

**SYARAT KHUSUS TAMBAHAN
MENDAPATKAN HIBAH PENELITIAN**

Judul Penelitian : Monitoring Online Pengolahan Limbah Cair
Menjadi Hidrogen Fuel Cell Menggunakan Smart Sensor

Tahun Pelaksanaan : 2018

Sumber Dana : RistekDikti

Jenis Penelitian : Penelitian Disentralisasi PTUPT
(Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi)

Tim Peneliti

Ketua : Rusdianasari

Anggota : Ahmad Taqwa, Jaksen, Yudi Wijanarko

Dana Penelitian : 100.000.000,- (Seratus juta rupiah)



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar – Palembang 30139

Telepon 0711-353414 Faximili 0711-355918

Laman : <http://polsri.ac.id>, Pos El : info@polsri.ac.id

KEPUTUSAN

DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

NOMOR : 1103/PL6.4.2/SK/2018

TENTANG

PENERIMA DANA PENELITIAN DESENTRALISASI (PENELITIAN TERAPAN) DANA DRPM DIKTI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA TAHUN 2018

DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

- Menimbang : a. bahwa dalam rangka untuk terlaksananya kegiatan Penelitian Desentralisasi (Penelitian Terapan) yang menggunakan dana DRPM Dikti;
- b. bahwa untuk kelancaran pelaksanaan kegiatan dimaksud pada butir a tersebut di atas dipandang perlu memberikan dana Penelitian Desentralisasi (Penelitian Terapan) Dana DRPM Dikti Politeknik Negeri Sriwijaya Tahun 2018;
- c. bahwa sehubungan dengan butir a dan b tersebut di atas, perlu diterbitkan Surat Keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.
- Mengingat : 1. Undang – Undang RI Nomor : 2 tahun 1989 tentang Sistem Pendidikan Nasional sebagaimana diubah dengan Undang - Undang RI Nomor : 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
3. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor : 49 Tahun 2014 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi;
4. Keputusan Mendikbud RI Nomor : 235/O/1998 tentang Pendirian Politeknik Negeri Sriwijaya;
5. Peraturan Mendikbud RI Nomor : 54 Tahun 2011 tentang Statuta Politeknik Negeri Sriwijaya;
6. Keputusan Mendiknas RI Nomor : 137/O/2002 tentang Organisasi dan Tata Kerja Politeknik Negeri Sriwijaya;
7. Surat Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI Nomor : 01/M/KPT.KP/2016 tentang pengangkatan Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya;
- Memperhatikan : Surat Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Nomor : 014/PL6.2.1/SP/2018 tanggal 7 Februari 2018 perihal usulan SK dosen penerima dana Penelitian Desentralisasi (Penelitian Terapan) dana DRPM Dikti tahun 2018.

MEMUTUSKAN :

- Menetapkan
PERTAMA : Dosen yang namanya tercantum dalam lampiran keputusan ini sebagai penerima dana Penelitian Desentralisasi (Penelitian Terapan) Dana DRPM Dikti Politeknik Negeri Sriwijaya Tahun 2018;
- KEDUA : Segala biaya yang timbul sebagai akibat dikeluarkannya surat keputusan ini dibebankan kepada dana DIPA Politeknik Negeri Sriwijaya tahun 2018;
- KETIGA : Keputusan ini berlaku terhitung sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan/atau diperbaiki sebagaimana mestinya apabila ternyata terdapat kekeliruan dalam keputusan ini.

Ditetapkan di Palembang
pada tanggal 12 Februari 2018

Direktur
Pembantu, Direktur I,

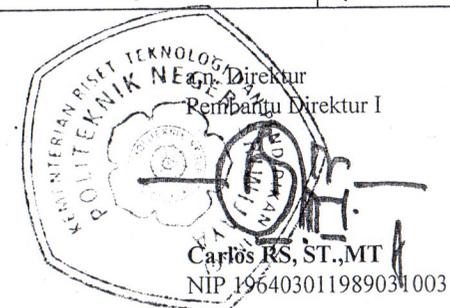


Carlos RS, ST., MT
NIP 196403011989061003

**DAFTAR NAMA PENERIMA DANA PENELITIAN DESENTRALISASI (PENELITIAN TERAPAN) YANG DIDANAI OLEH DRPM DIKTI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
TAHUN 2018**

