



**Kontrak Pelaksanaan Program Penelitian
PPS-PTM**

**Tahun Anggaran 2022
Nomor : 043/UN8.2/PG/2022**

Pada hari ini **Selasa** tanggal **Tujuh Belas** bulan **Mei** tahun **Dua Ribu Dua Puluh Dua** (17-05-2022), kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. **Prof. Dr. Ir. H. Danang Biyatmoko, M.Si** : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Lambung Mangkurat, yang berkedudukan di Jl. Brigjend H. Hasan Basry Banjarmasin, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Dr. Ir. Agus Mirwan, ST, MT** : Dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2022 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam Kontrak Pelaksanaan Program Penelitian, PPS-PTM Tahun Anggaran 2022 yang selanjutnya disebut Kontrak Penelitian, dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1
Ruang Lingkup Kontrak**

PIHAK PERTAMA memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan PPS-PTM Tahun Anggaran 2022 dengan judul "Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Crude Palm Oil".

**Pasal 2
Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan Penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 25.700.000,- (Dua puluh lima juta tujuh ratus ribu rupiah)** sudah termasuk pajak;

- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Tahun Anggaran 2022 Nomor SP DIPA-023.17.1.690523/2022 revisi ke-02, tanggal 22 April 2022.

Pasal 3

Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:
- Pembayaran Tahap Pertama sebesar **Rp. 17.990.000,- (Tujuh belas juta sembilan ratus sembilan puluh ribu rupiah)**, akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah revisi proposal penelitian dan membuat rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, RAB, tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai dan Surat Kesanggupan Pelaksanaan dan Penyusunan Laporan Penelitian ke laman BIMA (Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat) serta menandatangani Kontrak Penelitian TA 2022;
 - Pembayaran Tahap Kedua, **Rp. 7.710.000,- (Tujuh juta tujuh ratus sepuluh ribu rupiah)**, dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian, Catatan Harian Pelaksanaan Penelitian, Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan paling lambat tanggal **16 Agustus 2022** ke laman BIMA (Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat).
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut:
- | | |
|----------------|------------------------|
| Nama | : Agus Mirwan |
| Nomor Rekening | : 0201034191 |
| Nama Bank | : BNI |
| NPWP | : 14.828.401.1-732.000 |
- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data penelitian, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4

Jangka Waktu

PIHAK KEDUA harus menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan pada laman (*website*) BIMA (Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat).

- Catatan harian, laporan kemajuan pelaksanaan penelitian dan Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) paling lambat tanggal **16 Agustus 2022**;
- Laporan akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah, profile dan luaran penelitian pada tanggal **16 November 2022**.

Pasal 5
Luaran Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian;
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian;
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA**;
- (4) Serah terima luaran penelitian dari **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** disertai Berita Acara Serah Terima (BAST).

Pasal 6
Hak dan Kewajiban Para Pihak

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
 - a. **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5;
 - b. **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA**:
 - a. **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
 - b. **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran PPS-PTM dengan judul Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Crude Palm Oil dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - c. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
 - d. **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana;
 - e. **PIHAK KEDUA** berkewajiban mencantumkan pemberi dana penelitian dalam Publikasi Ilmiah, Makalah, dan/atau Ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini;
 - f. Materai dan biaya lainnya yang berkaitan dengan Kontrak Penelitian ini menjadi beban **PIHAK KEDUA** sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Pasal 7
Laporan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa laporan kemajuan, BCHP, laporan akhir, luaran penelitian dan laporan penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA** yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**;
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Kemajuan, SPTB atas dana penelitian yang telah ditetapkan dan Buku Catatan Harian Penelitian yang telah dilaksanakan ke SIMLITABMAS paling lambat **16 Agustus 2022**;

- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Kemajuan, BCHP dan SPTB kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **23 September 2022**;
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah Laporan Akhir, capaian hasil, Poster, artikel ilmiah, profil dan luaran penelitian pada SIMLITABMAS paling lambat **16 November 2022**;
- (5) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* Laporan Akhir, Capaian Hasil, Poster, Artikel Ilmiah, Profil dan Laporan Penggunaan Anggaran 100% kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **18 November 2022**;
- (6) Laporan hasil Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (4) ditulis dalam format font Times New Romans ukuran 12 spasi 1,5 kertas A4 pada bagian bawah sampul (cover) ditulis :

Dibiayai oleh:

Direktorat Riset, Teknologi, Dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi sesuai dengan
Kontrak Pelaksanaan Program Penelitian Tahun Anggaran 2022
Nomor : 113/E5/PG.02.00.PT/2022

- (7) *Softcopy* laporan hasil program penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (5) harus diunggah ke laman (*website*) BIMA sedangkan *hardcopy* harus disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 8 Monitoring dan Evaluasi

- (1) **PIHAK PERTAMA** dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2022 ini sebelum pelaksanaan Monitoring dan Evaluasi eksternal oleh Direktorat Riset, Teknologi, Dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi;
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak hadir dalam kegiatan Pemonitoran dan Evaluasi tanpa pemberitahuan sebelumnya, maka **PIHAK KEDUA** tidak berhak menerima sisa dana tahap kedua.

