gJ4GOjx_Z6DZtPMI1Pqmt7eaQ5k_xnQP/view?usp=sharing
	Sub Jumlah Pekerjaan II	475,250,000				381,600,000			
III. Pengadaan/Pembelian Bahan									
1	PAKET BAHAN 1 (Bahan Kimia)	177,500,000	0.148	100	14.77	177,300,000	200,000	Penunjukkan Langsung	https://drive.google.com/file/d/1pi20Yd1t4wqlchEN6keWjf439EkP-iPL/view?usp=sharing
2	PAKET BAHAN 2 (Perakitan Glove Box)	100,000,000	0.083	100	8.32	99,203,500	796,500	Penunjukkan Langsung	https://drive.google.com/file/d/12_3sRLruNeVQpgAoZ3PnhH1KezEyJ_N/view?usp=sharing
3	PAKET 3 (ATK)	52,280,000	0.044	100	4.35	52,149,000	131,000	Penunjukkan Langsung	https://drive.google.com/file/d/1jke7wlqzTE5VH47GSuPKLFU3PRrhUffC/view?usp=sharing
	Sub Jumlah Pekerjaan III	329,780,000				328,652,500			
IV. Pengadaan Jasa									
1	PAKET 1 (Sewa Kendaraan)	2,750,000	0.002	100	0.23	2,750,000	-	Sewa langsung	https://drive.google.com/file/d/1uCOHTM0JtkUoxmBk2x2svDZ2vaXLbK0/view?usp=sharing
	Sub Jumlah Pekerjaan IV	2,750,000				2,750,000			
V. Workshop/Lokakarya/FGD/Seminar/Pelatihan Internal									
1	Konsumsi FGD [20 orgx 2kali]	1,800,000	0.0015	100	0.15	1,800,000	-	Pengadaan langsung	https://drive.google.com/file/d/1BJDD26loSnOJ3GgUOpXJHkQ21QM9TcQ/view?usp=sharing
2	Pencetakan Sertifikat FGD	200,000	0.0002	100	0.02	200,000	-	Pengadaan langsung	https://drive.google.com/file/d/1AFHCjPib_9KTvpFYwhP10gHwAq_4aixf/view?usp=sharing
3	seminar kit FGD	7,000,000	0.0058	100	0.58	7,000,000	-	Pengadaan langsung	https://drive.google.com/file/d/1E2c0nAncBNyS0Xb-KORSrx30QiH-GoeS/view?usp=sharing
4	Rapat Internal	3,600,000	0.0030	100	0.30	3,600,000	-	Pengadaan langsung	https://drive.google.com/file/d/1H0mrnKfUyud54Ne3mVfWwgeOJ8T0i8/view?usp=sharing
5	Penggandaan laporan	2,500,000	0.0021	100	0.21	2,500,000	-	Pengadaan langsung	https://drive.google.com/file/d/1H0mrnKfUyud54Ne3mVfWwgeOJ8T0i8/view?usp=sharing
	Sub Jumlah Pekerjaan V	15,100,000				15,100,000			
VII. Pendaftaran HKI/Sertifikasi Produk									
1	Publikasi	10,000,000	0.0083	100	0.83	10,000,000	-	Pengadaan langsung	https://drive.google.com/file/d/1v5Vo7uFX9zTqALWanvBhySz4m9WUJlQn/view?usp=sharing
	Sub Jumlah Pekerjaan VII	10,000,000				10,000,000			
	TOTAL	1,201,640,000	1		100	1,106,862,500	94,777,500		

Keterangan:

Dihitung berdasarkan kumulatif capaian sampai dengan tahap kegiatan yang diselesaikan sesuai dengan tabel perhitungan capaian fisik.

Lampiran 1. Indikator Kinerja Utama

- Lampiran 1a. Mahasiswa yang mendapat pengalaman di luar kampus

No	Nama	NIM	Jenis Kegiatan (Sesuai MBKM)	Nama Tempat Kegiatan & Alamat (Lokasi)	SKS
1	Muhammad Ilyas Izzuddin	08031181823002	Penelitian Tugas Akhir	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128	4
2	Resti Wulandari	08031181722018	Penelitian Tugas Akhir	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128	4
3	Balqis Hayati	08031281823087	Penelitian Tugas Akhir	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128	4
4	Irma Listiany	08031381823081	Penelitian Tugas Akhir	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128	4
5	Ade Dwi Nanda	08031281823109	Kerja Praktek	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128	2
6	Christy Anggunita	08031181823001	Kerja Praktek	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128	2

• **Lampiran 1b. Dosen berkegiatan di luar kampus (DUDI)**

No	Nama	NIDN/NIDK	Jenis Kegiatan yang Dilakukan	Nama Tempat Kegiatan & Alamat (Lokasi)
1	Dr. Dedi Rohendi, M.T	196704191993031001	Melakukan riset kerja sama dengan DUDI PT. Pertamina (Persero)	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128
2	Dr. Nirwan Syarif, M.Si	197010011999031003	Melakukan riset kerja sama dengan DUDI PT. Pertamina (Persero)	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128
3	Dr. Addy Rachmat, M.Si	197409282000121001	Melakukan riset kerja sama dengan DUDI PT. Pertamina (Persero)	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128

• **Lampiran 1c. Praktisi mengajar di dalam kampus**

No	Nama	Asal Tempat Kerja	Mata Kuliah yang Diampu	Jumlah Pertemuan
1	Merry Marteighianti, M.Eng	PT. Pertamina (Persero)	Kapita Seleкта	15
2	Dewi Mersitarini, S.T., M.Eng	PT. Pertamina (Persero)	Kapita Seleкта	15
3	Dimas Ardiyanta, S.T., M.Eng	PT. Pertamina (Persero)	Kapita Seleкта	15
4	RR Whiny Hardiyanti E, S.T., M.T	PT. Pertamina (Persero)	Kapita Seleкта	15
5	Isya Mahendra, S.T., M.T	PT. Pertamina (Persero)	Kapita Seleкта	15
6	Chrystian Afiko Irlando S	PT. Pertamina (Persero)	Kapita Seleкта	15

- **Lampiran 1d. Mitra Kerjasama**

No	Nama Mitra	Alamat Mitra	Jenis Usaha	MOU/MOA/PKS	PIC Mitra
1	PT. Pertamina (Persero)	Sopo Del Tower 51 st FloorJl. Mega Kuningan Barat III, Lot 10. 1-6, Jakarta Selatan	Energi	002/G40000/2021-S0 0187/UN9/SB2.BPU/2021	Dewi Mersitarini

- **Lampiran 1e. Mahasiswa Penerima Manfaat Langsung**

No	Nama	NIM	Jenis Manfaat yang Diterima
1	Muhammad Ilyas Izzuddin	08031181823002	Penelitian Tugas Akhir
2	Resti Wulandari	08031181722018	Penelitian Tugas Akhir
3	Balqis Hayati	08031281823087	Penelitian Tugas Akhir
4	Irma Listiany	08031381823081	Penelitian Tugas Akhir

- **Lampiran 1f. Masyarakat Penerima Manfaat Langsung Kelompok**

No	Nama	Alamat	Jenis Manfaat yang Diterima
1	PT. Pertamina (Persero)	Sopo Del Tower 51 st FloorJl. Mega Kuningan Barat III, Lot 10. 1-6, Jakarta Selatan	Prototype, draft paten dan publikasi serta metode konversi CO ₂
2	PUR Fuel Cell dan Hironen Universitas Sriwijaya	Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128	Jaringan kerja sama, darft paten dan publikasi
3	Jurusan Kimia FMPA Universitas Sriwijaya	Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32 Indralaya, Ol, Sumatera Selatan 30662	Pengalaman dosen dalam melakukan kerja sama riset dengan DUDI
4	LPPM Universitas Sriwijaya	Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32 Indralaya, Ol, Sumatera Selatan 30662	Terbentuknya jaringan kerja sama antara perguruan tinggi dan DUDI
5	Mahasiswa	Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32 Indralaya, Ol, Sumatera Selatan 30662 dan Pusat Unggulan Riset Fuel Cell dan Hidrogen Universitas Sriwijaya Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Lama, kec. Ilir Barat 1 kota Palembang Sumatera Selatan 30128	Penelitian tugas akhir dan Kerja Praktek

- **Lampiran 1g. Produk/Inovasi**

No	Judul Produk/Inovasi	Deskripsi Singkat	Jenis & nomor dokumen bukti atau bukti lain
1	Prototype elektroliser <i>multistack</i>	Alat konversi CO ₂ menjadi metanol menggunakan MEA (<i>Membrane Electrode Assembly</i>)	
2			
3			
...			

- **Lampiran 1h. Publikasi Internasional (Accepted/Published) [Lampirkan dokumen publikasi yang dihasilkan]**

No	Judul Publikasi	Nama-nama Penulis	DOI/URL Publikasi / Bukti accepted
1	Effect of milling time and PCA on Electrode Properties of Cu ₂ O-ZnO/C Catalyst Alloy used on Electrochemical Reduction Method of CO ₂	Dedi Rohendi, Nirwan Syarif, Addy Rachmat, Dewi Mersitarini, Dimas Ardiyanta, RR. Whiny H. Erliana, Isya Mahendra, Nyimas Febrika S., Dwi Hawa Yulianti, Icha Amelia, Muhammad Al Reka Reo	



Effect of milling time and PCA on Electrode Properties of Cu₂O-ZnO/C Catalyst Alloy used on Electrochemical Reduction Method of CO₂

Dedi Rohendi^{1,2}, Nirwan Syarif^{1,2}, Addy Rachmat^{1,2}, Dewi Mersitarini³, Dimas Ardiyanta³, RR. Whiny H. Erliana³, Isya Mahendra³, Nyimas Febrika S¹, Dwi Hawa Yulianti¹, Icha Amelia¹, Muhammad Al Reka Reo³.

¹ Chemistry Department, Faculty of Mathematic and Natural Sciences, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Ogan Ilir 30662, South Sumatera, INDONESIA,

²Center of Research Excellent in Fuel Cell and Hydrogen, Universitas Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang, INDONESIA, 30139

³CCUS Research, Upstream Research & Technology Innovation – PT Pertamina (Persero)

- Corresponding Author: rohendi19@unsri.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.30880/ijje.0000.00.00.000>

Received 00 Month 2000; Accepted 01 Month 2000; Available online 02 Month 2000

Abstract:

Carbon dioxide is one of greenhouse gases that cause climate change, thus the effort for reducing the concentration of CO₂ necessary, for example through the conversion of CO₂. The conversion of CO₂ into methanol plays important role because in addition to reducing greenhouse gas, it is also creating a future energy carrier needed in fuel cell technology. One of the CO₂ conversion methods is the electrolysis method using MEA. The electrochemical CO₂ conversion in this study used a Cu₂O-ZnO/C composite catalyst made by milling methods at various milling times, as well as the effect of PCA utilization. The catalysts were characterized using Particle Size Distribution (PSA), Brunauer-Eemmett-Teller (BET), Cyclic Voltammetry (CV), Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) and SEM-EDX analysis. The results of PSA and BET characterization showed that the longer the milling time, the smaller the particle size and the higher the relative surface area. The use of PCA increased the unoxidized Cu content as indicated by the SEM-EDX results. Based on the results of CV analysis, the catalyst that has the largest ECSA (Electrochemical surface area) value is the catalyst milled using PCA and the milling time is three hours.

Keyword: Cu₂O-ZnO/C, CO₂, PCA, Electrochemical reduction

1. Introduction

Carbon dioxide is widely produced in the production and processing of oil and natural gas. The presence of CO₂ is a problem in itself because its presence in large quantities causes the greenhouse effect [1]. The utilization of CO₂ is very important because it can overcome two things at once, namely reducing the presence of greenhouse gases and making CO₂ as valuable feedstock or as fuel.

Among the methods for converting CO₂ into valuable feedstock or as fuel is the electrolysis method which has the advantage of being environmentally friendly, can convert CO₂ into various types of materials, and works at ambient temperatures [2]. The product resulting from the electrochemical decomposition of CO₂ is highly dependent on several parameters, including; electrode and electrolyte type and operating conditions (temperature and current) [2]. One of the results of CO₂ conversion by the electrolysis method is methanol. Methanol is the largest volume of chemical compounds produced in the world [3]. Methanol is produced commercially through natural gas reform [4] or coal gasification [5].

In terms of methanol production, there are several mechanisms that can be done, including the production of methanol through electroreduction of CO₂ with the help of a Cu₂O-ZnO catalyst and KHCO₃ electrolyte [1], or a combination of direct CO₂ electroreduction and combined water electrolysis and CO₂ electroreduction through the formation of intermediate products of CO and H₂ [6]. Methanol has a fairly high energy density and stable in storage, is one of the most promising CO₂ electrochemical reduction products. Aside from being fuel for fuel cells, methanol is also



a raw material for dimethyl ether (DME) [7]. Methanol (CH_3OH) is widely used as a solvent in the chemical industry [5] because of its ability to dissolve a variety of organic and inorganic compounds.

The process of converting CO_2 into methanol by electrochemical method is highly depending on the use of a catalyst both at the cathode and the anode. The ideal catalyst for CO_2 reduction must have high hydrogen overpotential that can allow the carbon dioxide reduction reaction to achieve high selectivity. One of the catalysts used to reduce CO_2 to methanol is a Cu-based catalyst. Cu-based catalysts show high activity and have been widely used in the conversion of CO_2 to methanol. CO_2 catalytic conversion influenced by particle size and selectivity to methanol with a surface area [8]. Costentin (2013) stated that the reduction of CO_2 catalyzed by Cu_2O gave better results in rate and overpotential than ordinary Cu electrodes [9]. Regarding the catalyst used in electrochemical reduction, Albo (2015) conducted research on the electrochemical reduction of CO_2 to methanol at the Cu_2O and $\text{Cu}_2\text{O-ZnO}$ electrodes using a 0.5 M KHCO_3 electrolyte solution. $\text{Cu}_2\text{O-ZnO}$ electrodes remained stable for 20 hours, while on the surface Cu_2O experienced strong deactivation with time [10].

In addition to Cu-based catalysts, the use of platinum in the methanol conversion process has been carried out [11]. Shironita (2013) tested CO_2 reduction on electrocatalyst Pt/C and Pt-Ru/C using MEA and obtained *yield of methanol* 0.03% at Pt/C and 7.5% at Pt-Ru/C, with Coulombic efficiency of 35% at Pt/C and 75% at Pt-Ru/C.

Among the factors that affect the performance of the catalyst is the process of manufacture/synthesis of the catalyst. The catalyst in the form of a composite is usually made by the milling method. In the milling process, the effect of milling time and the use of PCA (Process Control Agent) affect the performance of the catalyst. Milling time affects the particle size of the milled catalyst where the longer the milling process, the smaller the particle size. Meanwhile, the use of PCA is intended to prevent the reactants from sticking to the milling jar. In this study, electrodes were made with $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ catalyst made by milling method at various milling times and with and without the addition of PCA. The characteristics of the $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ catalyst were analyzed using Cyclic Voltammetry (CV), Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS), Scanning Electron Microscope (SEM)-EDX, Particle Size Analyzer (PSA), and Brunauer Emmett Teller (BET) methods.

2. Methodology

Synthesis of catalyst alloys and electrode were carried out using materials Cu_2O (Sigma), ZnO (Sigma Aldrich), Carbon Vulcan XC-72R (Fuel Cell Store), Carbon Paper Avcarb P75T (Fuel Cell Store), Ammonium hydrogen carbonate (NH_4HCO_3) (Sigma Aldrich), Polytetrafluoroethylene (PTFE) Solution (Fuel Cell Store), and Nafion solution (Fuel Cell Store).

The manufacture of catalyst alloys conducted by milling method using High Energy Milling (HEM) E3D. Characterization includes analysis of SEM-EDX (FEI 450 SEM Oxford EDX), gas sorption analyzer (Quantachrome Instruments Version 2.03), Particle Size Distribution Analyzer (PSA) (Horiba Laser Scattering PSA LA 960), Cyclic Voltammetry (CV) analysis) and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) using the PGSTST204N Potentiostat/galvanostat (Autolab, Methrom) device.

The manufacture of $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ catalyst was carried out by mixing Cu_2O catalyst powder with ZnO catalyst powder with a mass ratio of 1:1 and adding carbon vulcan XC-72R so that the content of the catalyst mixture in carbon was 40 wt% with a catalyst loading of 1 mg/cm^2 . The catalyst was milled with variations of 1, 2, and 3 hours using a HEM shaker with and without the addition of PCA. The milling process is carried out with a ball per ratio (BPR) (1:5). The catalyst obtained was stored in a dry and tightly closed container. The catalyst formed was analyzed for pore characteristics using BET equipment and particle size using PSA equipment.

The resulting catalyst alloy was added with 2-propanol and Nafion solution and stirred using an ultrasonic homogenizer for 20 minutes, then PTFE was added and stirred again for 5 minutes until the ink was formed. The catalyst ink sprayed onto the gas diffusion layer (GDL) using a spray gun to form electrodes. Electrodes with $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ catalyst were analyzed using SEM-EDX equipment and tested for their catalytic surface characteristics using the CV method and their electrical conductivity characteristics using EIS analysis.

3. Results and Discussion

3.1 Particle Size Distribution Analysis (PSA)

Measurement of the particle size of the milled catalyst at various milling times was carried out to determine the optimum milling time to achieve good particle size of the catalyst. The particle size of the catalyst is related to the catalytic ability as well as the conductivity of the catalyst. Particle size measurement with PSA was carried out using the Laser Light Scattering (LLS) method in which the powder was dispersed in deionized water with a dispersant $(\text{NaPO}_3)_6$ using an ultrasonic homogenizer for 15 minutes. The general trend when using the LLS method is the size distribution of the

agglomerated particles to enlarge the rough end of the distribution because LLS uses a longer axis than the agglomerated particles [12]. The PSA analysis of electrodes with the effect of milling time and using PCA is presented in figure 1.