| NO | NAMA KETUA/ANGGOTA | JURUSAN/PROGRAM STUDI | JUDUL | SKIM | DANA YANG DISETUJUI | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------|-------------|
| 1 | Dr. Ir. RUSDIANASARI, M.Si. Dr. Dipl.Ing. AHMAD TAQWA, M.T, Ir. JAKSEN, M.Si. YUDI WIJANARKO, S.T., M.T. | Teknik Energi Terbarukan Teknik Energi Terbarukan Teknik Kimia Teknik Elektronika | MONITORING ONLINE PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENJADI HIDROGEN FUEL CELL MENGGUNAKAN SMART SENSOR | PTUPT | Rp | 100,000,000 |
| 2 | Dr. WELLY ARDIANSYAH, S.S., M.Pd. Dra. MURWANI UJIHANTI, M.Pd. | Bahasa Inggris Bahasa Inggris | Pengembangan Model Pembelajaran Pemahaman Membaca Bahasa Inggris Mahasiswa Rekayasa dan Non-Rekayasa Politeknik Negeri Sriwijaya untuk Meningkatkan Penguasaan Kosakata, Pemahaman Membaca dan Nilai-Nilai Sosial: Sebuah Kajian Pendekatan Sosial Konstruktivisme | PTUPT | Rp | 100,000,000 |
| 3 | Dr. Martha Aznuri, M.Si. | Teknik Kimia | Rancang Alat Biodigester unyuk Pengolahan Air Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit Untuk Memproduksi Biometan dan Pupuk | PSNI | Rp | 100,000,000 |
| 4 | Ir. ROBERT JUNAIDI, M.T. Ir. MUSTAIN, M.Si Dr. Ir ABU HASAN, M.Si | Teknik Kimia Teknik Kimia Teknologi Kimia Industri | LUMPUR LAPINDO (LULA) SEBAGAI BAHAN BAKU SUBSTITUSI TANAH LIAT (CLAY) PADA PEMBUATAN SEMEN PORTLAND | PSNI | Rp | 60,000,000 |
| 5 | SARJANA, S.T. EMILIA HESTI, S.T. | Teknik Telekomunikasi Teknik Telekomunikasi | OTOMATISASI SISTEM PENGELOMPOKAN BUAH KOPI DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA KLASTERISASI K – MEANS SEBAGAI KUANTISASI WARNA CITRA | PSNI | Rp | 50,000,000 |
| 6 | INDRA GUNAWAN, S.T, M.Si. Ir. FADARINA HC, M.T. | Teknik Mesin Teknik Energi | Pengaruh Modifikasi Gate Valve dan Tube Heat Exchanger terhadap kualitas dan kuantitas Asap Cair hasil pengolahan Limbah Ikan | PSNI | Rp | 57,500,000 |
| 7 | Ir. SITI CHODIJAH, M.T. Ir. JAKSEN, M.Si. Ir. ERWANA DEWI, M.Eng. | Teknik Kimia Teknik Kimia Teknik Kimia | PERANCANGAN ALAT PEMBUATAN PAPAN PARTIKEL DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN PEREKAT KULIT BATANG JAMBU BIJI | PSNI | Rp | 60,000,000 |