Pasal 9 Penilaian Luaran

1. Penilaian luaran penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke kas negara.

Pasal 10
Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

Pasal 11
Penggantian Ketua Pelaksana

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**;
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka penelitian dibatalkan dan **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara;
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 12
Kesanggupan Pelaksanaan Penelitian

- (1) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab penuh untuk menyelesaikan penelitian serta mengunggah laporan kemajuan dan laporan akhir penelitian sebagaimana diatur dalam Pasal 7;
- (2) Surat pernyataan kesanggupan pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus diunggah ke laman (*website*) BIMA.

Pasal 13
Sanksi

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim Laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim Laporan Akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut;
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 14
Pembatalan Perjanjian

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** dikenai sanksi administratif serta wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara;
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 15
Pajak-Pajak

PIHAK KEDUA wajib menyetor pajak ke kantor pelayanan pajak setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa :

1. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%
2. Pajak - pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 16
Peralatan Dan/Alat Hasil Penelitian

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Lambung Mangkurat melalui Berita Acara Serah Terima (BAST).

Pasal 17
Penyelesaian Sengketa

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

Pasal 18
Lain-lain

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri;
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.


Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermeterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA



Prof. Dr. Ir. H. Danang Biyatmoko, M.Si
NIDN 0007055814

PIHAK KEDUA



Dr. Ir. Agus Mirwan, ST, MT
NIDN 0019087603

MENGETAHUI
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat



Dr. Bani Noor Muchamad, S.T., M.T.
NIDN. 0030047201

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

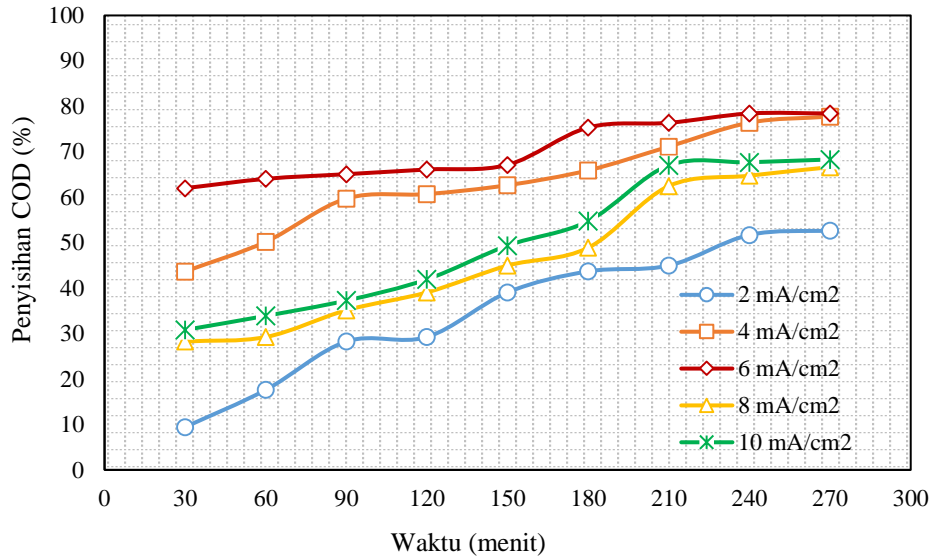
Limbah cair industri CPO berupa POME diperoleh dari kolam outlet PT. X yang berlokasi di daerah Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan dengan kualitas COD, BOD, dan TSS sangat tinggi dari baku mutu yang ditetapkan. Sampel POME diambil dari kolam pengolahan akhir sebelum dialirkan ke badan air. Sampel yang terkumpul kemudian dibawa ke laboratorium dan disimpan pada suhu 4 °C untuk meminimalisir terjadinya perubahan biologi dan kimia. Berdasarkan hasil analisis karakterisasi limbah cair POME yang dilakukan secara kuantitatif menggunakan metode analisis *standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA 2012) diperoleh nilai COD, BOD, dan TSS secara berurutan sebesar 3066.1 mg/L, 1040 ,g/L, dan 5474.24 mg/L.

Proses elektrokoagulasi limbah cair POME dilakukan secara *batch* dengan variasi perbedaan kerapatan arus, jenis elektroda, dan waktu kontak menggunakan serangkaian alat elektrokoagulasi yang telah dimodifikasi berupa reaktor akrilik berbentuk kubus dengan ketebalan 3 mm dan ukuran sisi-sisinya sebesar 20 cm. Reaktor diisi dengan 1000 mL POME. Dua pasang pelat elektroda berjenis aluminium (Al) dan besi (Fe) digunakan sebagai anoda dan katoda dalam sistem elektrokoagulasi dengan dimensi 15×15 cm dan jarak antar elektroda 3 cm. Berdasarkan hasil proses elektrokoagulasi limbah cair POME menggunakan serangkaian alat elektrokoagulasi diperoleh data analisis COD, BOD, TSS dan tersajikan dalam bentuk grafik profil persen penyisihannya dengan variasi perbedaan kerapatan arus, waktu kontak, dan jenis elektroda Al yang ditunjukkan pada **Gambar 1** sampai dengan **Gambar 3**. Pada **Gambar 4** sampai dengan **Gambar 6** menunjukkan penggunaan elektroda jenis Fe. Sedangkan Gambar 7 sampai dengan Gambar 9 menunjukkan profil persentase penyisihan COD, BOD, dan TSS menggunakan variasi jarak antar elektroda, kerapatan arus 3 mA/cm² dan elektroda terbaik berbahan Al sebagai fungsi waktu kontak