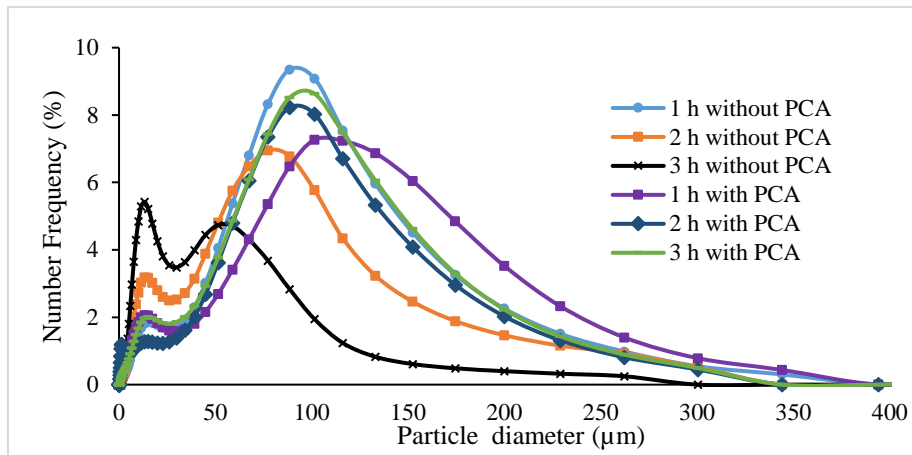


Fig 1. Results of PSA analysis with variations in milling time with and without PCA

Figure 1 shows the results of the analysis test using a Particle Size Analyzer (PSA) on variations in milling time with and without PCA. The use of methanol as PCA is usually used in mechanical alloying processes to avoid agglomeration and bonding between powder particles and balls as well as powder agglomeration during grinding [13]. In addition, PCA is useful for preventing the sticking of the milled material or PCA from being adsorbed on the surface particle [14]. PCA can modify/deform particles to minimize agglomeration, reduce particle size and change the morphology to a granular structure [15].

PSA test results on catalysts milled without PCA show that the longer the milling time, the smaller the particle size distributed. The result obtained were in line with expectation because the smaller the size, the catalytic activity, and selectivity for H₂ and CO likely will increase for Cu-based catalysts [16]. Meanwhile, the catalyst milled using PCA had a larger particle size than the catalyst milled without PCA. This is possible because the amount of PCA is too much to reduce the possibility of collisions between the ball and the powder causes an inhomogeneous particle size distribution [17]

The results of PSA testing on catalysts milled for 3 hours using PCA suspected agglomeration. This is supported by Figure 9, where Cu metal builds up in the measured spot. The presence of agglomeration can reduce the surface area and produce a larger pore size.

3.2 Brunauer-Eemmett-Teller (BET) Analysis

High surface area and large pore size are needed for the catalysts. The results of the BET analysis of the Cu₂O-ZnO/Ce catalyst samples at various milling times and the use of PCA are presented in Figure 2.

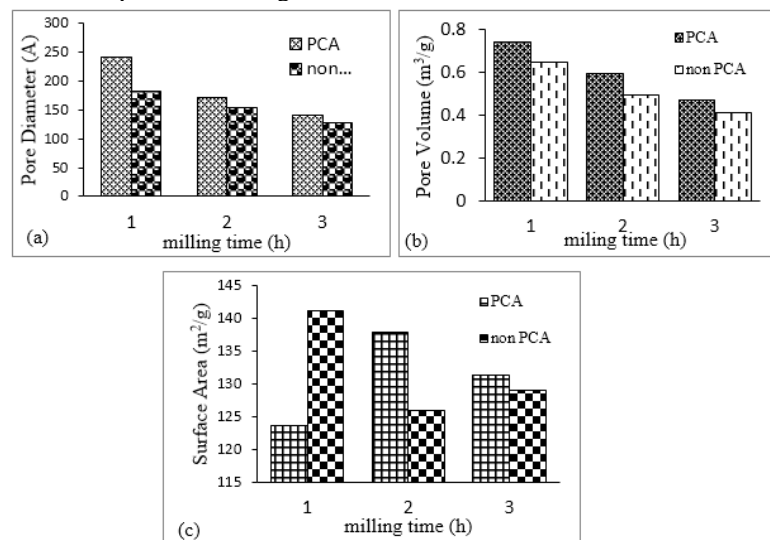


Fig 2. The relationship between milling time to pore, volume pore, and surface area

Based on the BET analysis, the $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ catalyst with the addition of PCA has a smaller pore diameter with increasing of milling time. The smaller the pore diameter, the larger the surface area of the catalyst [19]. The larger the surface area of the catalyst will increase the catalytic function and selectivity of the catalyst. The surface area of the catalyst which was milled with a milling time of 3 hours without PCA is decreased. This finding reflects changes in the sample structure during milling [18]

3.3 Cyclic Voltammetry (CV) Analysis

Analysis using CV serves to obtain the value of electrochemical surface area (ECSA) which shows the size of the number of active electrochemical sites per gram of catalyst. In addition, ECSA can determine the reactivity of the electrode by observing the reduction and oxidation (redox) reactions of the sample. The voltammogram consists of 2 peaks, namely an oxidation peak in the positive current region and a reduction peak in the negative current region [20]. The measurement results are shown in Figure 3.

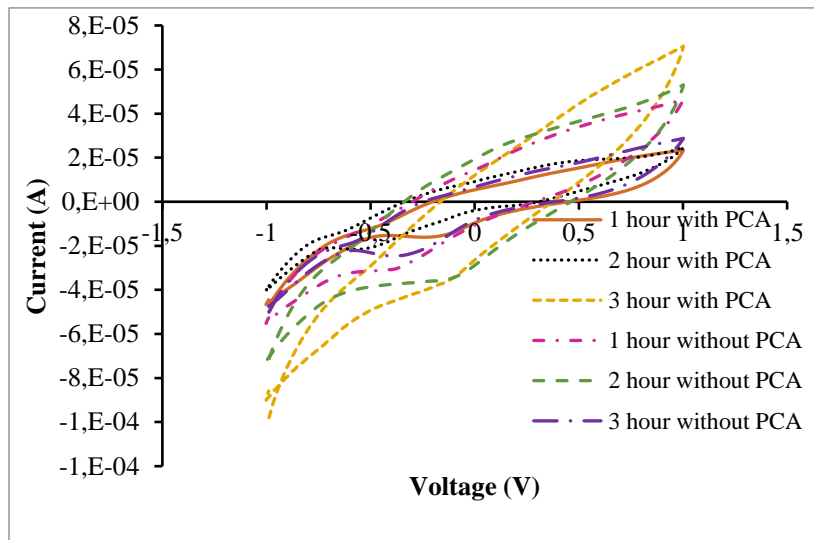


Figure 3. Voltammogram of Each Electrode

Figure 3 shows the oxidation and reduction peaks of some of the electrodes characterized. The results of the calculation of ECSA values from several samples are shown in Figure 4. The highest ECSA values are found at the $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ electrode with the addition of PCA, which is $114.96 \text{ cm}^2/\text{g}$. A high ECSA value indicates the number of active sites on the electrode surface so that the electrochemical reactions that occur at the electrodes take place optimally. The ECSA value is also influenced by the size of the particle, where the smaller the particle size, the ECSA value is generally larger [21]. Particle size is affected by milling time. The longer the milling time, the smaller the particle size [22]. From these two theories, it can be concluded that the milling time can affect the ECSA value. The addition of PCA also affects the ECSA value because the use of PCA can reduce the particle size more quickly so that the longer milling time using PCA will make the ECSA value larger [15]. The ECSA value of electrode with $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ catalyst at varied milling time is presented in figure 4.

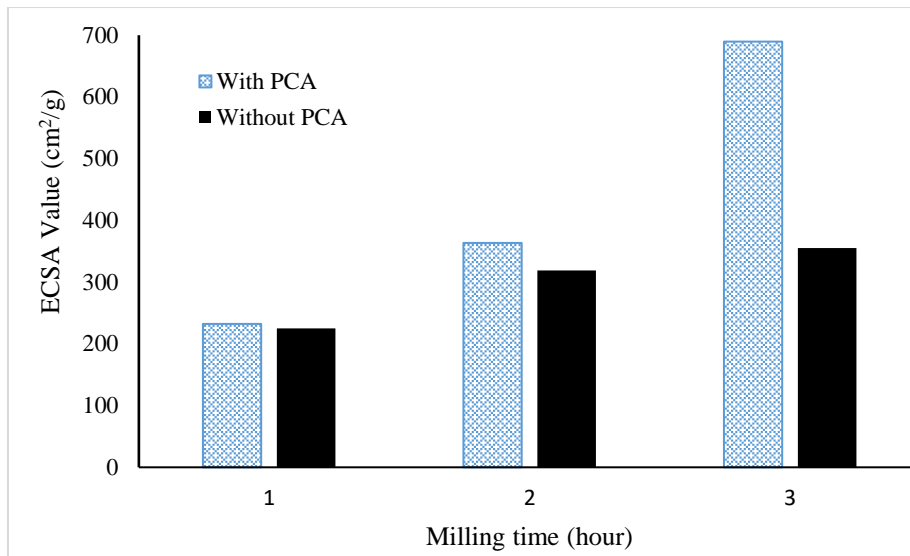


Fig 4. ECSA Value for electrode with Cu₂O-ZnO/C Catalyst at varied milling time

3.4 Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) Analysis

Measurements using the EIS method produce a Cu₂O-ZnO/C electrode conductivity value which shows the ability of an electrode to conduct electricity. Based on the results of the EIS electrode measurements, a Nyquist curve is obtained in the form of a semicircle diagram with data in the form of real impedance values (Z') and imaginary impedance (Z'') [23]. The Nyquist curve of the electrode with the Cu₂O-ZnO/C catalyst is shown in Figure 5 and the electrical conductivity value of the EIS data processing is shown in Figure 6.

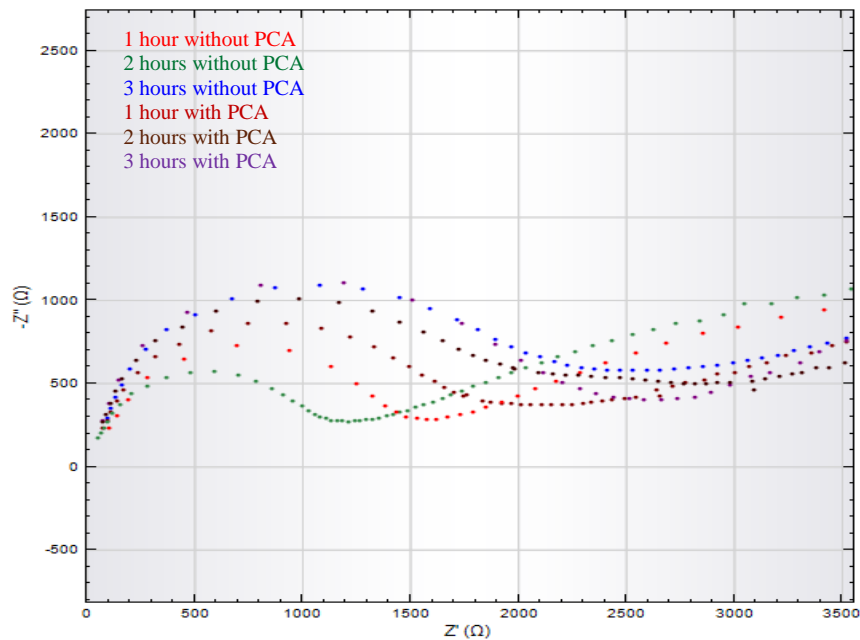


Fig 5. The Nyquist curve for each electrode

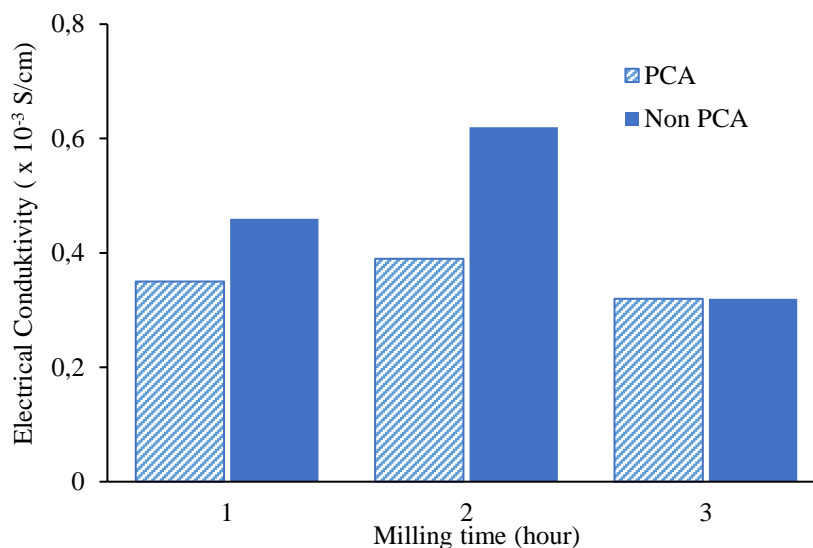


Fig 6. Value of Electrical Conductivity of Electrode with Varied milling time

Based on the EIS characterization, the best electrical conductivity value was found at the Cu₂O-ZnO/C electrode with a milling time of 2 hours without the addition of PCA. A large conductivity value indicates the ability of the electrode to conduct electricity better. The conductivity value is influenced by the impedance value where the greater the impedance value, the higher the conductivity value. The impedance value is influenced by the particle size where a smaller particle size will also produce a small impedance value [22]. The data of electrical conductivity of electrode seem not to correlate with the ECSA data which the ECSA data indicate that the best performance is the electrode with PCA and 3-hour milling time. Basically, electrical conductivity is not always correlated with the ECSA result. The conductivity determine the performance of electrical conduction, and the ECSA indicated the area of catalytic activity.

3.5 SEM-EDX Analysis

Observation of the microstructure of Cu₂O-ZnO/C catalyst powder using SEM – EDX is carried out to analyze the morphology of the surface and the average percentage of elements on the spots of the Cu₂O-ZnO/C catalyst powder [24]. The results of the SEM-EDX test with variations in milling time and the addition of PCA are shown in Figure 7.

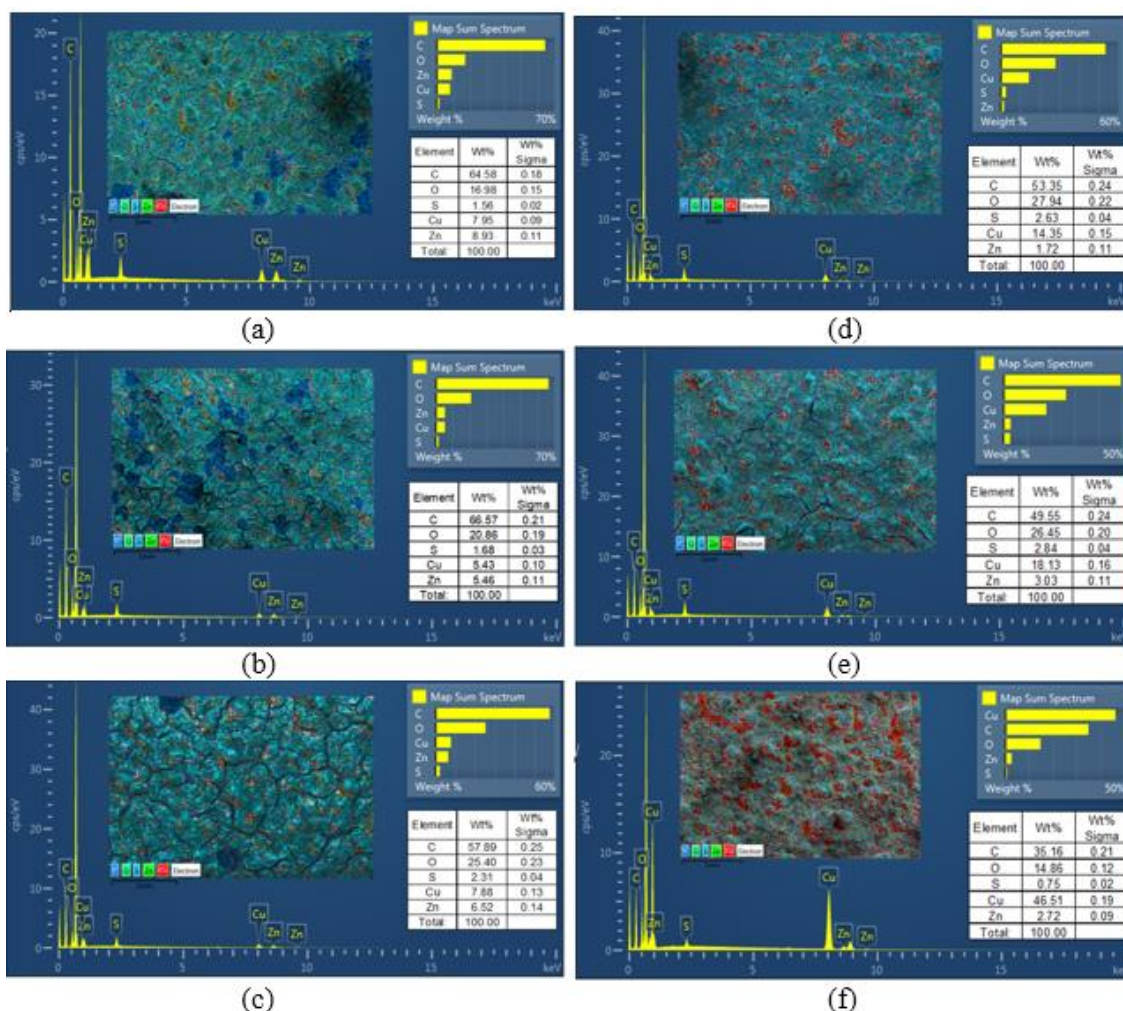


Figure 7. The analysis of SEM-EDX of electrode with Cu_2O - ZnO/C catalysts (a) 1 hour without PCA, (b) 2 hours without PCA, (c) 3 hours without PCA, (d) 1 hour with PCA, (e) 2 hours with PCA, and (f) 3 hours with PCA.