| NO | NAMA KETUA/ANGGOTA | JURUSAN/PROGRAM STUDI | JUDUL | SKIM | DANA YANG DISETUJUI | |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------|----------------------|
| 8 | DICKY SEPRIANTO, S.T., M.T. ROMI WILZA, S.T., M.Eng.Sc. ISKANDAR, S.T., M.T. | Teknik Mesin Teknik Mesin Teknik Mesin | DESAIN DAN RANCANG BANGUN SUVENIR KHAS KOTA PALEMBANG MENGGUNAKAN TEKNOLOGI CAD DAN ADDITIVE MANUFACTURING | PSNI | Rp | 53,000,000 |
| 9 | Ir. ERLINAWATI, M.T. AHMAD ZIKRI, S.T, M.T. LETY TRISNALIANI S.T, M.T | Teknik Energi Teknik Energi Teknik Energi | PRODUKSI ENERGI HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS AIR DAN KOROSI LOGAM ALUMINIUM PADA REAKTOR ACE (ALUMINIUM CORROSION AND ELECTROLYSIS) | PSNI | Rp | 60,000,000 |
| 10 | LENI NOVIANTI, S.Kom, M.Kom. ISNAINY AZRO, S.Kom., M.Kom. ROBINSON, S.Kom., M.Kom. | Manajemen Informatika Manajemen Informatika Manajemen Informatika | Aplikasi Pemetaan Bantuan Raskin dengan Metode Fuzzy AHP Berbasis Sistem Informasi Geografis | PSNI | Rp | 65,000,000 |
| 11 | EKAWATI PRIHATINI, S.T., M.T. NYAYU LATIFAH HUSNI, S.T, M.T. ADE SILVIA HANDAYANI. S.T, M.T. | Teknik Telekomunikasi Teknik Telekomunikasi Teknik Telekomunikasi | Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Menggunakan Suport Vector Machini sebagai Polutan Klasifler | PSNI | Rp | 55,000,000 |
| 12 | IKHTHISON MEKONGGA S.T ARYANTI S.T, M.Kom MEIYI DARLIES S.Kom, M.Kom | Teknik Komputer Teknik Telekomunikasi Teknik Komputer | Rancang Bangun APB (Automatic Patient Beds) Pasca Operasi Berbasis Radio Control | PSNI | Rp | 70,000,000 |
| 13 | SLAMET WIDODO, S.Kom, M.Kom. ADI SUTRISMAN, S.Kom., M.Kom. M MIFTAKUL AMIN, S.Kom, M.Eng | Teknik Komputer Teknik Komputer Teknik Komputer | Perancangan Alat Pendeteksi Kadar Gas Berbahaya CO, CO2 dan CH4 dalam Tertutup Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis SMS Gateway | PSNI | Rp | 50,000,000 |
| 14 | HETTY MEILENI, S.Kom, M.T. DESI APRIYANTY, S.E., M.Si. CHOIRUDDIN, S.E., M.Si. | Manajemen Informatika Manajemen Informatika Akuntansi | Perancangan Aplikasi Mobile Objek Wisata Provinsi Sumatera Selatan Berbasis GIS | PSNI | Rp | 56,000,000 |
| 15 | SUZAN ZEFI, S.T. IRAWAN HADI, S.T., M.Kom. | Teknik Telekomunikasi Teknik Telekomunikasi | Pengembangan Perangkat Lunak Untuk Menganalisa Kinerja dari Physical Layer pada Sistem Wordwide Interoperability for Microwave Acces | PSNI | Rp | 50,000,000 |
| 16 | HARTATI DEVIANA, S.T, M.Kom. MARIA AGUSTIN, S.Kom, M.Kom. | Teknik Komputer Teknik Komputer | Sistem Aplikasi Perpustakaan Digital Berbasis Mobile dengan Menggunakan Framework Phonegap | PSNI | Rp | 50,000,000 |
| TOTAL DANA | | | | | Rp | 1,036,500,000 |





Menu Utama

- 🏠 Beranda
- 📄 Penelitian
- ✍️ Pengabdian
- 📅 Pelaksanaan Kegiatan
- 📝 Riwayat Usulan
- 👤 Pendaftaran Reviewer
- 🚪 Logout