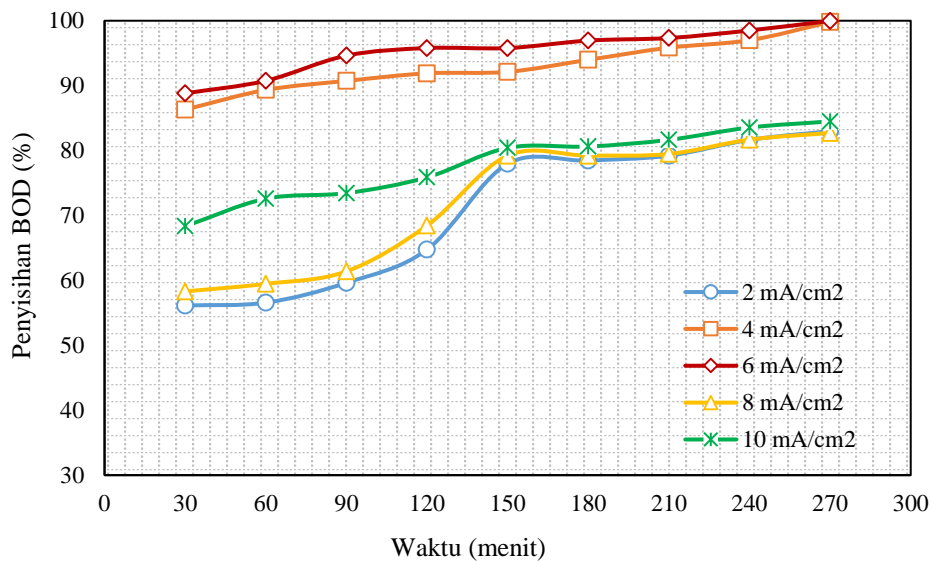
Pengaruh perbedaan kerapatan arus dan waktu kontak reaksi terhadap penurunan COD, BOD, dan TSS menggunakan material elektroda Al

Persen penyisihan COD, BOD, dan TSS pada perbedaan kerapatan arus dan waktu kontak menggunakan jenis elektroda Al secara progresif dan keseluruhan menunjukkan peningkatan dengan kenaikan signifikan terjadi pada rapat arus 4 dan 6 mA/cm² dan waktu kontak 240 dan 270 menit. **Gambar 1** menunjukkan penyisihan COD sebesar 78,43% terjadi pada kerapatan arus 6 mA/cm² dan waktu kontak 240 menit. Berdasarkan Bashir et al., [1] penyisihan COD dari limbah POME melalui proses elektrokoagulasi tercapai sebesar 75,4% terjadi pada kerapatan arus 56 mA/cm² dan waktu kontak 65 menit menggunakan jenis elektroda Al dengan jarak antar elektroda 30 mm. Selain itu, penyisihan COD dapat tercapai 82% pada kerapatan arus optimum sebesar 37,6 mA/cm² dan waktu kontak selama 4 jam [2]. Nasrullah et al., [3] menyatakan 81,11% penyisihan COD tercapai pada kerapatan 80 mA/cm², waktu kontak 210 menit, dan jenis elektroda Al dengan jarak antar elektroda 10 mm. Penyisihan COD sebesar 71,3% tercapai pada kerapatan arus 40,21 mA/cm² dan waktu kontak 45,67 menit menggunakan jenis elektroda Al dengan jarak antar elektroda 30 mm [4].

Kerapatan arus merupakan parameter penting yang mempengaruhi efisiensi proses elektrokoagulasi karena arus yang diterapkan per luas permukaan elektroda efektif. Berdasarkan Hakizimana et al., [5] menyatakan bahwa kerapatan arus menentukan laju pelepasan elektron akibat terjadinya disosiasi ion logam dari elektroda. Lebih lanjut, proses disosiasi elektroda sangat berhubungan langsung dengan kerapatan arus yang digunakan [6]. Namun, kisaran kerapatan arus yang diterapkan sangat bervariasi untuk berbagai jenis air limbah. Sebagian besar perbedaan yang muncul disebabkan variasi interaksi ionik yang dihasilkan dari sifat polutan yang ada dalam air limbah. Berdasarkan Larue et al., [7] dan Ghosh et al., [8] umumnya kerapatan arus yang diterapkan untuk proses elektrokoagulasi dapat berkisar dari serendah 0,01Am⁻² hingga setinggi 880 Am⁻². Meskipun arus yang diberikan sangat sesuai dengan disosiasi ion logam dan pelepasan ion dalam larutan, kelebihan arus dapat mempengaruhi efisiensi proses elektrokoagulasi karena dapat memunculkan reaksi kedua sehingga menyebabkan pembalikan muatan koloid. Fenomena ini dapat mengurangi masa pakai elektroda dan memperburuk efisiensi elektrokoagulasi serta pengelolaan sumber daya seperti pasokan energi, elektroda, dan lainnya. Oleh karena itu, kerapatan arus merupakan parameter penting yang perlu dioptimasi pada proses elektrokoagulasi untuk pengolahan air dan/atau air limbah.