Based on the figure 7, it can be seen that the electrode with 3 hours milling time with the addition of PCA has the highest content of Cu, which is 46,51 wt%. This indicates that the addition of PCA will retain Cu metal so that it is not easy to oxidize.

4. Conclusions

The characterization of electrodes with Cu_2O - ZnO catalysts at the variations of milling time and using PCA showed that 3 hours milling time produce the catalyst with a smaller particle size dan higher surface area compared with shorter milling time. Furthermore, the application PCA to the catalyst in the milling process inhibited the oxidation of Cu and prevent the reactants from sticking to the milling jar. The analysis of ECSA indicated that using 3 hours milling time and PCA have the highest ECSA value and highest Cu percentage in catalyst from SEM-EDX results.

Acknowledgment

This research has been carried out with collaborations of the University of Sriwijaya and The PT. Pertamina (Persero) with Matching Fund Program Batch III from the Ministry of Education, Culture, Research, and Technology the Republic of Indonesia 2021 with Announcement of Determination of Aid Beneficiaries no. 0463/E/TU.00.01/2021.

References

- [1] J. Albo, A. Sáez, J. Solla-Gullón, V. Montiel, and A. Irabien, "Production of methanol from CO_2 electroreduction at Cu_2O and $\text{Cu}_2\text{O}/\text{ZnO}$ -based electrodes in aqueous solution," *Appl. Catal. B Environ.*, vol. 176–177, pp. 709–717, 2015, doi: 10.1016/j.apcatb.2015.04.055.
- [2] R. Venka, "Thesis - Design and Development of Electrochemical Cell for Converting Carbon Dioxide to Useful Fuel," no. August, 2016.



- [3] H. H. Kung, *Methanol Production and Use*. New York: CRC Press, 1994.
- [4] J. Ye, "Artificial neural network modeling of methanol production from syngas," *Pet. Sci. Technol.*, vol. 37, no. 6, pp. 629–632, 2019, doi: 10.1080/10916466.2018.1560321.
- [5] M. Martín and I. E. Grossmann, *Enhanced production of methanol from switchgrass: CO₂ to methanol*, vol. 38. Elsevier Masson SAS, 2016.
- [6] C. Delacourt, P. L. Ridgway, J. B. Kerr, and J. Newman, "Design of an Electrochemical Cell Making Syngas (CO+H₂) from CO₂ and H₂O Reduction at Room Temperature," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 155, no. 1, p. B42, 2008, doi: 10.1149/1.2801871.
- [7] A. Goeppert, M. Czaun, J. Jones, G. K. S. Prakash, and G. A. Olah, "Chem Soc Rev Recycling of carbon dioxide to methanol and derived products – closing the loop," 2014, doi: 10.1039/c4cs00122b.
- [8] M. Tuyen and H. Le, "Electrochemical reduction of CO₂ to methanol," *LSU Master's Theses*, 2011.
- [9] C. Costentin, M. Robert, and J. M. Savéant, "Catalysis of the electrochemical reduction of carbon dioxide," *Chem. Soc. Rev.*, vol. 42, no. 6, pp. 2423–2436, 2013, doi: 10.1039/c2cs35360a.
- [10] I. Merino-Garcia, J. Albo, and A. Irabien, "Productivity and Selectivity of Gas-Phase CO₂ Electroreduction to Methane at Copper Nanoparticle-Based Electrodes," *Energy Technol.*, vol. 5, no. 6, pp. 922–928, 2017, doi: 10.1002/ente.201600616.
- [11] S. Shironita, K. Karasuda, K. Sato, and M. Umeda, "Methanol generation by CO₂ reduction at a Pt e Ru / C electrocatalyst using a membrane electrode assembly," *J. Power Sources*, vol. 240, pp. 404–410, 2013, doi: 10.1016/j.jpowsour.2013.04.034.
- [12] S. Liu, H. Wang, and H. Wang, "Effect of Grinding Time on the Particle Size Distribution Characteristics of Tuff Powder," vol. 27, no. 2, pp. 205–209, 2021.
- [13] H. P.-Y. -Ding, Chen, Jiang Yong, Cai Jian-Guo, Chen Zhen-Hua, "Production of intermetallic compound powders by a mechanochemical approach: solid–liquid reaction ball milling," pp. 149–166, 2010, doi: 10.1533/9781845699444.2.149.
- [14] T. Miko, F. Kristaly, K. Bohacs, M. Sveda, A. Sycheva, and D. Janovszky, "The effect of process control agents and milling atmosphere on the structural changes of Ti₅₀Cu_{27,5}Ni₁₀Zr₁₀Co_{2,5} master alloy during short time milling," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 426, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/426/1/012035.
- [15] A. R. Othman, A. Sardarnejad, and A. K. Masrom, "Effect of milling parameters on mechanical alloying of aluminum powders," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 76, no. 5–8, pp. 1319–1332, 2015, doi: 10.1007/s00170-014-6283-8.
- [16] R. Reske, H. Mistry, F. Behafarid, B. Roldan Cuenya, and P. Strasser, "Particle size effects in the catalytic electroreduction of CO₂ on Cu nanoparticles," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 136, no. 19, pp. 6978–6986, 2014, doi: 10.1021/ja500328k.
- [17] R. Rahmanifard, S. M. Javidan, and M. Asadi Asadabad, "Effects of Process Control Agents on Characteristics of Cu-Ta Nanocomposite during Milling and Subsequent Sintering," *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 28, no. 7, pp. 4102–4110, 2019, doi: 10.1007/s11665-019-04158-0.
- [18] S. R. Chauruka, A. Hassanpour, R. Brydson, K. J. Roberts, M. Ghadiri, and H. Stitt, "Effect of mill type on the size reduction and phase transformation of gamma alumina," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 134, pp. 774–783, 2015, doi: 10.1016/j.ces.2015.06.004.
- [19] M. Aminzare, Z. Amoozegar, and S. K. Sadmezhaad, "An investigation on the influence of milling time and calcination temperature on the characterization of nano cerium oxide powder synthesized by mechanochemical route," *Mater. Res. Bull.*, vol. 47, no. 11, pp. 3586–3591, 2012, doi: 10.1016/j.materresbull.2012.06.060.
- [20] D. R. Rahmah, D. Rohendi, N. Syarif, A. Rachmat, and N. Febrika, "Characterization of Electrode with Cu₂O-ZnO / C and Pt-Ru / C Catalyst for Electrochemical Reduction CO₂ to CH₃OH," 2021, doi: 10.24845/jjfac.v6.i1.08.
- [21] J. Perez, V. A. Paganin, and E. Antolini, "Particle size effect for ethanol electro-oxidation on Pt/C catalysts in half-cell and in a single direct ethanol fuel cell," *J. Electroanal. Chem.*, vol. 654, no. 1–2, pp. 108–115, 2011, doi: 10.1016/j.jelechem.2011.01.013.
- [22] L.-M. Zhang, R. Zhang, L. Zhang, W. Qiao, X. Liang, and L. Ling, "Effect of ball-milling technology on pore structure and electrochemical properties of activated carbon," *J Shanghai Univ*, vol. 12, no. 4, pp. 372–376, 2008, doi: 10.1007/s 11741-008-0417-2.
- [23] M. K. Ajiriyanto, R. Kriswarini, Y. Yanlinastuti, and D. E. Lestari, "Analisis Korosi Pipa Pendingin Sekunder RSG - GAS dengan Teknik Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)," *J. Urania*, vol. 24, no. 2, pp. 105–114, 2018, doi: 10.17146/urania.2018.24.2.4421.
- [24] A. Nainggolan, "Efek Variasi Milling Terhadap Sifat Fisis Dan Mikrostruktur Serbuk Nanokomposit BaFe₁₂O₁₉/Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄," 2018.

Lampiran 2. Indikator Kinerja Tambahan

Detail capaian indikator kinerja tambahan dituliskan dalam tabel dengan kolom yang sesuai untuk menunjukkan detail deskripsi per item dari capaian indikator kinerja.

4 Indikator kinerja Kelas Kolaboratif

No	Nama Mata Kuliah	SKS	Jumlah Mahasiswa	Deskripsi Bentuk Pembelajaran Kolaboratif
1	Kuliah Tamu		200	Kuliah diisi dengan pemaparan topik oleh 3 pemateri dari PT. Pertamina yakni Vice President, Lead Specialist II of CCUS Research-Upstream Research dan Jr. Specialist II of CCUS Research-Upstream Research & Technology Innovation
2	Universities Virtual Career Expo (UVCE) Carnaval Webminar - UNSRI		250	Kegiatan ini merupakan sosialisasi tentang prospek karir di PT. Pertamina. Kegiatan dilakukan dengan menghadirkan Vice President Research & Technology Innovation

5 Hak Kekayaan Intelektual (HKI)

No	Judul Paten	Nama-nama Penulis
1	Elektroliser Multitumpukan Untuk Mengkonversi Karbon Dioksida Dan Air Menjadi Metanol Melalui Metode Reduksi Elektrokimia Berbasis Susunan Elektroda-Membran	Dedi Rohendi, Nirwan Syarif, Addy Rachmat, Dewi Mersitarini, Dimas Ardiyanta, RR. Whiny H. Erliana, Isya Mahendra, Nyimas Febrika S., Dwi Hawa Yulianti, Icha Amelia,



Deskripsi

ELEKTROLISER MULTITUMPUKAN UNTUK MENGKONVERSI KARBON DIOKSIDA DAN AIR MENJADI METANOL MELALUI METODE REDUKSI ELEKTROKIMIA BERBASIS SUSUNAN ELEKTRODA-MEMBRAN

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini terkait dengan elektroliser multitumpukan (*multistack*) yang meliputi susunan elektroda-membran (*Membrane Electrode Assembly, MEA*) sebagai pusat reaksi elektrokimia untuk mengkonversi CO₂ dan air menjadi metanol melalui reduksi elektrokimia.

Latar Belakang Invensi

Karbon dioksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau yang banyak dihasilkan dalam produksi dan pengolahan minyak serta gas bumi. Karbondioksida tidak mudah terbakar dan memiliki kelarutan kecil di dalam air. Kelarutan yang rendah dari CO₂ adalah salah satu keterbatasan yang utama dari beberapa riset tentang reduksi CO₂.

Keberadaan CO₂ merupakan permasalahan tersendiri karena kehadirannya dalam jumlah besar menyebabkan efek rumah kaca. Pemanfaatan CO₂ sangat penting karena dapat mengatasi dua hal sekaligus, yaitu mereduksi kehadiran gas rumah kaca dan menjadikan CO₂ sebagai bahan baku produk bernilai tambah. Salah satu bentuk pemanfaatan CO₂ adalah mengkonversi CO₂ menjadi metanol. Metanol yang mempunyai densitas energi cukup tinggi dan mempunyai kestabilan dalam penyimpanan, merupakan salah satu produk konversi CO₂ yang paling memberikan harapan. Selain sebagai bahan bakar untuk *fuel cell* dan pelarut, metanol juga menjadi bahan baku untuk dimetil eter (DME).

Beberapa paten terkait dengan produksi metanol dari CO₂ antara lain paten EP2782892A1 dan US9133074B2 yang membahas



teknik konversi CO₂ menjadi metanol dengan metode hidrogenasi CO₂ melalui pembentukan CO sebagai produk antara dan paten S00202008230 melalui hidrogenasi parsial dengan katalis bentonit-logam pospida. Sementara itu, paten US1569775 membahas Konversi CO₂ menjadi metanol berbasis campuran katalis kromium dan mangan oksida, dan paten EP2680964A2 mengklaim penggunaan paduan katalis berbasis Ni, Pd, Ir dan Ru dengan katalis berbasis Ga, Zn dan Al.

Pada sintesis metanol dari karbon dioksida, Saito mengungkapkan pada pemilihan jenis katalis berperan penting dalam mempengaruhi kondisi operasi sintesis metanol. Setiap katalis memiliki kinerja optimum pada kondisi operasi tertentu, misal katalis Cu/Zn/Al₂O₃ bekerja baik pada kondisi operasi suhu 200 °C - 450 °C dan tekanan 40 bar - 100 bar. Proses hidrogenasi karbon dioksida menggunakan katalis Cu/Zn/Al₂O₃ dapat menghasilkan produk utama berupa metanol, CO dan air (Saito, Masahiro. 2000. "R & D Activities in Japan on Methanol Synthesis from CO₂ and H₂" 2 (1998): 175-84).

Salah satu proses konversi CO₂ menjadi metanol yang mempunyai keunggulan ramah lingkungan serta bekerja pada suhu ruang adalah metode elektrolisis.

Metode elektrolisis dalam pembuatan metanol dari CO₂ diklaim pada paten US3959094 dengan menggunakan elektrolit K₂CO₃, invensi ini menggunakan elektrolit cair yang memiliki potensi kebocoran elektrolit saat proses produksi dan alat yang digunakan tidak bersifat kemas. Paten US9555367B2 membahas konversi CO₂ secara elektrolisis dengan katalis logam akan tetapi produk konversi yang dihasilkan tidak spesifik metanol. Selain itu, paten ini lebih menekankan pada karakterisasi katalis dan elektroda. Paten US9481939B2 mengungkapkan konversi CO₂ dengan metode reduksi elektrokimia menggunakan membrane elektrolit padat berbasis polimer imidazolium dan tinta katalis berbasis perak di katoda dan katalis tinta RuO₂ di anoda akan tetapi produk yang



dihasilkan tidak spesifik metanol. Oleh karena itu masih diperlukan metode elektrolisis untuk mengkonversi CO₂ menjadi metanol menggunakan katalis membran padat yang mengurangi potensi kebocoran elektrolit, memiliki alat yang bersifat kemas, dan produk yang dihasilkan spesifik yaitu metanol.

Pada invensi sebelumnya telah dilakukan pembuatan elektroliser tumpukan tunggal (*singlestack*) untuk mengkonversi CO₂ menjadi metanol dengan menggunakan susunan elektroda-membran. Pengembangan invensi dilakukan menggunakan *stack* dengan ukuran lebih besar dan lebih banyak sel yang disusun secara paralel.

Pada invensi ini, metanol diproduksi melalui proses reduksi elektrokimia dari CO₂ menggunakan susunan elektroda-membran yang dipasang pada elektroliser multitumpukan berbahan dasar akrilik.

Uraian Singkat Invensi

Tujuan dari invensi ini adalah untuk menyediakan elektroliser untuk mengkonversi CO₂ dan air menjadi metanol menggunakan katalis membran padat yang mengurangi potensi kebocoran elektrolit, alat yang bersifat kemas, dan produk yang dihasilkan spesifik yaitu metanol. Tujuan ini dicapai oleh invensi ini yaitu suatu elektroliser multitumpukan pengkonversi CO₂ dan air menjadi metanol melalui reduksi elektrokimia, elektroliser tersebut terdiri atas komponen-komponen yang disusun secara berurutan dalam arah lateral sebagai berikut: ruang anoda pertama (31) yang diapit oleh gasket anoda (2) pada kedua sisi ruang anoda tersebut untuk mencegah kebocoran reaktan dan produk reaksi oksidasi di anoda, serta dilengkapi dengan jalur masuk anoda pertama (y11) untuk memasukkan umpan anoda dan jalur keluar anoda pertama (y12) untuk mengeluarkan reaktan sisa dan produk reaksi oksidasi di anoda, pengumpul arus anoda pertama (41) yang terhubung ke catu daya yang berkutub positif, susunan elektroda-membran pertama (51), pengumpul arus katoda pertama (61) yang



terhubung ke catu daya yang berkutub negative, ruang katoda pertama (81) yang diapit oleh gasket katoda (7) pada kedua sisi ruang katoda tersebut untuk mencegah kebocoran reaktan dan produk reaksi reduksi di katoda, serta dilengkapi dengan jalur masuk ruang katoda (x1) untuk memasukkan umpan katoda dan jalur keluar ruang katoda (x2) untuk mengeluarkan reaktan sisa dan produk reaksi reduksi di katoda, pengumpul arus katoda kedua (62) yang terhubung ke catu daya yang berkutub negatif, susunan elektroda-membran kedua (52), pengumpul arus anoda kedua (42) yang terhubung ke catu daya yang berkutub positif, ruang anoda kedua (32) yang diapit oleh gasket anoda (2) pada kedua sisi ruang anoda tersebut untuk mencegah kebocoran reaktan dan produk reaksi oksidasi di anoda, serta dilengkapi dengan jalur masuk anoda kedua (y21) untuk memasukkan umpan anoda dan jalur keluar anoda kedua (y22) untuk mengeluarkan reaktan sisa dan produk reaksi oksidasi di anoda, Dimana komponen-komponen yang disusun secara berurutan dalam arah lateral tersebut diapit oleh pelat luar (1) yang masing-masing diletakkan pada bagian terluar kedua sisi elektroliser sebagai penutup dan sekaligus penahan elektroliser tersebut, dicirikan dalam hal susunan membran-elektoda terdiri dari membran elektrolit polimer berbasis politetrafluoro etilena tersulfonasi (5a) yang diapit oleh anoda (5b) dan katoda (5c) pada kedua sisi membran tersebut, anoda (5b) yang mengandung katalis Pt/C, dan katoda (5c) yang mengandung katalis yang dipilih dari katalis Pt-Ru/C, Cu₂O-ZnO/C atau Pd-SnO₂/C.