IDENTITAS SINTA PENELITIAN PENGABDIAN ARTIKEL JURNAL HKI ARTIKEL PROSIDING BUKU
KARYA MONUMENTAL NASKAH AKADEMIK/URGensi

RIWAYAT PENELITIAN

- 1 Produksi Hidrogen dari Air Laut menggunakan Hidrogen Fuel Generator sebagai Sumber Energi Berkelanjutan
Tahun: 2021 | **Peran:** Anggota Pengusul | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Terapan](#)
- 2 Kajian Karakteristik dan Komponen Hidrokarbon Bahan Bakar Minyak dari Hasil Pirolisis Limbah Plastik Berkontrol Temperatur dan Waktu
Tahun: 2021 | **Peran:** Ketua TPM | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Kerjasama Antar Perguruan Tinggi](#)
- 3 Produksi Hidrogen Fuel Cell dari Limbah Cair Terpadu Menggunakan HHO Cell Reaktor dengan Smart Sensor
Tahun: 2021 | **Peran:** Ketua Pengusul | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi](#)
- 4 Rancang Bangun Biodigester Kotoran Sapi yang Dilengkapi dengan Packed Bed Scrubber Untuk Pemurnian Biogas
Tahun: 2021 | **Peran:** Anggota Pengusul | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi](#)
- 5 Kajian Karakteristik dan Komponen Hidrokarbon Bahan Bakar Minyak dari Hasil Pirolisis Limbah Plastik Berkontrol Temperatur dan Waktu
Tahun: 2020 | **Peran:** Ketua TPM | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Kerjasama Antar Perguruan Tinggi](#)
- 6 Pembuatan Biodiesel dengan Teknologi Induksi
Tahun: 2019 | **Peran:** Ketua Pengusul | **Sumber Dana:** Internal Perguruan Tinggi
[Penelitian Terapan](#)
- 7 Sistem Pengeringan Bahan Pangan dengan Energi Surya
Tahun: 2019 | **Peran:** Anggota Pengusul | **Sumber Dana:** Internal Perguruan Tinggi
[Penelitian Terapan](#)
- 8 Pembuatan Nanosilika dari Abu Sekam Padi sebagai Adsorben Logam Besi (Fe) pada Limbah Songket dan Adsorben Logam Krom (Cr) pada Limbah Jumpsutan
Tahun: 2019 | **Peran:** Ketua Pengusul | **Sumber Dana:** Internal Perguruan Tinggi
[Penelitian Dasar](#)
- 9 MONITORING ONLINE PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENJADI HIDROGEN FUEL CELL MENGGUNAKAN SMART SENSOR
Tahun: 2018 | **Peran:** Ketua Pengusul | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi](#)
- 10 Analisa Kinerja Alat Penukar Panas (Cooler) dalam Penyediaan Uman Udara untuk Produksi Nitrogen dengan Metode Pressure Swing Adsorption (PSA)
Tahun: 2018 | **Peran:** Anggota Pengusul | **Sumber Dana:** Internal Perguruan Tinggi
[Penelitian Terapan](#)
- 11 Rancang Bangun Alat Pencetak Briket Arang Dari Limbah Cangkang Biji Buah Karet
Tahun: 2017 | **Peran:** Anggota Pengusul | **Sumber Dana:** Internal Perguruan Tinggi
[Penelitian Terapan](#)
- 12 MODEL PENGELOLAAN LIMBAH CAIR TERPADU DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI
Tahun: 2016 | **Peran:** Ketua Pengusul | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi](#)
- 13 Model Kinetika Reaksi Adsorpsi pada Proses Elektrokoagulasi
Tahun: 2015 | **Peran:** Ketua Pengusul | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi](#)
- 14 Pemetaan Kualitas Lingkungan di Stockpile Batubara
Tahun: 2014 | **Peran:** Ketua Pengusul | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Disertasi Doktor](#)
- 15 Aplikasi Metode Voltametri untuk Pendegradasian Kadar Klorin Terlarut di Perairan Sungai Musi
Tahun: 2013 | **Peran:** Anggota Pengusul | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Produk Terapan](#)
- 16 Pengolahan Limbah Cair Stockpile Batubara untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan
Tahun: 2013 | **Peran:** Ketua Pengusul | **Sumber Dana:** Ristekdikti
[Penelitian Produk Terapan](#)

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



**MONITORING ONLINE PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENJADI
HIDROGEN *FUEL CELL* MENGGUNAKAN *SMART SENSOR***

Tahun ke-1 dari rencana 3 tahun

Dibiayai oleh:
Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Penelitian
Nomor: 040/SP2H/LT/DRPM/2018 Tanggal 26 Maret 2018

TIM PENELITI

| | |
|-----------------------------------------|------------------------|
| Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si. | NIDN 0019116705 |
| Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T. | NIDN 0004126802 |
| Ir. Jaksen M. Amin, M.Si. | NIDN 0004096205 |
| Yudi Wijarnako, S.T., M.T. | NIDN 0011056711 |

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
NOVEMBER 2018

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : MONITORING ONLINE PENGOLAHAN LIMBAH CAIR MENJADI HIDROGEN FUEL CELL MENGGUNAKAN SMART SENSOR

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Dr. Ir RUSDIANASARI, M.Si
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya
NIDN : 0019116705
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Energi Terbarukan
Nomor HP : 081271312323
Alamat surel (e-mail) : rusdianasari@polsri.ac.id

Anggota (1)
Nama Lengkap : Dr AHMAD TAQWA Dipl.-Ing., M.T
NIDN : 0004126802
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya

Anggota (2)
Nama Lengkap : Ir JAKSEN M.Si
NIDN : 0004096205
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya

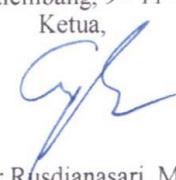
Anggota (3)
Nama Lengkap : YUDI WIJANARKO S.T, M.T
NIDN : 0011056711
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Sriwijaya

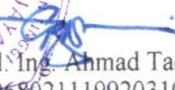
Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 100,000,000
Biaya Keseluruhan : Rp 563,360,000