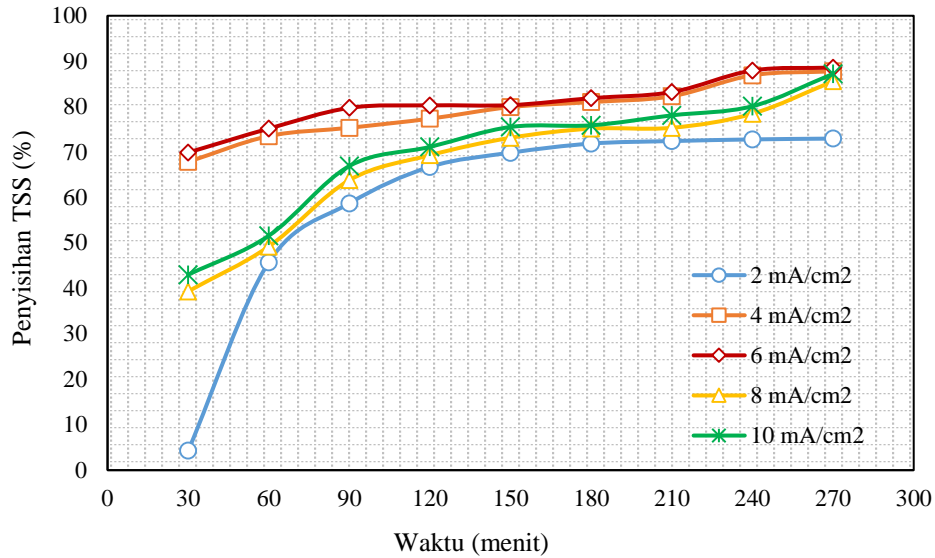


Gambar 1 Pengaruh kerapatan arus dan waktu kontak proses elektrokoagulasi terhadap persen penyisihan COD menggunakan jenis elektroda Al



Gambar 2 Pengaruh kerapatan arus dan waktu kontak proses elektrokoagulasi terhadap persen penyisihan BOD menggunakan jenis elektroda Al

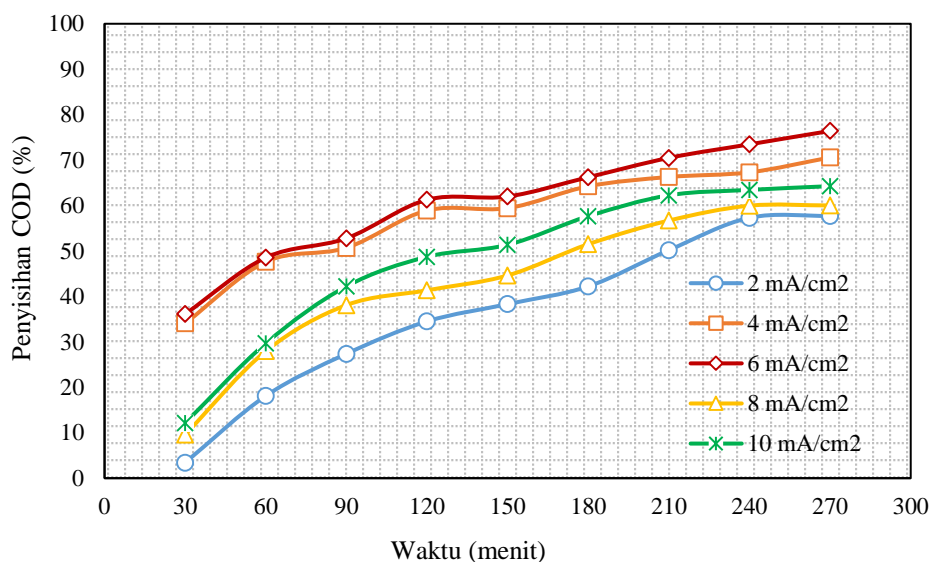
Gambar 2 menunjukkan penyisihan BOD sebesar 90,75-99,97% terjadi pada rapat arus 4 dan 6 mA/cm² dengan waktu kontak mulai 60-270 menit. Sedangkan rapat arus 2, 8, dan 10 mA/cm² mengalami kenaikan persen penyisihan BOD mulai waktu kontak 150 menit. Berdasarkan Chakchouk et al., [9] penyisihan BOD tercapai 39,28% pada kerapatan arus 0.6 to 2.4 A/dm² dan waktu kontak 6 menit menggunakan jenis elektroda Al. BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik atau gambaran jumlah bahan organik mudah diurai (*biodegradable organics*) dalam air limbah.