Uraian Singkat Gambar

Untuk memudahkan pemahaman mengenai inti dari invensi ini, selanjutnya dijelaskan melalui gambar-gambar pada lampiran.

Gambar 1 adalah elektroliser dari invensi ini.

Gambar 2 adalah penampang dalam arah lateral dari elektroliser menurut salah satu perwujudan dari invensi ini yang terdiri dari dua susunan elektroda-membran. Gambar 2(a) adalah



panampang dalam arah lateral sebelah kanan dan Gambar 2 (b) adalah penampang dalam arah lateral sebelah kiri.

Gambar 3 adalah penampang dalam arah lateral dari elektroliser menurut perwujudan lainnya dari invensi ini yang terdiri dari empat susunan elektroda-membran. Gambar 3(a) adalah panampang dalam arah lateral sebelah kanan dan Gambar 3(b) adalah penampang dalam arah lateral sebelah kiri.

Uraian Lengkap Invensi

A. Definisi

Beberapa istilah yang tidak lazim dalam invensi ini diberikan definisi untuk memberikan pengertian yang benar. Jika terdapat istilah yang tidak didefinisikan, maka pengertian yang berlaku adalah pengertian umum dengan makna luas sesuai dengan istilah teknis yang lazim dalam bidang ini. Definisi yang diuraikan di sini tidak dimaksudkan untuk membatasi ruang lingkup invensi, namun dimaksudkan untuk memperjelas bagaimana invensi ini dilaksanakan, sehingga orang yang ahli dalam bidang ini mampu melihat dan memahami secara jelas aspek invensi ini.

Elektroliser

Elektroliser merupakan Peralatan sebagai tempat untuk melakukan proses elektrolisis. Dalam invensi ini elektroliser yang digunakan terbuat dari akrilik. Elektrolis pada invensi ini adalah alat untuk elektrolis CO_2 dan H_2O menjadi metanol.

Tumpukan (*Stack*)

Tumpukan adalah susunan yang terdiri atas komponen-komponen elektroliser yang disusun secara berurutan dalam arah lateral sebagai berikut gasket anoda, ruang anoda, gasket anoda, pengumpul arus (*current collector*) anoda, susunan elektroda-membran, pengumpul arus katoda, gasket katoda, ruang katoda,



gasket katoda, dimana tumpukan ini dibatasi oleh pelat luar (1) yang masing-masing diletakkan pada bagian terluar sebagai penutup dan sekaligus penahan tumpukan tersebut

Elektroliser Multitumpukan (*Multistack*)

Elektroliser multitumpukan adalah elektroliser dengan jumlah tumpukan lebih dari satu yang disusun secara bergandengan.

Susunan elektroda - membran (*Membrane Electrode Assembly, MEA*)

Susunan elektroda - membran (*Membrane Electrode Assembly, MEA*) merupakan gabungan antara katoda dan anoda yang mengapit membran elektrolit. Dalam invensi ini, katoda mengandung katalis yang dipilih dari katalis Pt-Ru/C, Cu₂O-ZnO/C atau Pd-SnO₂/C dan anoda mengandung katalis Pt/C, serta membran elektrolit yang digunakan adalah membran elektrolit polimer berbasis politetrafluoro etilena tersulfonasi, misalnya membran elektrolit polimer berbasis politetrafluoro etilena tersulfonasi dengan ketebalan 183 mikrometer, contohnya Nafion-117.

Anoda

Anoda Merupakan elektroda tempat terjadinya oksidasi. Pada invensi ini anoda merupakan tempat oksidasi air menjadi ion H⁺.

Katoda

Katoda Merupakan elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi. Pada invensi ini katoda merupakan tempat reaksi reduksi CO₂ menjadi metanol dengan mendapatkan ion H⁺ dari anoda.

Gasket

Gasket Merupakan bagian dari elektroliser yang terbuat dari silikon dengan mengikuti pola stack dan berfungsi untuk



mencegah kebocoran fluida. Dalam invensi ini gasket silikon yang digunakan dengan ketebelan 0,5 mm.

Pengumpul Arus (*Current Collector*)

Pengumpul arus merupakan bagian yang dapat menghantarkan arus listrik dari luar ke permukaan elektroda. Pengumpul arus berupa kawat kasa dari stainless steel dengan konduktivitas elektrik yang tinggi.

B. Contoh Pelaksanaan Invensi

Pada invensi ini, dibuat elektroliser dengan jumlah tumpukan lebih dari satu yang disusun secara bergandengan contohnya terdiri dari empat susunan elektroda-membran yang digunakan untuk proses elektrolisis dalam konversi CO₂ dan air menjadi metanol dengan memanfaatkan energi dari panel surya. Konversi CO₂ dan air secara elektrokimia menggunakan susunan elektroda-membran dilakukan dengan mengalirkan gas CO₂ ke ruang katoda dengan laju alir CO₂ masing-masing saluran sebesar 160 mL/menit untuk melayani 2 tumpukan dan mengisi ruang anoda dengan air demin sampai batas atas tumpukan. Proses elektrolisis dilakukan dengan waktu 8 jam dengan menggunakan aliran listrik pada tegangan 1,8 volt DC. Kutub negatif dihubungkan pada pengumpul arus katoda dan kutub positif dihubungkan dengan pengumpul arus anoda. Elektrolisis dengan menggunakan elektroliser multitumpukan telah berhasil mengoksidasi molekul air menjadi ion H⁺ dan mereduksi CO₂ menjadi metanol dengan hasil metanol hasil konversi sebanyak 51% b/v.

Metanol dihasilkan dari proses reduksi CO₂ di katoda dengan menerima ion H⁺ yang dihasilkan dari anoda melalui membran elektrolit polimer berbasis politetrafluoro etilena tersulfonasi. Ukuran luas penampang longitudinal elektroliser adalah 19 x 19 cm².

Merujuk pada Gambar 2 adalah penampang dalam arah lateral dari

elektroliser menurut salah satu perwujudan dari invensi ini yang terdiri dari dua susunan elektroda-membran. Gambar 2(a) adalah panampang dalam arah lateral sebelah kanan dan Gambar 2(b) adalah penampang dalam arah lateral sebelah kiri.

Struktur elektroliser multitumpukan dari luar sisi anoda ke arah dalam terdiri atas 1) pelat (*end plate*) terbuat dari akrilik dengan ketebalan 5 mm dan ukuran $19 \times 19 \text{ cm}^2$ sebagai penahan/penutup ruang anoda (1); 2) gasket anoda pertama dengan ukuran $19 \times 19 \text{ cm}^2$ (2); 3) ruang anoda pertama dari akrilik dengan tebal 10 mm dan ukuran luar $19 \times 19 \text{ cm}^2$ dan ukuran dalam $15 \times 15 \text{ cm}^2$ (31); 4) gasket ruang anoda pertama (2); 5) pengumpul arus anoda pertama (41); 6) susunan elektroda-membran (*Membrane Electrode Assembly, MEA*) pertama (gambar 5); 7) Pengumpul arus sisi katoda pertama (61); 8) gasket katoda pertama (7); 9) Ruang katoda pertama dari akrilik dengan ketebalan 10 mm dan ukuran $19 \times 19 \text{ cm}^2$ (81); 10) Gasket katoda kedua (7); 11) Pengumpul arus katoda kedua (62); 12) susunan elektroda-membran (*Membrane Electrode Assembly, MEA*) kedua; 13) Pengumpul arus anoda kedua (42); 14) Gasket anoda kedua (2); 15) Ruang anoda kedua (32); 16) gasket anoda kedua (2) 17) Pengumpul arus Anoda ketiga (63) 18) susunan elektroda-membran (*Membrane Electrode Assembly, MEA*) ketiga; 19) Pengumpul arus katoda ketiga (43); 20) Gasket katoda ketiga (7); 21) Ruang katoda ketiga (82); 22) Gasket katoda keempat (7); 23) Pengumpul arus katoda keempat (44); 24) susunan elektroda-membran (*Membrane Electrode Assembly, MEA*) keempat; 25) Pengumpul arus anoda keempat (64); 26) Gasket anoda keempat (2); 27) Ruang anoda keempat (33); 28) Gasket ruang anoda keempat (2); 29) Struktur luar anoda (*end plate*) (1).

Lingkup perlindungan dari invensi sebagaimana yang dinyatakan dalam klaim - klaim terlampir sebagai berikut;

Klaim

1. Suatu elektroliser multitumpukan pengkonversi CO₂ dan air menjadi metanol melalui reduksi elektrokimia, elektroliser tersebut terdiri atas komponen-komponen yang disusun secara berurutan dalam arah lateral:
 - a. ruang anoda pertama (31) yang diapit oleh gasket anoda (2) pada kedua sisi ruang anoda tersebut untuk mencegah kebocoran reaktan dan produk reaksi oksidasi di anoda, serta dilengkapi dengan jalur masuk anoda pertama (y11) untuk memasukkan umpan anoda dan jalur keluar anoda pertama (y21) untuk mengeluarkan reaktan sisa dan produk reaksi oksidasi di anoda;
 - b. pengumpul arus anoda pertama (41) yang terhubung ke catu daya yang berkutub positif;
 - c. susunan elektroda-membran pertama (51);
 - d. pengumpul arus katoda pertama (61) yang terhubung ke catu daya yang berkutub negatif;
 - e. ruang katoda pertama (81) yang diapit oleh gasket katoda (7) pada kedua sisi ruang katoda tersebut untuk mencegah kebocoran reaktan dan produk reaksi reduksi di katoda, serta dilengkapi dengan jalur masuk ruang katoda (x11) untuk memasukkan umpan katoda dan jalur keluar ruang katoda (x21) untuk mengeluarkan reaktan sisa dan produk reaksi reduksi di katoda;
 - f. pengumpul arus katoda kedua (62) yang terhubung ke catu daya yang berkutub negatif;
 - g. susunan elektroda-membran kedua (52);
 - h. pengumpul arus anoda kedua (42) yang terhubung ke catu daya yang berkutub positif;
 - i. ruang anoda kedua (32) yang diapit oleh gasket anoda (2) pada kedua sisi ruang anoda tersebut untuk mencegah kebocoran reaktan dan produk reaksi oksidasi di anoda, serta dilengkapi dengan jalur masuk anoda kedua (y12) untuk memasukkan umpan anoda dan jalur keluar anoda kedua



(y22) untuk mengeluarkan reaktan sisa dan produk reaksi oksidasi di anoda;

dimana komponen-komponen yang disusun secara berurutan dalam arah lateral tersebut diapit oleh pelat luar (1) yang masing-masing diletakkan pada bagian terluar kedua sisi elektroliser sebagai penutup dan sekaligus penahan elektroliser tersebut; dicirikan dalam hal susunan membran-elektoda terdiri dari membran elektrolit polimer berbasis politetrafluoro etilena tersulfonasi (5a) yang diapit oleh anoda (5b) dan katoda (5c) pada kedua sisi membran tersebut, anoda (5b) yang mengandung katalis Pt/C, dan katoda (5c) yang mengandung katalis yang dipilih dari katalis Pt-Ru/C, $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ atau $\text{Pd-SnO}_2/\text{C}$.

2. Elektroliser multitumpukan dari klaim 1, dimana komponen-komponen yang disusun secara berurutan dalam arah lateral tersebut selanjutnya ditambahkan komponen-komponen b hingga i yang disusun kembali secara berulang dalam arah lateral.
3. Elektroliser multitumpukan menurut salah satu dari klaim-klaim sebelumnya, dimana membran elektrolit polimer berbasis politetrafluoro etilena tersulfonasi (5a) adalah Nafion.
4. Elektroliser multitumpukan menurut salah satu dari klaim-klaim sebelumnya, dimana membran elektrolit polimer berbasis politetrafluoro etilena tersulfonasi adalah Nafion-117.
5. Elektroliser multitumpukan menurut salah satu dari klaim-klaim sebelumnya, dimana pelat luar (1) terbuat dari material akrilik.
6. Elektroliser multitumpukan menurut salah satu dari klaim-klaim sebelumnya, dimana ketebalan pelat luar (1) adalah 5 mm.



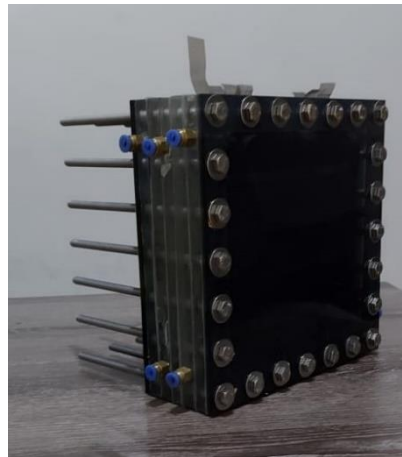
7. Elektroliser multitumpukan menurut salah satu dari klaim-klaim sebelumnya, dimana masing-masing dari gasket katoda (2) dan gasket anoda (7) terbuat dari material silikon.
8. Elektroliser multitumpukan menurut salah satu dari klaim-klaim sebelumnya, dimana ketebalan masing-masing dari gasket katoda (2) dan gasket anoda (7) adalah 0,5 mm.
9. Elektroliser multitumpukan menurut salah satu dari klaim-klaim sebelumnya, dimana ketebalan masing-masing dari ruang katoda dan ruang anoda adalah 10 mm.
10. Elektroliser menurut salah satu dari klaim-klaim sebelumnya, dimana ukuran luas penampang longitudinal elektroliser adalah $19 \times 19 \text{ cm}^2$.



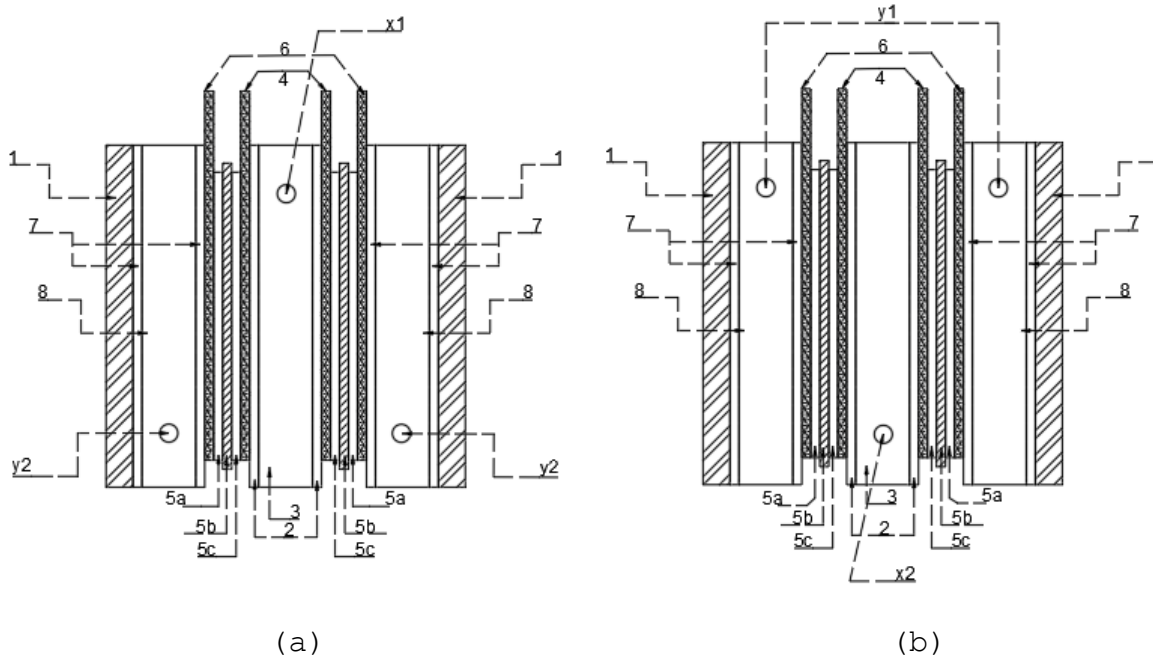
Abstrak

ELEKTROLISER MULTITUMPUKAN UNTUK MENGKONVERSI KARBON DIOKSIDA DAN AIR MENJADI METANOL MELALUI METODE REDUKSI ELEKTROKIMIA BERBASIS SUSUNAN ELEKTRODA-MEMBRAN

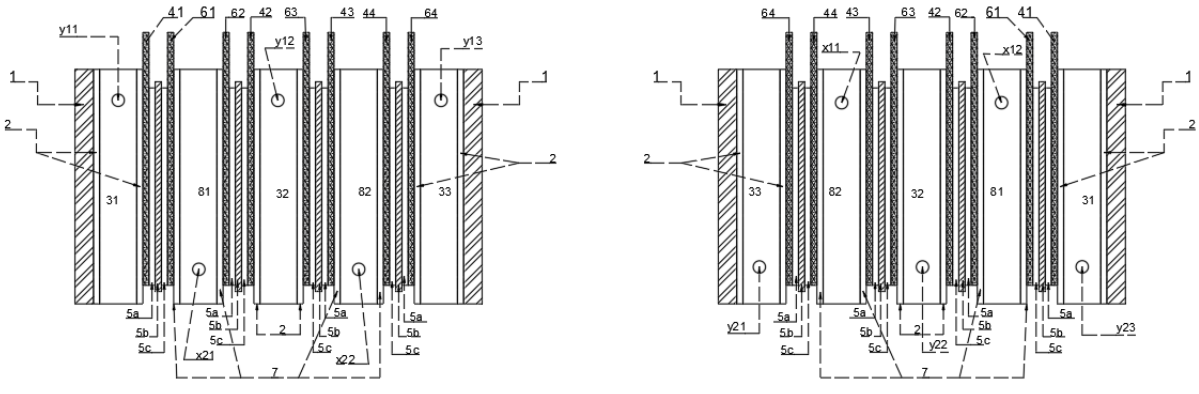
Invensi ini terkait dengan elektroliser multitumpukan (multistack) yang meliputi susunan elektroda-membran (Membrane Electrode Assembly, MEA) sebagai pusat reaksi elektrokimia untuk mengkonversi CO₂ dan air menjadi metanol melalui reduksi elektrokimia. susunan elektroda-membran terdiri atas gabungan anoda dan katoda yang mengapit membran elektrolit polimer berbasis politetrafluoro etilena tersulfonasi. Elektroliser terdiri atas empat susunan elektroda-membran, dua ruang katoda dan tiga ruang anoda. Elektroliser multitumpukan terbuat dari akrilik. Reaksi konversi CO₂ menjadi metanol terjadi di ruang katoda dengan menerima ion H⁺ dari anoda melalui membran elektrolit polimer berbasis politetrafluoro etilena tersulfonasi. Elektroliser terdiri atas: struktur luar stek katoda (end plate) terbuat dari akrilik dengan ketebalan 5 mm sebagai penahan/penutup ruang katoda; gasket katoda terbuat dari silikon untuk pelindung dari kebocoran reaktan dengan ukuran dan desain menyesuaikan dengan ruang katoda; ruang katoda dari akrilik dengan tebal 10 mm dan ukuran 19 x 19 cm²; pengumpul arus katoda dari kasa stainless steel; susunan elektroda-membran; Pengumpul arus sisi anoda; gasket anoda; ruang anoda dari akrilik dengan ketebalan 10 mm; dan struktur luar anoda(end plate).