Menyetujui,
Kepala PPPM

(Ir. Jaksen M. Amin, M. Si.)
NIP. 196209041990031002

Palembang, 9 - 11 - 2018
Ketua,


(Dr. Ir Rusdianasari, M.Si)
NIP 196711191993032003

Mengetahui,
Direktur Polsri

(Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M.T.)
NIP. 196802111992031002

RINGKASAN

Kegiatan suatu industri adalah proses pengolahan suatu bahan baku menjadi bahan setengah jadi atau bahan jadi untuk keperluan manusia dan makhluk lain di sekitarnya. Pada saat yang sama industri juga tidak terlepas dari hasil samping atau limbah yang dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran terhadap lingkungan. Dampak pencemaran lingkungan dapat dirasakan secara langsung atau tidak langsung oleh manusia. Akibat pencemaran tersebut, lingkungan menjadi rusak sehingga daya dukung alam terhadap kelangsungan hidup manusia menjadi berkurang. Salah satu penyebab terjadinya pencemaran adalah banyaknya air limbah yang dibuang tanpa melalui pengolahan lebih dahulu atau sudah diolah tetapi belum memenuhi persyaratan. Salah satu teknik pengolahan limbah yang tidak membutuhkan koagulan (zat Kimia) adalah metode koagulasi. Metode elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses flokulasi-koagulasi. Metode ini dapat menjadi pilihan alternative mengolah limbah cair mendampingi metode-metode pengolahan lain yang telah dilaksanakan.

Pada tahun kedua penelitian difokuskan pada pengolahan limbah cair terpadu dengan metode elektrokoagulasi yang dilengkapi dengan *smart* sensor agar dapat dimonitoring secara *online* melalui komputer atau smartphone android. Sistem monitoring secara *online* sudah sangat dibutuhkan saat ini karena dapat mempercepat pelaporan kondisi limbah cair dan respon untuk pengolahannya. Monitoring parameter penentu kualitas air limbah menggunakan sistem *Wireless Sensor Works* (WSN) yang diletakkan pada tangki penampung limbah cair. Dari titik WSN tersebut informasi akan dikumpulkan pada PC *remote* melalui komunikasi *wireless* untuk dilakukan pemrosesan data hingga dapat diketahui kualitas air limbah. Setiap titik WSN dilengkapi dengan *smart* sensor yang dapat melakukan identifikasi parameter-parameter tertentu kualitas air limbah seperti pH, total padatan terlarut (TDS), serta konduktivitas. Hasil keluaran berupa nilai konsentrasi parameter secara *online* yang terkandung dalam air limbah dan apabila nilai parameter-parameter tersebut melebihi ambang batas, maka instrumen akan mengisyaratkan untuk melakukan pengolahan air limbah. Monitoring secara *online* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu ke komputer (PC) di laboratorium dan secara *mobile* menggunakan smartphone sistem android. **Pada tahun ketiga**, penelitian mengarah pada memanfaatkan air limbah yang sudah diolah untuk menjadi energi baru dan terbarukan dalam bentuk hidrogen fuel cell. Air limbah yang sudah diolah dimurnikan kembali dengan proses reverse osmosis dan selanjutnya dikonversi menjadi hidrogen dengan *HHO Cell Reactor*. Pada akhir penelitian akan diperoleh luaran suatu pilot plant yang terintegrasi mulai dari pengolahan limbah cair terpadu hingga menghasilkan hidrogen fuel cell yang dilengkapi dengan sistem monitoring online sehingga proses dapat dipantau melalui smartphone. Dengan adanya monitoring *online* ini maka akan meningkatkan kinerja pemantauan dan pengolahan limbah cair. Sebagai luaran wajib hasil penelitian akan dipatenkan/hak cipta dan masuk kategori TKT 5 dan luaran tambahan publikasi pada jurnal internasional dan mengikuti seminar internasional.

PRAKATA

Alhamdulillah, peneliti ucapkan rasa syukur kepada Allah SWT, karena atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya, penyelesaian Laporan Akhir Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi yang berjudul “Monitoring Online Pengolahan Limbah Cair Menjadi Hidrogen Fuel Cell Menggunakan *Smart* Sensor” dapat terselesaikan.

Pada kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. DRPM Jakarta yang telah membiayai penelitian ini.
2. Politeknik Negeri Sriwijaya dan P3M Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan izin dan memfasilitasi penelitian ini.
3. Laboratorium Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah membantu peneliti menganalisis sampel.
4. Semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada tim peneliti dalam menyelesaikan penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Peneliti menyadari sepenuhnya atas keterbatasan ilmu maupun dari segi penulisan yang menjadikan laporan ini tak lepas dari kesalahan. Peneliti mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi yang memerlukannya.