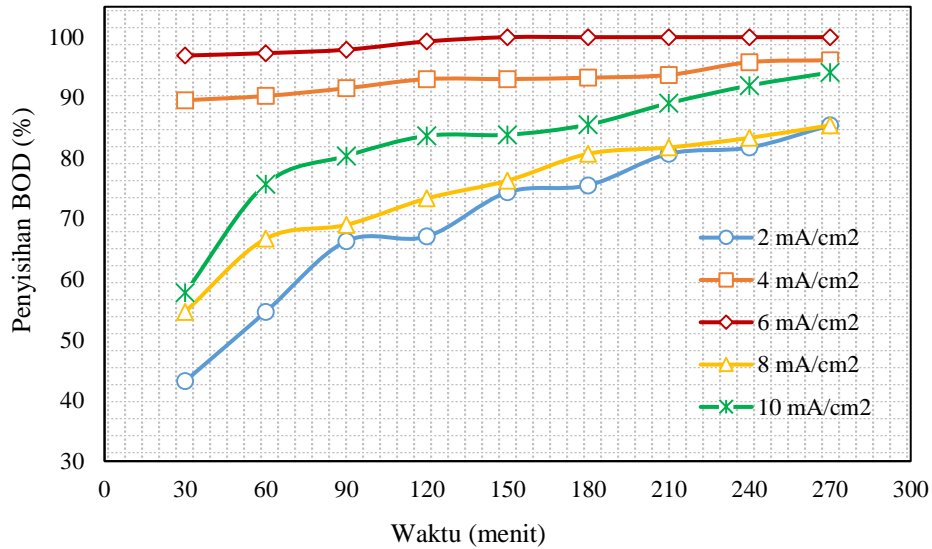
Gambar 3 Pengaruh kerapatan arus dan waktu kontak proses elektrokoagulasi terhadap persen penyisihan TSS menggunakan jenis elektroda Al

Gambar 3 menunjukkan penyisihan TSS sebesar 87,76-88,58% terjadi pada rapat arus 4 dan 6 mA/cm² dengan waktu kontak mulai 270 menit. Sedangkan rapat arus 2, 8, dan 10 mA/cm² mengalami kenaikan persen penyisihan TSS mulai waktu kontak 90-270 menit. Berdasarkan Bashir et al., [4] penyisihan TSS dari limbah POME melalui proses elektrokoagulasi tercapai sebesar 100% terjadi pada kerapatan arus 40,21 mA/cm² dan waktu kontak 45,67 menit menggunakan jenis elektroda Al dengan jarak antar elektroda 30 mm.

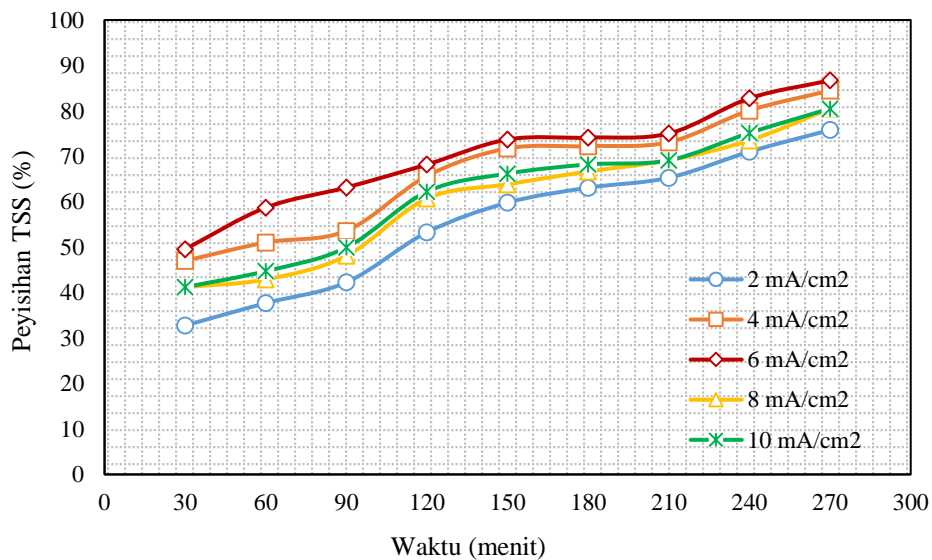
Pengaruh perbedaan rapat arus dan waktu kontak reaksi terhadap penurunan COD, BOD, dan TSS menggunakan material elektroda Fe



Gambar 4 Pengaruh kerapatan arus dan waktu kontak proses elektrokoagulasi terhadap persen penyisihan COD menggunakan jenis elektroda Fe



Gambar 5 Pengaruh kerapatan arus dan waktu kontak proses elektrokoagulasi terhadap persen penyisihan BOD menggunakan jenis elektroda Fe



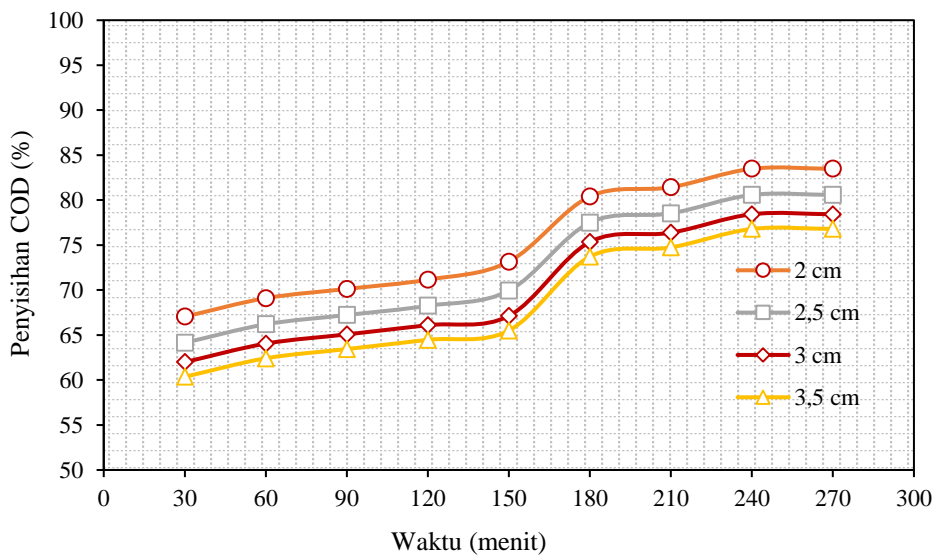
Gambar 6 Pengaruh kerapatan arus dan waktu kontak proses elektrokoagulasi terhadap persen penyisihan TSS menggunakan jenis elektroda Fe