Gambar 1. Elektroliser; (a) elektroliser menurut salah satu perwujudan dari invensi ini yang terdiri dari dua susunan elektroda-membran, (b) elektroliser menurut perwujudan lainnya dari invensi ini yang terdiri dari empat susunan elektroda-membran



Gambar 2. Penampang dalam arah lateral dari elektroliser menurut salah satu perwujudan dari invensi ini yang terdiri dari dua susunan elektroda-membran. (a) panampang dalam arah lateral sebelah kanan dan (b) adalah penampang dalam arah lateral sebelah kiri.



(a)

(b)

Gambar 3. Penampang dalam arah lateral dari elektroliser menurut perwujudan lainnya dari invensi ini yang terdiri dari empat susunan elektroda-membran. (a) panampang dalam arah lateral sebelah kanan dan (b) penampang dalam arah lateral sebelah kiri

Lampiran 3. Tabel Data Hasil Karakterisasi PSA

- Tabel 2. Data Ukuran Partikel Katalis Cu₂O-ZnO/C 1 Jam PCA

Sampel CCUS : 1 Jam PCA						
No	Size	%wt (simplo)	%wt (duplo)	Rata-Rata	Standar Deviasi	RSD
1	0-1	1,19	1,28	1,24	0,06	5,15
2	0-2	3,78	3,98	3,88	0,14	3,68
3	0-5	9,11	9,19	9,15	0,06	0,61
4	0-10	16,63	16,04	16,34	0,41	2,54
5	0-15	22,73	21,44	22,08	0,92	4,15
6	0-20	26,52	24,73	25,63	1,26	4,93
7	0-30	31,41	29,06	30,24	1,66	5,49
8	0-40	34,85	43,33	39,09	5,99	15,33
9	0-50	39,70	37,40	38,55	1,63	4,22
10	0-100	66,54	68,08	67,31	1,09	1,62
11	0-150	86,70	88,31	87,50	1,14	1,30
12	0-200	95,00	95,67	95,33	0,47	0,50
13	0-230	97,38	97,68	97,5	0,21	0,22
14	0-260	98,38	98,92	98,7	0,38	0,39
15	0-300	99,56	99,62	99,6	0,04	0,04

	Size (µm)		Rerata	SD	RSD
	simplo	duplo			
Median	72,06	73,45	72,76	0,99	1,36
Mean	79,04	78,41	78,73	0,44	0,56

• Tabel 3. Data Ukuran Partikel Katalis Cu₂O-ZnO/C 2 Jam PCA

Sampel CCUS : 2 Jam PCA						
No	Size	%wt (simplo)	%wt (duplo)	Rata-Rata	Standar Deviasi	RSD
1	0-1	3,93	4,31	4,12	0,27	6,61
2	0-2	9,77	10,64	10,21	0,61	5,99
3	0-5	16,46	17,76	17,11	0,91	5,35
4	0-10	21,73	23,21	22,47	1,04	4,64
5	0-15	25,52	27,04	26,28	1,07	4,08
6	0-20	28,02	29,53	28,78	1,07	3,71
7	0-30	31,92	33,38	32,65	1,04	3,18
8	0-40	35,54	36,67	36,11	0,80	2,22
9	0-50	41,85	43,30	42,57	1,03	2,42
10	0-100	76,30	76,80	76,55	0,35	0,46
11	0-150	92,44	92,33	92,38	0,07	0,08
12	0-200	97,42	97,33	97,38	0,07	0,07
13	0-230	98,74	98,68	98,7	0,04	0,04
14	0-260	99,55	99,53	99,5	0,01	0,01
15	0-300	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00

	Size (µm)		Rerata	SD	RSD
	simplo	duplo			
Median	63,56	61,56	62,56	1,41	2,26
Mean	67,34	66,09	66,72	0,88	1,32

• **Tabel 4 Data Ukuran Partikel Katalis Cu₂O-ZnO/C 3 Jam PCA**

Sampel CCUS : 3 Jam PCA						
No	Size	%wt (simplo)	%wt (duplo)	Rata-Rata	Standar Deviasi	RSD
1	0-1	0,27	0,32	0,30	0,03	10,29
2	0-2	1,58	1,81	1,69	0,16	9,52
3	0-5	5,23	5,91	5,57	0,48	8,59
4	0-10	11,67	13,06	12,36	0,98	7,95
5	0-15	17,51	23,70	20,60	4,38	21,25
6	0-20	21,39	23,70	22,54	1,63	7,23
7	0-30	26,90	29,64	28,27	1,94	6,88
8	0-40	31,24	34,41	32,83	2,24	6,82
9	0-50	37,95	41,89	39,92	2,79	6,99
10	0-100	73,50	78,66	76,08	3,65	4,80
11	0-150	91,65	93,62	92,64	1,39	1,50
12	0-200	97,18	97,73	97,46	0,39	0,40
13	0-230	98,62	98,85	98,7	0,16	0,17
14	0-260	99,51	99,59	99,5	0,06	0,06
15	0-300	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00

	Size (µm)		Rerata	SD	RSD
	simplo	duplo			
Median	68,88	62,30	65,59	4,66	7,10
Mean	73,51	67,22	70,36	4,45	6,32

• **Tabel 5 Data Ukurn Partikel Katalis Cu₂O-ZnO/C 1 Jam Tanpa PCA**

Sampel CCUS : 1 Jam Non PCA						
No	Size	%wt (simplo)	%wt (duplo)	Rata-Rata	Standar Deviasi	RSD
1	0-1	0,11	0,37	0,24	0,19	77,01
2	0-2	0,87	1,37	1,12	0,35	31,17
3	0-5	3,35	4,50	3,92	0,81	20,60
4	0-10	8,85	11,39	10,12	1,79	17,69
5	0-15	14,19	18,05	16,12	2,73	16,92
6	0-20	17,79	22,51	20,15	3,34	16,57
7	0-30	22,89	28,81	25,85	4,19	16,21
8	0-40	27,10	34,00	30,55	4,88	15,96
9	0-50	34,18	41,37	37,78	5,09	13,46
10	0-100	73,13	81,51	77,32	5,93	7,67
11	0-150	91,17	95,85	93,51	3,31	3,53
12	0-200	96,66	99,09	97,88	1,72	1,75
13	0-230	98,17	99,77	99,0	1,13	1,14
14	0-260	99,15	100,00	99,6	0,60	0,60
15	0-300	99,70	100,00	99,8	0,21	0,21

	Size (µm)		Rerata	SD	RSD
	simplo	duplo			
Media	71,65	60,71	66,18	7,73	11,69
Mean	77,08	63,81	70,45	9,38	13,32

• Tabel 6. Data Ukuran Partikel Katalis Cu₂O-ZnO/C 2 Jam Tanpa PCA

Sampel CCUS : 2 Jam Non PCA						
No	Size	%wt (simplo)	%wt (duplo)	Rata-Rata	Standar Deviasi	RSD
1	0-1	0,00	0,00	0,00	0,00	#DIV/0!
2	0-2	0,59	0,83	0,71	0,17	23,94
3	0-5	3,972	4,77	4,37	0,56	12,88
4	0-10	12,64	14,88	13,76	1,59	11,52
5	0-15	20,63	24,26	22,44	2,56	11,43
6	0-20	25,59	30,08	27,84	3,17	11,40
7	0-30	32,18	37,72	34,95	3,91	11,20
8	0-40	37,46	43,58	40,52	4,33	10,69
9	0-50	45,87	52,28	49,07	4,53	9,24
10	0-100	81,91	84,02	82,96	1,49	1,80
11	0-150	94,28	94,06	94,17	0,15	0,16
12	0-200	97,82	97,41	97,62	0,29	0,30
13	0-230	98,86	98,57	98,7	0,21	0,21
14	0-260	99,59	99,49	99,5	0,07	0,08
15	0-300	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00

	Size (µm)		Rerata	SD	RSD
	simplo	duplo			
Median	56,57	48,27	52,42	5,87	11,20
Mean	63,10	58,56	60,83	3,21	5,27

• Tabel 7. Data Ukuran Partikel Katalis Cu₂O-ZnO/C 3 Jam Tanpa PCA

Sampel CCUS : 3 Jam Non PCA						
No	Size	%wt (simplo)	%wt (duplo)	Rata-Rata	Standar Deviasi	RSD
1	0-1	0,10	0,13	0,12	0,02	14,76
2	0-2	1,17	3,18	2,17	1,42	65,53
3	0-5	7,677	8,85	8,26	0,83	10,05
4	0-10	25,78	28,99	27,39	2,27	8,29
5	0-40	69,22	78,64	73,93	6,66	9,01
6	0-50	78,40	86,55	82,48	5,77	6,99
7	0-60	83,11	89,95	86,53	4,84	5,59
8	0-80	91,41	94,92	93,16	2,48	2,66
9	0-90	93,93	96,46	95,19	1,79	1,88
10	0-100	95,87	97,50	96,69	1,15	1,19
11	0-150	98,54	99,07	98,81	0,37	0,38
12	0-250	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00

	Size (µm)		Rerata	SD	RSD
	simplo	duplo			
Median	19,43	16,27	17,85	2,24	12,53
Mean	32,86	26,60	29,73	4,43	14,90

Lampiran 4. Data Hasil Analisis BET 6 Katalis Cu₂O-ZnO/C 1 jam PCA

Quantachrome ASWin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
©1994-2015, Quantachrome Instruments
version 2.03



Analysis
Operator: PERTAMINA Date: 10/25/2021
Sample ID: 1 Jam PCA_1_251021_St5 Filename: 1 Jam PCA_1_251021_St5.QPS

Report
Operator: Pertamina Date: 2021/10/28

MBET summary

Slope = 28.048 1/g
Intercept = 9.817e-02 1/g
Correlation coefficient, r = 0.999986
C constant = 286.704

Surface Area = 123.731 m²/g

Total Pore Volume data

Total Pore Volume

Total pore volume = 7.440e-01 cc/g for
pores smaller than 3398.2 Å (Diameter)
at P/Po = 0.99433

Average Pore Size data

Average pore Diameter = 2.40528e+02 Å

Volume/Area summary

Surface Area Data

SinglePoint BET.....	1.088e+02 m ² /g
MultiPoint BET.....	1.237e+02 m ² /g
BJH method cumulative adsorption surface area.....	4.920e+01 m ² /g
BJH method cumulative desorption surface area.....	6.033e+01 m ² /g
DH method cumulative adsorption surface area.....	5.067e+01 m ² /g
DH method cumulative desorption surface area.....	6.118e+01 m ² /g
t-method external surface area.....	8.627e+01 m ² /g
t-method micropore surface area.....	3.746e+01 m ² /g
DFT cumulative surface area.....	9.807e+01 m ² /g

Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Diameter less than 3398.16 Å at P/Po = 0.994335.....	7.440e-01 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume.....	7.039e-01 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume.....	7.106e-01 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume.....	6.848e-01 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume.....	6.892e-01 cc/g
t-method micropore volume.....	1.676e-02 cc/g
HK method micropore volume.....	5.103e-02 cc/g
SF method micropore volume.....	3.940e-02 cc/g
DFT method cumulative pore volume.....	2.176e-01 cc/g

Pore Size Data

Average pore Diameter.....	2.405e+02 Å
BJH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.650e+01 Å
BJH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.406e+01 Å
DH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.650e+01 Å
DH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.406e+01 Å
HK method pore Diameter (Mode).....	6.975e+00 Å
SF method pore Diameter (Mode).....	1.089e+01 Å
DFT pore Diameter (Mode).....	1.126e+01 Å

• Katalis Cu₂O-ZnO/C 2 jam PCA

Quantachrome ASWin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
©1994-2015, Quantachrome Instruments
version 2.03



Analysis
Operator: Pertamina Date: 10/28/2021 Report Operator: Pertamina Date: 2021/11/01
Sample ID: 2 Jam PCA_281021_St5 Filename: 2 Jam PCA_281021_St5-.qps

MBET summary

Slope = 25.217 1/g
Intercept = 4.304e-02 1/g
Correlation coefficient, r = 0.999879
C constant = 586.903
Surface Area = 137.865 m²/g

Total Pore Volume data

Total Pore Volume

Total pore volume = 5.938e-01 cc/g for
pores smaller than 3531.3 Å (Diameter)
at P/Po = 0.99455

Average Pore Size data

Average pore Diameter = 1.72291e+02 Å

Volume/Area summary

Surface Area Data

SinglePoint BET.....	1.295e+02 m ² /g
MultiPoint BET.....	1.379e+02 m ² /g
BJH method cumulative adsorption surface area.....	5.420e+01 m ² /g
BJH method cumulative desorption surface area.....	8.981e+01 m ² /g
DH method cumulative adsorption surface area.....	5.610e+01 m ² /g
DH method cumulative desorption surface area.....	9.701e+01 m ² /g
t-method external surface area.....	1.057e+02 m ² /g
t-method micropore surface area.....	3.217e+01 m ² /g
DFT cumulative surface area.....	1.160e+02 m ² /g

Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Diameter less than 3531.25 Å at P/Po = 0.994550.....	5.938e-01 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume.....	5.455e-01 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume.....	5.743e-01 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume.....	5.317e-01 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume.....	5.652e-01 cc/g
t-method micropore volume.....	1.611e-02 cc/g
HK method micropore volume.....	5.612e-02 cc/g
SF method micropore volume.....	4.457e-02 cc/g
DFT method cumulative pore volume.....	2.458e-01 cc/g

Pore Size Data

Average pore Diameter.....	1.723e+02 Å
BJH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.648e+01 Å
BJH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	8.380e+01 Å
DH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.648e+01 Å
DH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	8.380e+01 Å
HK method pore Diameter (Mode).....	3.675e+00 Å
SF method pore Diameter (Mode).....	3.508e+00 Å
DFT pore Diameter (Mode).....	2.760e+01 Å

• Katalis Cu₂O-ZnO/C 3 jam PCA

Quantachrome ASWin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
©1994-2015, Quantachrome Instruments
version 2.03



Analysis			Report		
Operator:	Pertamina	Date: 11/1/2021	Operator:	Pertamina	Date: 2021/11/03
Sample ID:	3 Jam PCA_011121_St5	Filename:	3 Jam PCA_011121_St5.qps		

MBET summary

Slope = 26.481 1/g
Intercept = 4.823e-02 1/g
Correlation coefficient, r = 0.999876
C constant = 550.099
Surface Area = 131.273 m²/g

Total Pore Volume data

Total Pore Volume

Total pore volume = 4.688e-01 cc/g for
pores smaller than 17935.5 Å (Diameter)
at P/Po = 0.99893

Average Pore Size data

Average pore Diameter = 1.42241e+02 Å

Volume/Area summary

Surface Area Data

SinglePoint BET.....	1.265e+02 m ² /g
MultiPoint BET.....	1.313e+02 m ² /g
BJH method cumulative adsorption surface area.....	5.231e+01 m ² /g
BJH method cumulative desorption surface area.....	8.382e+01 m ² /g
DH method cumulative adsorption surface area.....	5.439e+01 m ² /g
DH method cumulative desorption surface area.....	8.517e+01 m ² /g
t-method external surface area.....	1.029e+02 m ² /g
t-method micropore surface area.....	2.840e+01 m ² /g
DFT cumulative surface area.....	1.165e+02 m ² /g

Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Diameter less than 17935.55 Å at P/Po = 0.998934.....	4.688e-01 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume.....	4.207e-01 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume.....	4.243e-01 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume.....	4.097e-01 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume.....	4.132e-01 cc/g
t-method micropore volume.....	1.428e-02 cc/g
HK method micropore volume.....	5.529e-02 cc/g
SF method micropore volume.....	4.224e-02 cc/g
DFT method cumulative pore volume.....	2.704e-01 cc/g

Pore Size Data

Average pore Diameter.....	1.422e+02 Å
BJH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.638e+01 Å
BJH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.408e+01 Å
DH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.638e+01 Å
DH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.408e+01 Å
HK method pore Diameter (Mode).....	3.675e+00 Å
SF method pore Diameter (Mode).....	3.508e+00 Å
DFT pore Diameter (Mode).....	2.897e+01 Å

• Katalis Cu₂O-ZnO/C 2 jam Non PCA

Quantachrome ASWin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
©1994-2015, Quantachrome Instruments
version 2.03



Analysis
Operator: Pertamina Date: 11/12/2021
Sample ID: 2 Jam Non PCA_121121_St3 Filename: 2 Jam Non PCA_121121_St3.QPS

Report
Operator: Pertamina Date: 2021/11/15
Sample ID: 2 Jam Non PCA_121121_St3.QPS

MBET summary

Slope = 27.631 1/g
Intercept = 3.746e-02 1/g
Correlation coefficient, r = 0.999852
C constant = 738.525
Surface Area = 125.867 m²/g

Total Pore Volume data

Total Pore Volume

Total pore volume = 4.859e-01 cc/g for
pores smaller than 4160.2 Å (Diameter)
at P/Po = 0.99538

Average Pore Size data

Average pore Diameter = 1.54413e+02 Å

Volume/Area summary

Surface Area Data

SinglePoint BET.....	1.263e+02 m ² /g
MultiPoint BET.....	1.259e+02 m ² /g
BJH method cumulative adsorption surface area.....	4.834e+01 m ² /g
BJH method cumulative desorption surface area.....	5.902e+01 m ² /g
DH method cumulative adsorption surface area.....	5.009e+01 m ² /g
DH method cumulative desorption surface area.....	5.993e+01 m ² /g
t-method external surface area.....	9.153e+01 m ² /g
t-method micropore surface area.....	3.434e+01 m ² /g
DFT cumulative surface area.....	1.053e+02 m ² /g

Pore Volume Data

Total pore volume for pores with Diameter less than 4160.19 Å at P/Po = 0.995380.....	4.859e-01 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume.....	4.418e-01 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume.....	4.451e-01 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume.....	4.308e-01 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume.....	4.329e-01 cc/g
t-method micropore volume.....	1.702e-02 cc/g
HK method micropore volume.....	5.340e-02 cc/g
SF method micropore volume.....	4.117e-02 cc/g
DFT method cumulative pore volume.....	2.372e-01 cc/g

Pore Size Data

Average pore Diameter.....	1.544e+02 Å
BJH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.638e+01 Å
BJH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.410e+01 Å
DH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.638e+01 Å
DH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.410e+01 Å
HK method pore Diameter (Mode).....	3.675e+00 Å
SF method pore Diameter (Mode).....	3.508e+00 Å
DFT pore Diameter (Mode).....	1.178e+01 Å

• Katalis Cu₂O-ZnO/C 3 jam Non PCA (1)

Quantachrome ASWin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
©1994-2015, Quantachrome Instruments
version 2.03



Analysis
Operator: Pertamina Date: 11/16/2021
Sample ID: PDSMR 3 Jam Non PCA_1_161121_St1
Report
Operator: Pertamina Date: 2021/11/18
Filename: PDSMR 3 Jam Non PCA_1_161121_St1.QPS

MBET summary

Slope = 26.434 1/g
Intercept = 2.448e-02 1/g
Correlation coefficient, r = 0.999807
C constant = 1080.818
Surface Area = 131.822 m²/g

Total Pore Volume data

Total Pore Volume

Total pore volume = 4.076e-01 cc/g for
pores smaller than 3588.3 Å (Diameter)
at P/Po = 0.99464

Average Pore Size data

Average pore Diameter = 1.23883e+02 Å

Volume/Area summary

Surface Area Data

SinglePoint BET.....	1.315e+02 m ² /g
MultiPoint BET.....	1.316e+02 m ² /g
BJH method cumulative adsorption surface area.....	4.838e+01 m ² /g
BJH method cumulative desorption surface area.....	5.989e+01 m ² /g
DH method cumulative adsorption surface area.....	5.013e+01 m ² /g
DH method cumulative desorption surface area.....	6.083e+01 m ² /g
t-method external surface area.....	9.052e+01 m ² /g
t-method micropore surface area.....	4.110e+01 m ² /g
DFT cumulative surface area.....	1.086e+02 m ² /g

Pore Volume Data

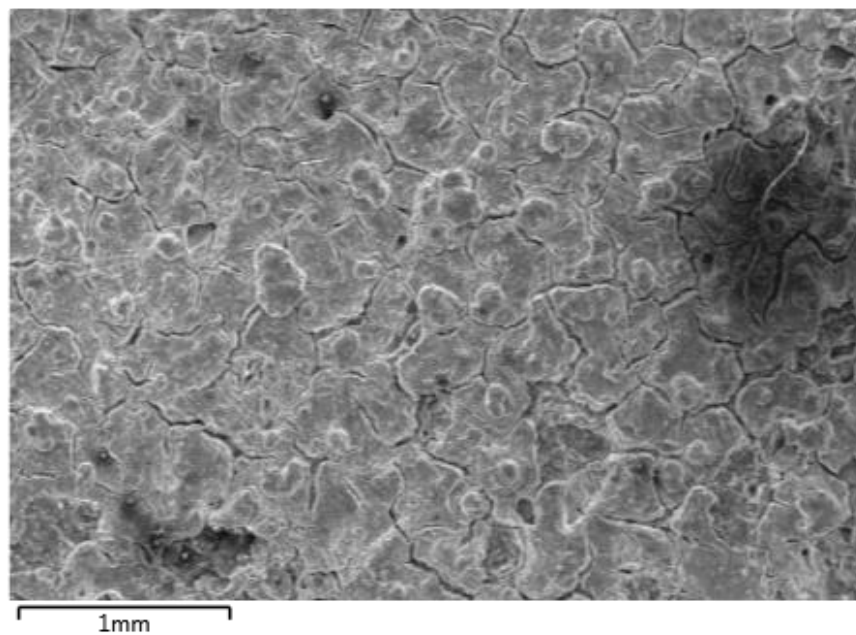
Total pore volume for pores with Diameter less than 3588.33 Å at P/Po = 0.994637.....	4.076e-01 cc/g
BJH method cumulative adsorption pore volume.....	3.608e-01 cc/g
BJH method cumulative desorption pore volume.....	3.657e-01 cc/g
DH method cumulative adsorption pore volume.....	3.527e-01 cc/g
DH method cumulative desorption pore volume.....	3.564e-01 cc/g
t-method micropore volume.....	2.024e-02 cc/g
HK method micropore volume.....	5.619e-02 cc/g
SF method micropore volume.....	4.391e-02 cc/g
DFT method cumulative pore volume.....	2.439e-01 cc/g

Pore Size Data

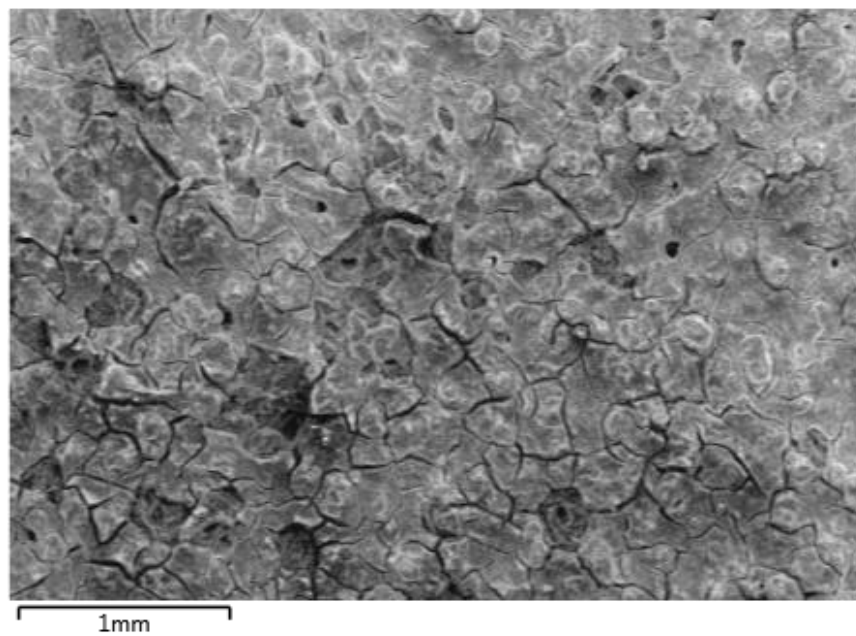
Average pore Diameter.....	1.239e+02 Å
BJH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.643e+01 Å
BJH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.404e+01 Å
DH method adsorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.643e+01 Å
DH method desorption pore Diameter (Mode Dv(d)).....	3.404e+01 Å
HK method pore Diameter (Mode).....	6.925e+00 Å
SF method pore Diameter (Mode).....	1.098e+01 Å
DFT pore Diameter (Mode).....	1.126e+01 Å

Lampiran 5. Hasil Pengukuran SEM-EDX

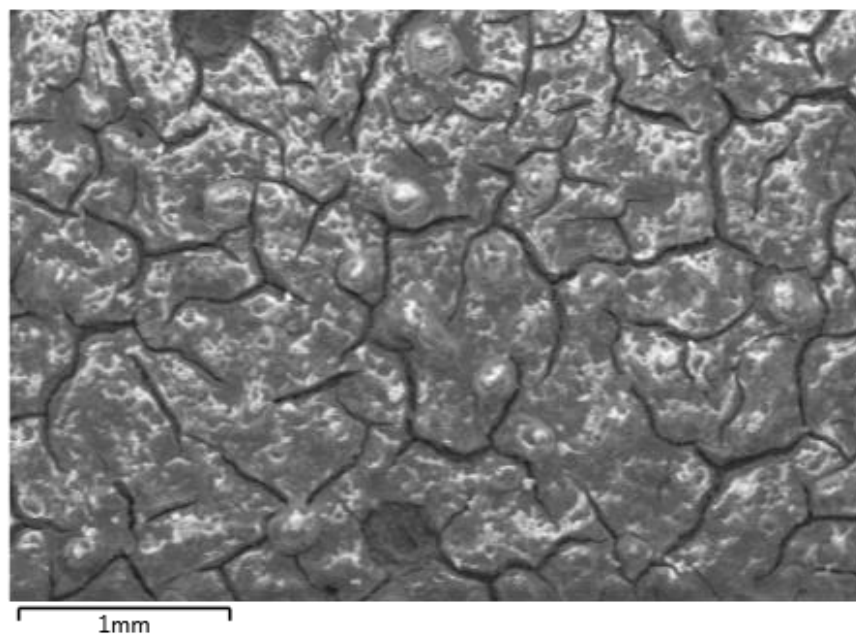
- Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ 1 jam Non PCA



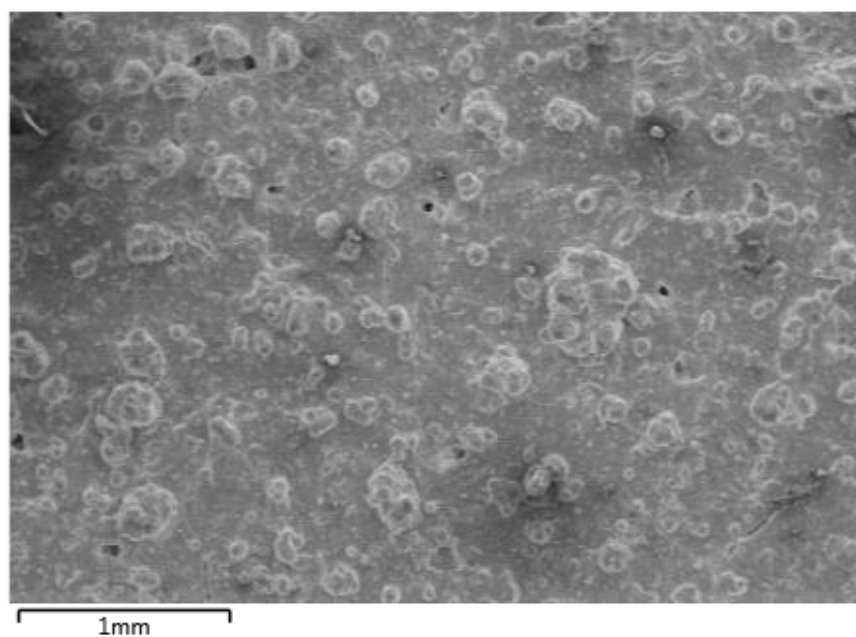
- Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ 2 jam Non PCA



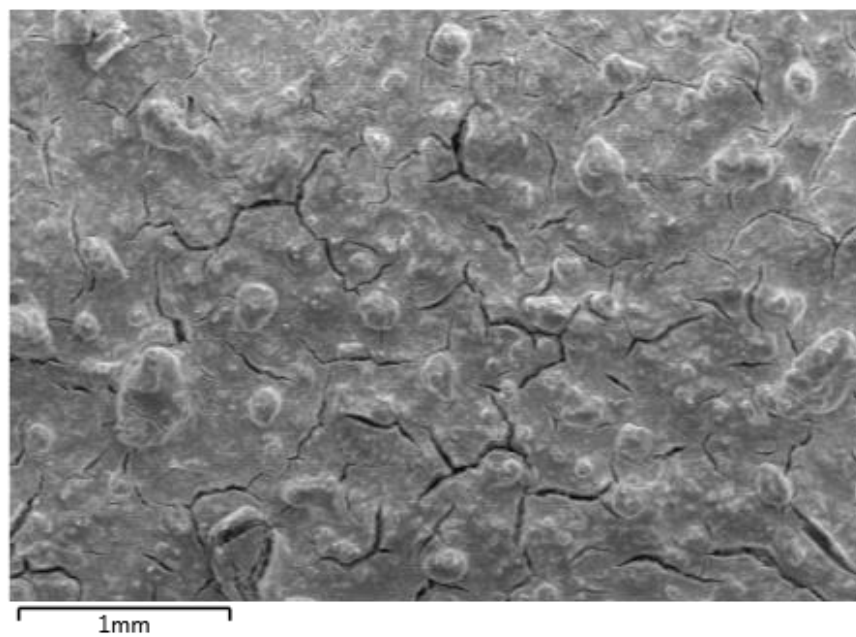
- Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ 3 jam Non PCA



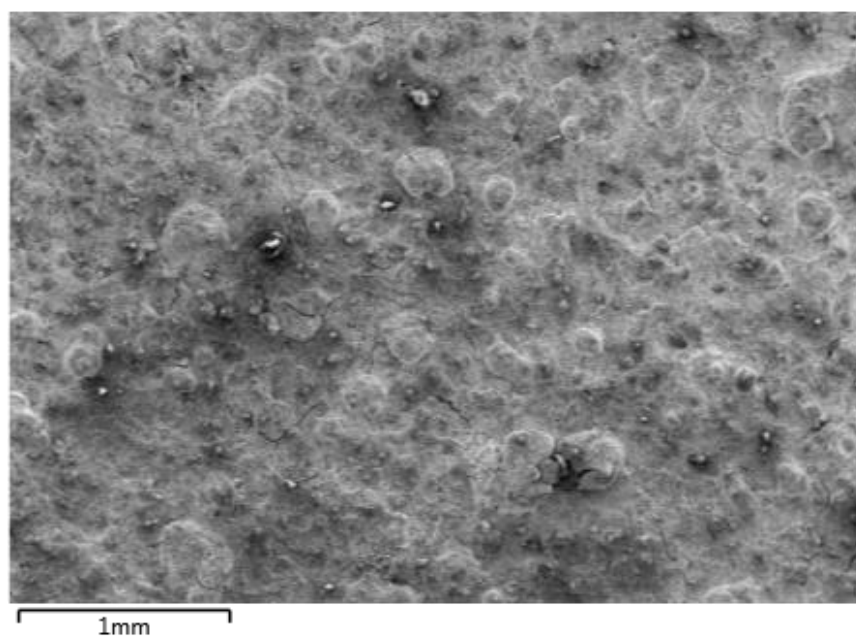
- Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ 1 jam PCA



- Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ 2 jam PCA

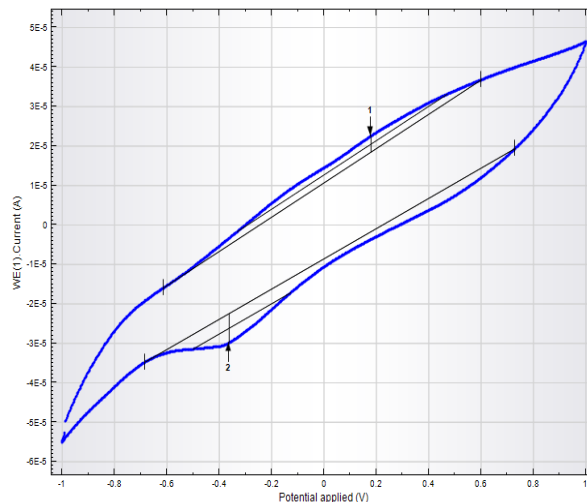


- Katalis $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ 3 jam PCA



Lampiran 6. Perhitungan Nilai ECSA Karakterisasi Cyclic Voltammetry (CV)