Gambar 4 sampai dengan 6 menunjukkan tren kenaikan persen penyisihan COD, BOD, dan TSS pada semua variasi kerapatan arus dan waktu kontak proses elektrokoagulasi menggunakan jenis elektroda Fe. Hal ini sama yang ditunjukkan pada Gambar 1 sampai dengan 3 yang proses elektrokoagulasinya menggunakan jenis elektroda Fe. Peningkatan persen penyisihan optimum untuk COD, BOD, dan TSS secara berurutan sebesar 76,413; 99,974; dan 86,720% yang terjadi pada kerapatan arus 6 mA/cm² dan waktu kontak 270 menit.

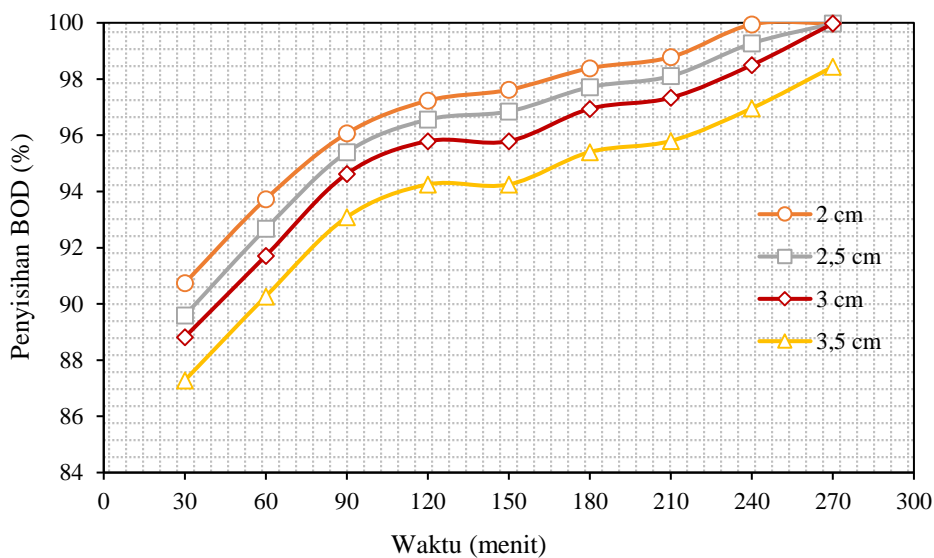
Bahan elektroda sangat mempengaruhi kinerja elektrokoagulasi, efisiensi dan biaya, serta menentukan jenis reaksi elektrokimia yang akan berlangsung. Efisiensi proses elektrokoagulasi dipengaruhi oleh laju disosiasi elektroda, persentase penghilangan polutan dan koagulan yang dibutuhkan. Parameter ini berhubungan langsung dengan pelepasan koagulan ion logam dalam larutan elektrolit. Koagulan dengan valensi muatan yang lebih besar lebih baik karena memiliki kemampuan untuk meningkatkan koagulasi polutan yang dibantu dengan tingkat kompresi lapisan ganda (*double layer*) listrik yang lebih besar. Berdasarkan hal ini elektroda Al dan Fe telah banyak digunakan untuk proses elektrokoagulasi karena memiliki kemampuan menghilangkan polutan yang ditargetkan. Selain itu memiliki karakteristik koagulasi yang efektif, efektivitas biaya, ketersediaan bahan, keandalan, dan tidak berbahaya.

Pengaruh perbedaan jarak antar elektroda dan waktu kontak reaksi terhadap penurunan COD, BOD, dan TSS menggunakan material elektroda Al dan kerapatan arus 3 mA/cm².

Persen penyisihan COD, BOD, dan TSS (Gambar 7 sampai dengan Gambar 9) pada perbedaan jarak antar elektroda dan waktu kontak menggunakan jenis elektroda Al dan kerapatan arus 3 mA/cm² secara keseluruhan menunjukkan peningkatan seiring dengan lamanya waktu kontak dimana kenaikan signifikan terjadi pada jarak elektroda 2 cm dan waktu kontak 240 menit. Jarak antara elektroda memainkan peran penting dalam proses elektrokoagulasi, karena menentukan medan elektrostatis antara anoda dan katoda. Medan elektrostatis yang tertinggi diperoleh ketika jarak antar elektroda minimum. Oleh karena itu, hidroksida logam dari elektroda akan membantu pembentukan flok yang mendukung terjadinya proses koagulasi terdegradasi akibat tumbukan kuat dari daya tarik elektrostatis yang tinggi [10]. Di sisi lain, celah antar elektroda yang lebih besar akan menghambat pembentukan flok hidroksida logam karena berkurangnya gaya elektrostatis [11]. Jarak elektroda yang melebihi batas optimal sebagian besar dapat mengurangi efisiensi elektrokoagulasi sehingga dapat menimbulkan konsumsi daya yang lebih tinggi karena adanya gerakan lambat dari ion yang dilepaskan antara anoda dan katoda [12,13].