- Elektroda Cu₂OZnO/C 1 jam tanpa PCA



Index	Peak position	Peak height	Peak area	Base start	Base end	Peak sum of derivatives
1	0,17944	4,04E-06	3,14E-06	-0,61157	0,60181	8,04E-05
2	-0,36255	-7,44E-06	4,48E-06	-0,68237	0,7312	6,69E-05

$$\text{- Luas area kurva 1} = [(Base\ end_1 - Base\ start_1)] \times 1000\ mV$$

$$= [(0,60181 - (-0,61157))] \times 1000\ mV$$

$$= 1,21338 \times 1000\ mV$$

$$= 1.213,38\ mV$$

$$\text{- Luas area kurva 2} = [(Base\ end_2 - Base\ start_2)] \times 1000\ mV$$

$$= [(0,7312 - (-0,68237))] \times 1000\ mV$$

$$= 1,41357 \times 1000\ mV$$

$$= 1.413,57\ mV$$

$$\text{- } t_1 = \frac{\text{luas area kurva 1}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.213,38\ mV}{25\ mV/s} = 48,5352\ s$$

$$\text{- } t_2 = \frac{\text{luas area kurva 2}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.413,57\ mV}{25\ mV/s} = 56,5428\ s$$

$$\text{- Luas Peak Area}_1 = \left| \frac{t_1(s) \times Peak\ High\ 1\ (A)}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{48,5352\ s \times 0,00000404\ A}{2} \right|$$

$$= 0,000098\ C$$

$$\text{- Luas Peak Area}_2 = \left| \frac{t_2(s) \times Peak\ High\ 2\ (A)}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{56,5428 \times -0,00000744\ A}{2} \right|$$

$$= 0,0002103 \text{ C}$$

- Total Luas Peak Area = Luas *Peak Area* 1 + Luas *Peak Area* 2

$$= 0,000098 \text{ C} + 0,0002103 \text{ C}$$

$$= 0,0003083 \text{ C}$$

- $L_{\text{rata-rata}}$

$$= \frac{\text{Total Luas Peak Area}}{N}$$

$$= \frac{0,0003083 \text{ C}}{2}$$

$$= 0,00015415 \text{ C}$$

- Q_h

$$= \frac{L_{\text{rata-rata}}}{L_{\text{sampel}}}$$

$$= \frac{0,00015415 \text{ C}}{1,5 \text{ cm}^2}$$

$$= 1,03 \times 10^{-5} \text{ C/cm}^2$$

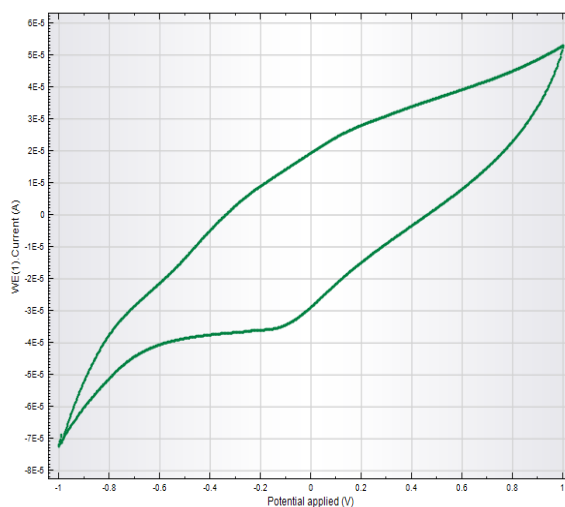
-

$$\text{ECSA} = \frac{Q_h (\text{C/cm}^2)}{420 \mu\text{C/cm}^2 \times \text{loading katalis}}$$

$$= \frac{1,03 \times 10^{-5} \text{ C/cm}^2}{420 \times 10^{-6} \text{ C/cm}^2 \times 1 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2}$$

$$= 244,82 \text{ cm}^2/\text{g}$$

• Elektroda $\text{Cu}_2\text{OZnO/C}$ 2 jam tanpa PCA



Index	Peak position	Peak height	Peak area	Base start	Base end	Peak sum of derivatives
1	-0,22583	7,21E-06	4,31E-06	-0,5603	0,34058	0,00011604
2	-0,091553	-1,29E-05	6,49E-06	-0,59937	0,45532	7,73E-05

- Luas area kurva 1

$$= [(Base\ end_1 - Base\ start_1)] \times 1000 \text{ mV}$$

$$= [(0,34058 - (-0,5603))] \times 1000 \text{ mV}$$

$$= 0,90088 \times 1000 \text{ mV}$$

$$= 900,88 \text{ mV}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas area kurva 2} &= [(Base\ end_2 - Base\ start_2)] \times 1000\ mV \\
 &= [(0,45532 - (-0,59937))] \times 1000\ mV \\
 &= 1,05469 \times 1000\ mV \\
 &= 1.054,69\ mV
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - t_1 &= \frac{\text{luas area kurva 1}}{\text{laju telusur}} = \frac{900,88\ mV}{25\ mV/s} = 36,0352\ s \\
 - t_2 &= \frac{\text{luas area kurva 2}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.054,69\ mV}{25\ mV/s} = 42,1876\ s
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas Peak Area}_1 &= \left| \frac{t_1(s) \times Peak\ High\ 1\ (A)}{2} \right| \\
 &= \left| \frac{36,0352\ s \times 0,00000721\ A}{2} \right| \\
 &= 0,000129\ C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas Peak Area}_2 &= \left| \frac{t_2(s) \times Peak\ High\ 2\ (A)}{2} \right| \\
 &= \left| \frac{42,1876 \times -0,0000129\ A}{2} \right| \\
 &= 0,000272\ C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Total Luas Peak Area} &= \text{Luas Peak Area 1} + \text{Luas Peak Area 2} \\
 &= 0,0001299\ C + 0,0002721\ C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - L_{rata-rata} &= \frac{\text{Total Luas Peak Area}}{N} \\
 &= \frac{0,000402\ C}{2}
 \end{aligned}$$

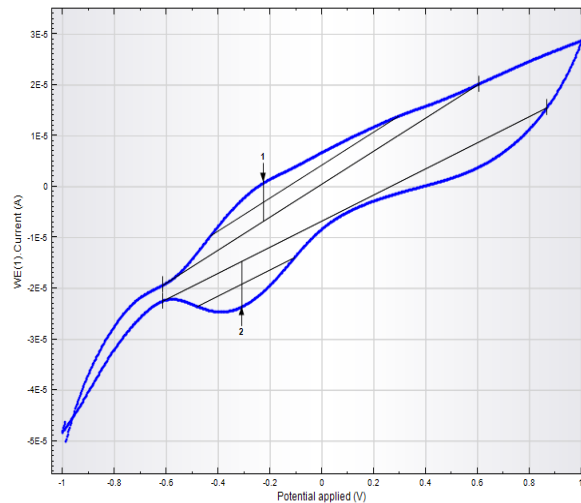
$$\begin{aligned}
 &= 0,000201\ C \\
 - Q_h &= \frac{L_{rata-rata}}{L_{sampel}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,000201\ C}{1,5\ cm^2} \\
 &= 1,34 \times 10^{-5}\ C/cm^2
 \end{aligned}$$

$$- \text{ECSA} = \frac{Q_h\ (C/cm^2)}{420\ \mu C/cm^2 \times \text{loading katalis}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,34 \times 10^{-5}\ C/cm^2}{420 \times 10^{-6}\ C/cm^2 \times 1 \times 10^{-3}\ g/cm^2} \\
 &= 319,13\ cm^2/g
 \end{aligned}$$

• Elektroda Cu₂O/ZnO/C 3 jam tanpa PCA



Index	Peak position	Peak height	Peak area	Base start	Base end	Peak sum of derivatives
1	-0,22583	7,51E-06	5,09E-06	-0,61157	0,60669	8,19E-05
2	-0,30884	-8,95E-06	5,75E-06	-0,61157	0,86792	9,45E-05

- Luas area kurva 1 = $[(Base\ end_1 - Base\ start_1)] \times 1000\ mV$

$$= [(0,60669 - (-0,61157))] \times 1000\ mV$$

$$= 1,21826 \times 1000\ mV$$

$$= 1.218,26\ mV$$

- Luas area kurva 2 = $[(Base\ end_2 - Base\ start_2)] \times 1000\ mV$

$$= [(0,86792 - (-0,61157))] \times 1000\ mV$$

$$= 1,47949 \times 1000\ mV$$

$$= 1.479,49\ mV$$

- $t_1 = \frac{\text{luas area kurva 1}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.218,26\ mV}{25\ mV/s} = 48,7304\ s$

- $t_2 = \frac{\text{luas area kurva 2}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.479,49\ mV}{25\ mV/s} = 59,1796\ s$

- Luas Peak Area₁ = $\left| \frac{t_1(s) \times Peak\ High\ 1\ (A)}{2} \right|$

$$= \left| \frac{48,7304\ s \times 0,00000751\ A}{2} \right|$$

$$= 0,00018298\ C$$

- Luas Peak Area₂ = $\left| \frac{t_2(s) \times Peak\ High\ 2\ (A)}{2} \right|$

$$= \left| \frac{59,1796\ s \times -0,00000895\ A}{2} \right|$$

$$= 0,00026483\ C$$

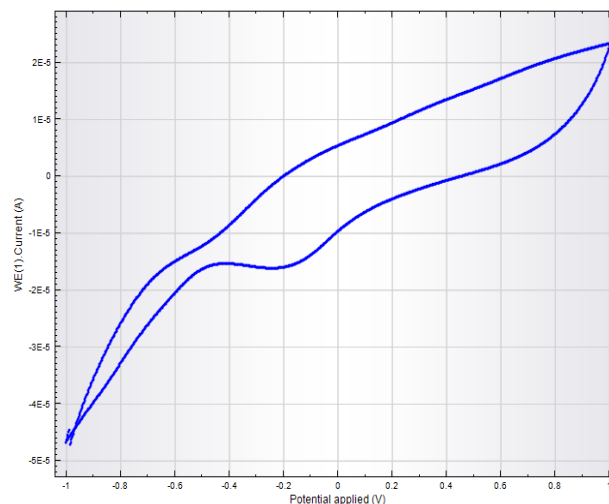
- Total Luas Peak Area = Luas Peak Area 1 + Luas Peak Area 2

$$= 0,00018298\ C + 0,00026483\ C$$

$$= 0,000451\ C$$

$$\begin{aligned}
 - L_{\text{rata-rata}} &= \frac{\text{Total Luas Peak Area}}{N} \\
 &= \frac{0,000451 \text{ C}}{2} \\
 &= 0,000225 \text{ C} \\
 - Q_h &= \frac{L_{\text{rata-rata}}}{L_{\text{sampel}}} \\
 &= \frac{0,000225 \text{ C}}{1,5 \text{ cm}^2} \\
 &= 1,49 \times 10^{-5} \text{ C/cm}^2 \\
 - \text{ECSA} &= \frac{Q_h \text{ (C/cm}^2\text{)}}{420 \mu\text{C/cm}^2 \times \text{loading katalis}} \\
 &= \frac{1,49 \times 10^{-5} \text{ C/cm}^2}{420 \times 10^{-6} \text{ C/cm}^2 \times 1 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2} \\
 &= 355,39 \text{ cm}^2/\text{g}
 \end{aligned}$$

• Elektroda Cu₂OZnO/C 1 jam PCA

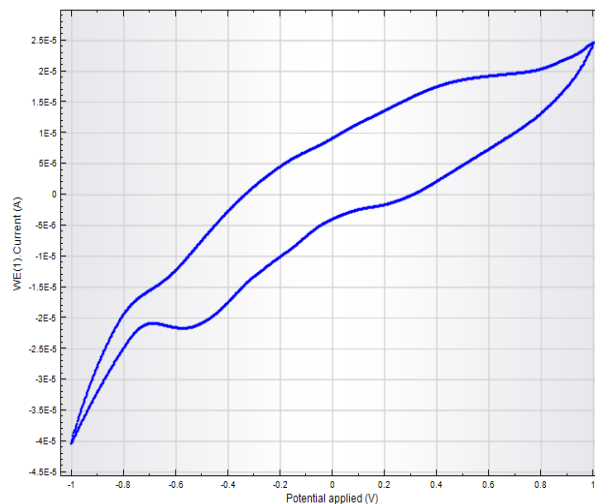


Index	Peak position	Peak height	Peak area	Base start	Base end	Peak sum of derivatives
1	-0,11841	3,78E-06	1,90E-06	-0,43823	0,42358	6,53E-05
2	-0,14771	-6,56E-06	5,73E-06	-0,50659	0,92896	9,08E-05

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas area kurva 1} &= [(Base\ end_1 - Base\ start_1)] \times 1000 \text{ mV} \\
 &= [(0,42358 - (-0,43823))] \times 1000 \text{ mV} \\
 &= 0,86181 \times 1000 \text{ mV} \\
 &= 861,81 \text{ mV} \\
 - \text{Luas area kurva 2} &= [(Base\ end_2 - Base\ start_2)] \times 1000 \text{ mV} \\
 &= [(0,92896 - (-0,50659))] \times 1000 \text{ mV} \\
 &= 1,43555 \times 1000 \text{ mV} \\
 &= 1.435,55 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - t_1 &= \frac{\text{luas area kurva 1}}{\text{laju telusur}} = \frac{861,81 \text{ mV}}{25 \text{ mV/s}} = 34,472 \text{ s} \\
 - t_2 &= \frac{\text{luas area kurva 2}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.435,55 \text{ mV}}{25 \text{ mV/s}} = 57,422 \text{ s} \\
 - \text{Luas Peak Area}_1 &= \left| \frac{t_1(\text{s}) \times \text{Peak High 1 (A)}}{2} \right| \\
 &= \left| \frac{34,472 \text{ s} \times 0,00000378 \text{ A}}{2} \right| \\
 &= 0,0000652 \text{ C} \\
 - \text{Luas Peak Area}_2 &= \left| \frac{t_2(\text{s}) \times \text{Peak High 2 (A)}}{2} \right| \\
 &= \left| \frac{57,422 \text{ s} \times -0,00000656 \text{ A}}{2} \right| \\
 &= 0,000188 \text{ C} \\
 - \text{Total Luas Peak Area} &= \text{Luas Peak Area 1} + \text{Luas Peak Area 2} \\
 &= 0,0000652 \text{ C} + 0,000188 \text{ C} \\
 &= 0,000253 \text{ C} \\
 - L_{\text{rata-rata}} &= \frac{\text{Total Luas Peak Area}}{N} \\
 &= \frac{0,000253 \text{ C}}{2} \\
 &= 0,000127 \text{ C} \\
 - Q_h &= \frac{L_{\text{rata-rata}}}{L_{\text{sampel}}} \\
 &= \frac{0,000127 \text{ C}}{1,5 \text{ cm}^2} \\
 &= 8,45 \times 10^{-5} \text{ C/cm}^2 \\
 - \text{ECSA} &= \frac{Q_h (\text{C/cm}^2)}{420 \mu\text{C/cm}^2 \times \text{loading katalis}} \\
 &= \frac{8,45 \times 10^{-5} \text{ C/cm}^2}{420 \times 10^{-6} \text{ C/cm}^2 \times 1 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2} \\
 &= 201,16 \text{ cm}^2/\text{g}
 \end{aligned}$$

• Elektroda Cu₂OZnO/C 2 jam PCA



Index	Peak position	Peak height	Peak area	Base start	Base end	Peak sum of derivatives
1	-0,1355	8,56E-06	8,83E-06	-0,70923	0,94116	5,50E-05
2	-0,48218	-5,18E-06	5,28E-06	-0,73853	0,95581	9,80E-05

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas area kurva 1} &= [(Base\ end_1 - Base\ start_1)] \times 1000\ mV \\
 &= [(0,94116 - (-0,70923))] \times 1000\ mV \\
 &= 1,65039 \times 1000\ mV \\
 &= 1.650,39\ mV
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas area kurva 2} &= [(Base\ end_2 - Base\ start_2)] \times 1000\ mV \\
 &= [(0,95581 - (-0,73853))] \times 1000\ mV \\
 &= 1,69434 \times 1000\ mV \\
 &= 1.694,34\ mV
 \end{aligned}$$

$$- t_1 = \frac{\text{luas area kurva 1}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.650,39\ mV}{25\ mV/s} = 66,0156\ s$$

$$- t_2 = \frac{\text{luas area kurva 2}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.694,34\ mV}{25\ mV/s} = 67,7736\ s$$

$$- \text{Luas Peak Area}_1 = \left| \frac{t_1(s) \times Peak\ High\ 1\ (A)}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{66,0156\ s \times 0,00000856\ A}{2} \right|$$

$$= 0,0002825\ C$$

$$- \text{Luas Peak Area}_2 = \left| \frac{t_2(s) \times Peak\ High\ 2\ (A)}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{67,7736\ s \times -0,00000518\ A}{2} \right|$$

$$= 0,0001755\ C$$

$$- \text{Total Luas Peak Area} = \text{Luas Peak Area 1} + \text{Luas Peak Area 2}$$

$$= 0,0002825\ C + 0,0001755\ C$$

$$= 0,000458\ C$$

$$- L_{\text{rata-rata}} = \frac{\text{Total Luas Peak Area}}{N}$$

$$= \frac{0,000458\ C}{2}$$

$$= 0,000229\ C$$

$$- Q_h = \frac{L_{\text{rata-rata}}}{L_{\text{sampel}}}$$

$$= \frac{0,000229\ C}{1,5\ cm^2}$$

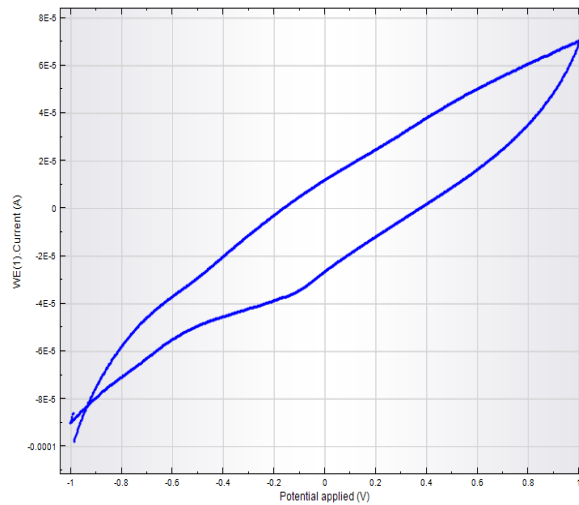
$$= 1,53 \times 10^{-5}\ C/cm^2$$

$$- \text{ECSA} = \frac{Q_h\ (C/cm^2)}{420\ \mu C/cm^2 \times \text{loading katalis}}$$

$$= \frac{1,53 \times 10^{-5}\ C/cm^2}{420 \times 10^{-6}\ C/cm^2 \times 1 \times 10^{-3}\ g/cm^2}$$

$$= 363,54\ cm^2/g$$

• Elektroda Cu₂O/ZnO/C 3 jam PCA



Index	Peak position	Peak height	Peak area	Base start	Base end	Peak sum of derivatives
1	-0,02075	9,73E-06	1,05E-05	-0,69214	0,98267	0,000143
2	0,53345	-1,76E-05	1,97E-05	-0,57251	0,96802	0,000232