Gambar 7 Pengaruh jarak antar elektroda dan waktu kontak proses elektrokoagulasi terhadap persen penyisihan COD menggunakan jenis elektroda Al dan kerapatan arus 3 mA/cm²

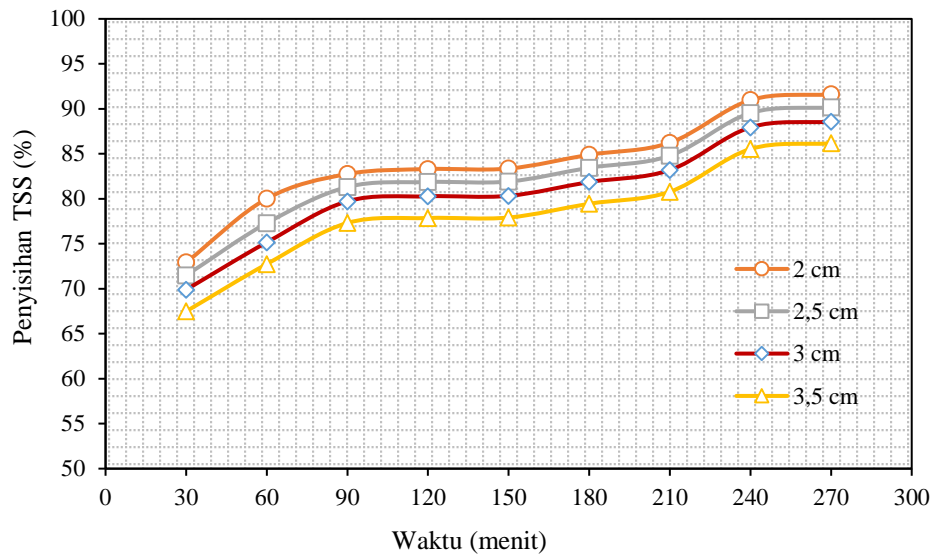


Gambar 8 Pengaruh jarak antar elektroda dan waktu kontak proses elektrokoagulasi terhadap persen penyisihan BOD menggunakan jenis elektroda Al dan kerapatan arus 3 mA/cm².

Oleh karena itu, sangat penting untuk menjalankan proses elektrokoagulasi pada jarak antar-elektroda yang optimal. Beberapa penelitian telah menggunakan jarak minimal tidak kurang dari 10 mm[14–19] yang

diaplikasikan pada berbagai jenis air limbah. Selain itu, jarak interelektroda 20 mm-30 mm juga telah digunakan dalam banyak penelitian [4,11,20,21].

Berdasarkan Changmai et al. [22] menyatakan efek efisiensi elektrokoagulasi dalam penyisihan logam pada limbah industri baja ditentukan dengan perubahan jarak elektroda yang bervariasi dari 5 mm hingga 20 mm. dari hal tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa ketika celah antar elektroda berkurang maka efisiensi penyisihan logam meningkat, karena berkurangnya resistansi larutan dan jarak tempuh minimum untuk ion. Oleh karena itu, dengan kerapatan arus yang lebih kecil dan jarak antar elektroda minimum, persentase penghilangan logam yang lebih tinggi dapat tercapai. Namun, sebagai parameter yang sangat penting, pemilihan jarak elektroda yang paling tepat bergantung pada jenis air limbah dan desain reaktor elektrokoagulasi. Jarak yang lebih besar antara elektroda dapat diatasi dengan penerapan rapat arus yang lebih besar. Namun persyaratan ini juga bergantung pada konduktivitas, pH, dan potensi zeta air limbah.



Gambar 9 Pengaruh jarak antar elektroda dan waktu kontak proses elektrokoagulasi terhadap persen penyisihan TSS menggunakan jenis elektroda Al dan kerapatan arus 3 mA/cm^2

Berdasarkan data analisis tersebut maka capaian luaran berupa artikel ilmiah telah dibuat dan diseminarkan pada *The 4th International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering* pada tanggal 26-27 Oktober 2022 dengan status artikel diterima untuk dipresentasikan dan dimuat dalam prosiding terindek Scopus. Sementara artikel ilmiah yang akan dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi sinta 2 masih dalam proses pengerjaan.

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Status ketercapaian luaran berupa luaran tambahan dalam bentuk artikel ilmiah yang akan diseminarkan pada *The 4th International Seminar on Fundamental and Application of Chemical Engineering* pada tanggal 26-27 Oktober 2022 dengan status artikel diterima dan sudah dipresentasikan serta akan publikasikan pada *AIP Conference Proceedings* terindek Scopus. Sementara artikel ilmiah yang akan dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi sinta 2 masih dalam proses pengerjaan draft artikelnya.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala pelaksanaan penelitian saat ini adalah lamanya waktu analisis untuk mendapatkan data hasil karakterisasi limbah POME dan penyelesaian model kinetika proses elektrokoagulasi