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas area kurva 1} &= [(Base\ end_1 - Base\ start_1)] \times 1000\ mV \\
 &= [(0,98267 - (-0,69214))] \times 1000\ mV \\
 &= 1,67481 \times 1000\ mV = 1.674,81\ mV
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas area kurva 2} &= [(Base\ end_2 - Base\ start_2)] \times 1000\ mV \\
 &= [(0,96802 - (-0,57251))] \times 1000\ mV \\
 &= 1,54051 \times 1000\ mV \\
 &= 1.540,51\ mV
 \end{aligned}$$

$$- t_1 = \frac{\text{luas area kurva 1}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.674,81\ mV}{25\ mV/s} = 66,9924\ s$$

$$- t_2 = \frac{\text{luas area kurva 2}}{\text{laju telusur}} = \frac{1.540,51\ mV}{25\ mV/s} = 61,6204\ s$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas Peak Area}_1 &= \left| \frac{t_1(s) \times Peak\ High\ 1\ (A)}{2} \right| \\
 &= \left| \frac{66,9924\ s \times 0,00000973\ A}{2} \right| \\
 &= 0,000326\ C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Luas Peak Area}_2 &= \left| \frac{t_2(s) \times Peak\ High\ 2\ (A)}{2} \right| \\
 &= \left| \frac{61,6204\ s \times -0,00000176\ A}{2} \right| \\
 &= 0,000542\ C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Total Luas Peak Area} &= \text{Luas Peak Area 1} + \text{Luas Peak Area 2} \\
 &= 0,000326\ C + 0,000542\ C \\
 &= 0,000868\ C
 \end{aligned}$$

$$- L_{\text{rata-rata}} = \frac{\text{Total Luas Peak Area}}{N}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,000868 \text{ C}}{2} \\ - \text{ Qh} &= 0,000434 \text{ C} \\ &= \frac{\text{Lrata-rata}}{\text{Lsampel}} \\ &= \frac{0,000434 \text{ C}}{1,5 \text{ cm}^2} \\ &= 2,9 \times 10^{-5} \text{ C/cm}^2 \\ - \text{ ECSA} &= \frac{\text{Qh (C/cm}^2\text{)}}{420 \mu\text{C/cm}^2 \times \text{loading katalis}} \\ &= \frac{2,9 \times 10^{-5} \text{ C/cm}^2}{420 \times 10^{-6} \text{ C/cm}^2 \times 1 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2} \\ &= 689,77 \text{ cm}^2/\text{g} \end{aligned}$$

Lampiran 7. Perhitungan Nilai Konduktivitas Karakterisasi Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)

$$\text{Rumus Konduktivitas: } \sigma = \frac{1}{Z_r} \times \frac{l}{A}$$

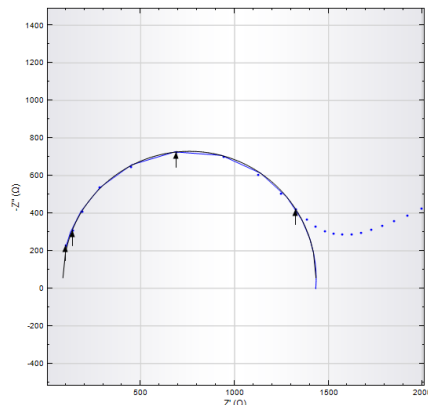
dimana: σ = konduktivitas (S/cm)

Z_r = hambatan real total = $R_p + R_s$ (Ω)

l = jarak sampel (cm)

A = luas permukaan kontak elektroda (cm^2)

• Elektroda 1 jam tanpa PCA



No.	Katalis pada Elektroda	Parameter Impedasi		Konduktivitas (S/cm)
		R_s (Ω)	R_p (Ω)	
1.	$\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$	81,551	1.350,5	$0,7758 \times 10^{-3}$ S/cm

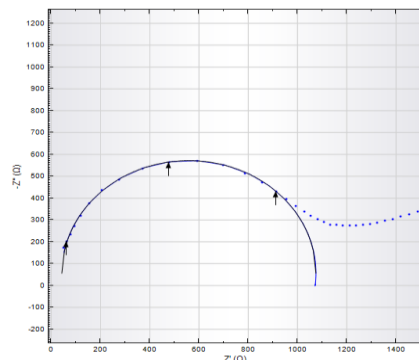
$$\begin{aligned} Z_r &= R_p + R_s \\ &= 81,551 + 1.350,5 \\ &= 1.432,051 \Omega \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{1}{Z_r} \times \frac{l}{A}$$

$$\sigma = \frac{1}{1.432,051} \times \frac{1}{1,5}$$

$$\sigma = 0,46 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$$

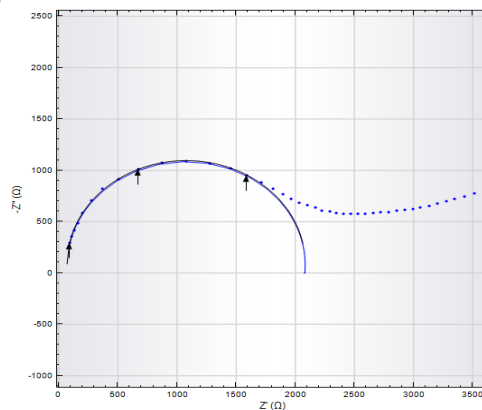
• Elektroda 2 jam tanpa PCA



No.	Katalis pada Elektroda	Parameter Impedasi		Konduktivitas (S/cm)
		R_s (Ω)	R_p (Ω)	
1.	$\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$	45,632	1.025,8	$0,62 \times 10^{-3}$ S/cm

$$\begin{aligned}
 Z_r &= R_p + R_s \\
 &= 1.025,8 + 45,632 \\
 &= 1.071,432 \, \Omega \\
 \sigma &= \frac{1}{Z_r} \times \frac{l}{A} \\
 \sigma &= \frac{1}{1.071,432} \times \frac{1}{1,5} \\
 \sigma &= 0,62 \times 10^{-3} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

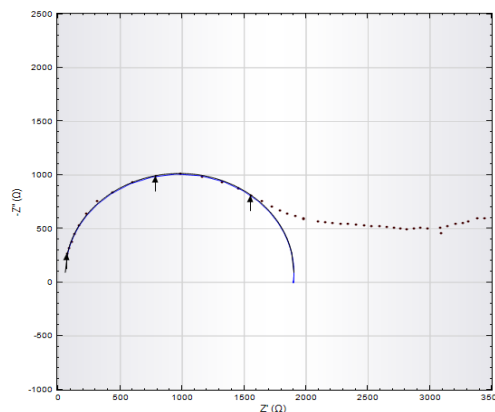
• **Elektroda 3 jam tanpa PCA**



No.	Katalis pada Elektroda	Parameter Impedasi		Konduktivitas (S/cm)
		Rs (Ω)	Rp (Ω)	
1.	Cu ₂ O-ZnO/C	73,904	2.006,1	0,32 x 10 ⁻³ S/cm

$$\begin{aligned}
 Z_r &= R_p + R_s \\
 &= 2.006,1 + 73,904 \\
 &= 2.080,004 \, \Omega \\
 \sigma &= \frac{1}{Z_r} \times \frac{l}{A} \\
 \sigma &= \frac{1}{2.080,004} \times 1,5 \\
 \sigma &= 0,32 \times 10^{-3} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

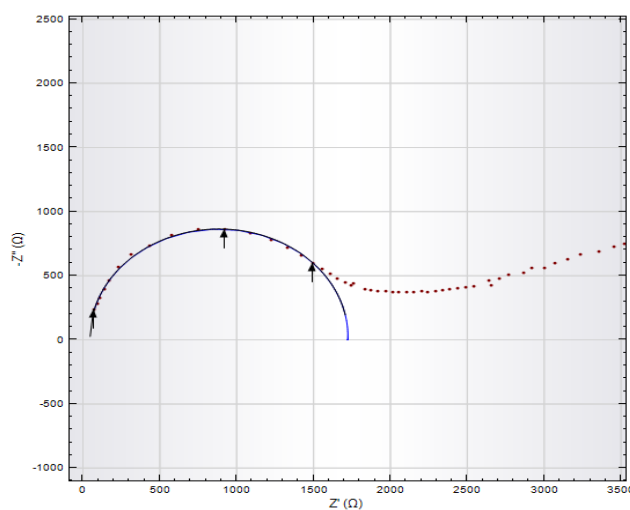
• **Elektroda 1 jam PCA**



No.	Katalis pada Elektroda	Parameter Impedasi		Konduktivitas (S/cm)
		Rs (Ω)	Rs (Ω)	
1.	Cu ₂ O-ZnO/C	60,64	1.836,5	0,0586 x 10 ⁻³ S/cm

$$\begin{aligned}
 Z_r &= R_p + R_s \\
 &= 1.836,5 + 60,64 \\
 &= 1.897,14 \Omega \\
 \sigma &= \frac{1}{Z_r} \times \frac{l}{A} \\
 \sigma &= \frac{1}{1.897,14} \times \frac{1}{1,5} \\
 \sigma &= 0,35 \times 10^{-3} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

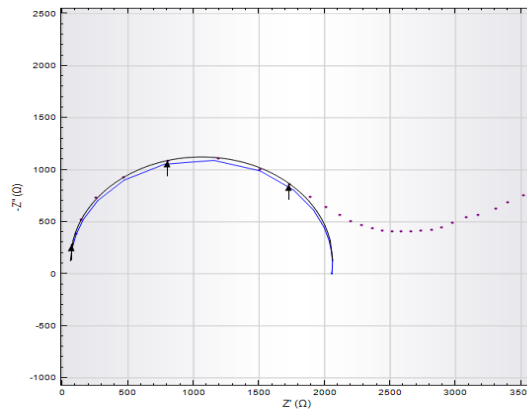
• Elektroda 2 jam PCA



No.	Katalis pada Elektroda	Parameter Impedasi		Konduktivitas (S/cm)
		Rs (Ω)	Rs (Ω)	
1.	Cu ₂ O-ZnO/C	47,229	1.675,5	0,39 x 10 ⁻³ S/cm

$$\begin{aligned}
 Z_r &= R_p + R_s \\
 &= 1.675,5 + 47,229 \\
 &= 1.722,729 \Omega \\
 \sigma &= \frac{1}{Z_r} \times \frac{l}{A} \\
 \sigma &= \frac{1}{1.722,729} \times \frac{1}{1,5} \\
 \sigma &= 0,39 \times 10^{-3} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

• Elektroda 3 jam PCA



No.	Katalis pada Elektroda	Parameter Impedasi		Konduktivitas (S/cm)
		R_s (Ω)	R_p (Ω)	
1.	$\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$	68,235	1.986,4	$0,32 \times 10^{-3}$ S/cm

$$\begin{aligned}
 Z_r &= R_p + R_s \\
 &= 1.986,4 + 68,235 \\
 &= 2.054,635 \Omega \\
 \sigma &= \frac{1}{Z_r} \times \frac{l}{A} \\
 \sigma &= \frac{1}{2.054,635} \times \frac{1}{1,5} \\
 \sigma &= 0,32 \times 10^{-3} \text{ S/cm}
 \end{aligned}$$

Lampiran 8. Data Konversi CO₂ menjadi Metanol

• Variasi Tegangan pada Singlestack dengan laju alir 60 mL/menit

Tegangan (V)	waktu	Laju alir	V CO ₂	RT	mol CO ₂	Massa CO ₂	%MeOH	Massa MeOH	%Konversi
0,6	120	0,06	7,20	24,436	0,29	12,96	10,66	5,33	41,11
0,8	120	0,06	7,20	24,436	0,29	12,96	13,20	6,60	50,91
1,0	120	0,06	7,20	24,436	0,29	12,96	13,52	6,76	52,14
1,2	120	0,06	7,20	24,436	0,29	12,96	13,66	6,83	52,68
1,4	120	0,06	7,20	24,436	0,29	12,96	14,5	7,25	55,92
1,6	120	0,06	7,20	24,436	0,29	12,96	15,03	7,52	57,97
1,8	120	0,06	7,20	24,436	0,29	12,96	17,72	8,86	68,34
2,0	120	0,06	7,20	24,436	0,29	12,96	13,55	6,78	52,26

• Variasi Laju Alir pada Singlestack dengan Tegangan 1,8 V

Laju Alir (mL/menit)	waktu	Laju alir	V CO ₂	RT	mol CO ₂	Massa CO ₂	%MeOH	Massa MeOH	%Konversi
60	120	0,06	7,20	24,436	0,29	12,96	17,72	8,86	68,34
80	120	0,08	9,60	24,436	0,39	17,29	20,36	10,18	58,89
100	120	0,10	12,00	24,436	0,49	21,61	28,03	14,02	64,86
120	120	0,12	14,40	24,436	0,59	25,93	34,34	17,17	66,22
140	120	0,14	16,80	24,436	0,69	30,25	23,55	11,78	38,93
160	120	0,16	19,20	24,436	0,79	34,57	12,34	6,17	17,85

• Variasi Laju Alir pada Doublestack dengan Tegangan 1,8 V

Laju Alir (mL/menit)	waktu	Laju alir	V CO ₂	RT	mol CO ₂	Massa CO ₂	%MeOH	Massa MeOH	%Konversi
120	120	0,12	14,40	24,436	0,59	25,93	33,47	16,74	64,54
160	120	0,16	19,20	24,436	0,79	34,57	39,30	19,65	56,84
200	120	0,20	24,00	24,436	0,98	43,21	38,41	19,21	44,44
240	120	0,24	28,80	24,436	1,18	51,86	32,51	16,26	31,35

• Variasi Waktu pada Doublestack dengan Tegangan 1,8 V dan Laju Alir 160 mL/menit

Laju Alir (mL/menit)	waktu	Laju alir	V CO ₂	RT	mol CO ₂	Massa CO ₂	%MeOH	Massa MeOH	%Konversi
160	120	0,12	14,40	24,436	0,59	25,93	39,30	19,65	75,78
160	240	0,16	38,40	24,436	1,57	69,14	39,92	19,96	28,87
160	360	0,20	72,00	24,436	2,95	129,64	41,22	20,61	15,90
160	480	0,24	115,20	24,436	4,71	207,43	42,62	21,31	10,27

• Variasi Waktu pada Multistack dengan Tegangan 1,8 V dan Laju Alir 160 mL/menit

Laju Alir (mL/menit)	waktu	Laju alir	V CO ₂	RT	mol CO ₂	Massa CO ₂	%MeOH	Massa MeOH	%Konversi
320	120	0,12	14,40	24,436	0,59	25,93	42,41	21,20	81,77
320	240	0,16	38,40	24,436	1,57	69,14	44,06	22,03	31,86
320	360	0,20	72,00	24,436	2,95	129,64	45,12	22,56	17,40
320	480	0,24	115,20	24,436	4,71	207,43	45,37	22,68	10,94

• Variasi Waktu pada Singlestack KHCO₃ dengan Tegangan 1,8 V dan Laju Alir 120 mL/menit

Suhu (oC)	waktu	Laju alir	V CO ₂	RT	mol CO ₂	Massa CO ₂	%MeOH Hasil Destilasi
25	120	0,12	14,40	24,436	0,59	25,93	71,60
40	120	0,12	14,40	24,436	0,59	25,93	63,76
50	120	0,12	14,40	24,436	0,59	25,93	44,28
60	120	0,12	14,40	24,436	0,59	25,93	42,24

• Variasi Waktu pada Singlestack KHCO₃ dengan Tegangan 1,8 V dan Laju Alir 120 mL/menit

Suhu (oC)	waktu	Laju alir	V CO ₂	RT	mol CO ₂	Massa CO ₂	%MeOH Hasil Destilasi
25	120	0,16	19,20	24,436	0,79	34,57	79,06
25	120	0,16	19,20	24,436	0,79	34,57	61,05
25	120	0,16	19,20	24,436	0,79	34,57	58,18
25	120	0,16	19,20	24,436	0,79	34,57	57,55

Lampiran 9. Data *Looping System*

Waktu (menit)	Laju alir sisa (mL/menit)	Laju alir inlet (mL/menit)	CO2 bereaksi (mL/menit)
5	0,029	0,155	0,126
10	0,027	0,154	0,127
15	0,025	0,152	0,127
20	0,022	0,152	0,13
25	0,022	0,152	0,13
30	0,022	0,149	0,127
35	0,026	0,16	0,134
40	0,024	0,152	0,128
45	0,023	0,149	0,126
50	0,024	0,153	0,129
55	0,026	0,158	0,132
60	0,026	0,157	0,131
65	0,028	0,158	0,13
70	0,03	0,157	0,127
75	0,029	0,157	0,128
80	0,029	0,157	0,128
85	0,029	0,157	0,128
90	0,029	0,156	0,127
95	0,03	0,157	0,127
100	0,029	0,157	0,128
105	0,029	0,155	0,126
110	0,025	0,147	0,122
115	0,029	0,149	0,12
120	0,024	0,152	0,128