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Rencana tahapan selanjutnya adalah melakukan karakterisasi padatan yang diperoleh dari proses elektrokoagulasi dengan analisis *scanning electron microscope-energy dispersive x-ray* (SEM- EDX) dan mempelajari kinetika penyisihan COD, BOD, dan TSS limbah cair industri CPO menggunakan metode elektrokoagulasi. Tahapan akhirnya adalah pembuatan draft artikel ilmiah yang akan disubmit pada jurnal nasional terakreditasi Sinta 1 atau 2, atau jurnal internasional bereputasi sebagai luaran wajib yang dijanjikan.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Bashir MJK, Mau Han T, Jun Wei L, Choon Aun N, Abu Amr SS. Polishing of treated palm oil mill effluent (POME) from ponding system by electrocoagulation process. *Water Sci Technol.* 2016;73(11):2704–12.
2. Vijayaraghavan K, Ahmad D, Ezani Bin Abdul Aziz M. Aerobic treatment of palm oil mill effluent. *Journal of Environmental Management.* 2007 Jan 1;82(1):24–31.
3. Nasrullah M, Singh L, Mohamad Z, Norsita S, Krishnan S, Wahida N, et al. Treatment of palm oil mill effluent by electrocoagulation with presence of hydrogen peroxide as oxidizing agent and polialuminum chloride as coagulant-aid. *Water Resources and Industry.* 2017 Jun 1;17:7–10.
4. Bashir MJK, JunHong L, Abu Amr SS, LaiPeng W, YokeLeng S. Post treatment of palm oil mill effluent using electro-coagulation-peroxidation (ECP) technique. *Journal of Cleaner Production.* 2019;208:716–27.
5. Hakizimana JN, Gourich B, Chafi M, Stiriba Y, Vial C, Drogui P, et al. Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. *Desalination.* 2017 Feb 17;404:1–21.

6. Moussa DT, El-Naas MH, Nasser M, Al-Marri MJ. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. *Journal of Environmental Management*. 2017 Jan 15;186:24–41.
7. Larue O, Vorobiev E, Vu C, Durand B. Electrocoagulation and coagulation by iron of latex particles in aqueous suspensions. *Separation and Purification Technology*. 2003 May 1;31(2):177–92.
8. Ghosh D, Solanki H, Purkait MK. Removal of Fe(II) from tap water by electrocoagulation technique. *J Hazard Mater*. 2008 Jun 30;155(1–2):135–43.
9. Chakchouk I, Elloumi N, Belaid C, Mseddi S, Chaari L, Kallel M. A Combined Electrocoagulation-Electrooxidation Treatment For Dairy Wastewater. *Braz J Chem Eng*. 2017 Jan;34(1):109–17.
10. Khandegar V, Saroha AK. Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent – A review. *Journal of Environmental Management*. 2013 Oct 15;128:949–63.
11. Verma SK, Khandegar V, Saroha AK. Removal of Chromium from Electroplating Industry Effluent Using Electrocoagulation. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*. 2013 Apr 1;17(2):146–52.
12. Mollah MYA, Morkovsky P, Gomes JAG, Kesmez M, Parga J, Cocke DL. Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. 2004 Oct 18;114(1):199–210.
13. Aswathy P, Gandhimathi R, Ramesh ST, Nidheesh PV. Removal of organics from bilge water by batch electrocoagulation process. *Separation and Purification Technology*. 2016 Feb 8;159:108–15.
14. Lekhlif B, Oudrhiri L, Zidane F, Drogui P, Blais JF. Study of the electrocoagulation of electroplating industry wastewaters charged by nickel (II) and chromium (VI). 2014;10.
15. Sahu O, Mazumdar B, Chaudhari PK. Treatment of wastewater by electrocoagulation: a review. *Environ Sci Pollut Res*. 2014 Feb 1;21(4):2397–413.
16. Kobya M, Ozyonar F, Demirbas E, Sik E, Oncel MS. Arsenic removal from groundwater of Sivas-Şarkışla Plain, Turkey by electrocoagulation process: Comparing with iron plate and ball electrodes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2015 Jun 1;3(2):1096–106.
17. Tirado L, Gökkuş Ö, Brillas E, Sirés I. Treatment of cheese whey wastewater by combined electrochemical processes. *J Appl Electrochem*. 2018 Dec 1;48(12):1307–19.
18. Nawarkar CJ, Salkar VD. Solar powered Electrocoagulation system for municipal wastewater treatment. *Fuel*. 2019 Feb 1;237:222–6.
19. Dimoglo A, Sevim-Elıbol P, Dinç Ö, Gökmen K, Erdoğan H. Electrocoagulation/electroflotation as a combined process for the laundry wastewater purification and reuse. *Journal of Water Process Engineering*. 2019 Oct 1;31:100877.
20. Elazzouzi M, Haboubi Kh, Elyoubi MS. Electrocoagulation flocculation as a low-cost process for pollutants removal from urban wastewater. *Chemical Engineering Research and Design*. 2017 Jan 1;117:614–26.
21. Deveci EÜ, Akarsu C, Gönen Ç, Özay Y. Enhancing treatability of tannery wastewater by integrated process of electrocoagulation and fungal via using RSM in an economic perspective. *Process Biochemistry*. 2019 Sep 1;84:124–33.
22. Changmai M, Das PP, Mondal P, Pasawan M, Sinha A, Biswas P, et al. Hybrid electrocoagulation–microfiltration technique for treatment of nanofiltration rejected steel industry effluent. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2022 Jan 2;102(1):62–83.