Palembang, November 2018

Peneliti

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|------------------------------------------------------------|---------|
| Halaman Sampul | i |
| Halaman Pengesahan | ii |
| Ringkasan | iii |
| Prakata | iv |
| Daftar Isi | v |
| Daftar Tabel..... | vi |
| Daftar Gambar | vii |
| | |
| Bab 1. Pendahuluan | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Permasalahan | 2 |
| 1.3. Keutamaan Penelitian | 2 |
| 1.4. Rencana Target Capaian Tahunan..... | 3 |
| | |
| Bab 2. Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.1. State Of The Art Penelitian | 5 |
| 2.2. Peta Jalan Penelitian | 6 |
| 2.3. Penelitian Pendahuluan | 6 |
| 2.4. Perencanaan Sistem Monitoring <i>Online</i> | 8 |
| | |
| Bab 3. Tujuan Dan Manfaat | 12 |
| 3.1. Tujuan Penelitian..... | 12 |
| 3.2. Manfaat Penelitian..... | 12 |
| | |
| Bab 4. Metode Penelitian | 13 |
| 4.1. Rancangan Penelitian | 13 |
| 4.2. Tahapan Penelitian | 14 |
| | |
| Bab 5. Hasil Dan Luaran Yang Dicapai | 16 |
| 5.1. Hasil Penelitian Pengolahan Limbah Cair Terpadu | 16 |
| 5.2. Pembahasan | 18 |
| 5.3. Efisiensi Arus | 58 |
| | |
| Bab 6. Kesimpulan Dan Saran..... | 63 |
| 6.1 Kesimpulan..... | 63 |
| 6.2 Saran..... | 64 |
| | |
| Daftar Pustaka | 65 |
| Lampiran | 67 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Rencana Target Capaian Tahunan..... | 3 |
| 2. Rancangan Percobaan..... | 13 |
| 3. Karakterisasi Awal Limbah Terpadu..... | 16 |
| 4. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu Dengan Elektroda Alumunium dan Tegangan 6 Volt | 17 |
| 5. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu Dengan Elektroda Alumunium dan Tegangan 9 Volt | 17 |
| 6. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu Dengan Elektroda Alumunium dan Tegangan 12 Volt | 17 |
| 7. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu Dengan Elektroda <i>Stainless Steel</i> dan Tegangan 6 Volt | 17 |
| 8. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu Dengan Elektroda <i>Stainless Steel</i> dan Tegangan 9 Volt | 18 |
| 9. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu Dengan Elektroda <i>Stainless Steel</i> dan Tegangan 12 Volt | 18 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Roadmap Penelitian Monitoring Online Pengolahan Limbah Cair Menjadi Hidrogen Fuel Cell Menggunakan Smart Sensor | 6 |
| 2. Pengolahan Limbah Cair dengan Monitoring Secara Online | 15 |
| 3. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap Kenaikan pH | 19 |
| 4. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap TDS..... | 20 |
| 5. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap TSS | 22 |
| 6. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap BOD ₅ | 23 |
| 7. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap COD | 24 |
| 8. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap PO ₄ | 25 |
| 9. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap Kadar Fe..... | 26 |
| 10. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap Kadar Pb | 27 |
| 11. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap Kenaikan pH | 28 |
| 12. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap TDS..... | 29 |
| 13. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap TSS | 30 |
| 14. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap BOD ₅ | 31 |
| 15. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap COD..... | 32 |
| 16. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap PO ₄ | 33 |
| 17. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap Kadar Fe..... | 34 |
| 18. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses Terhadap Kenaikan pH | 35 |
| 19. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi Terhadap Waktu Pada Tegangan 6 Volt Menggunakan Elektroda Aluminium..... | 36 |
| 20. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi Terhadap Waktu Pada Tegangan 9 Volt Menggunakan Elektroda Aluminium | 36 |
| 21. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi Terhadap Waktu Pada Tegangan 12 Volt Menggunakan Elektroda Aluminium | 37 |
| 22. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi Terhadap Waktu Pada Tegangan 6 Volt Menggunakan Elektroda <i>Stainless Steel</i> | 38 |
| 23. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi Terhadap Waktu Pada Tegangan 9 Volt Menggunakan Elektroda <i>Stainless Steel</i> | 39 |
| 24. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi Terhadap Waktu Pada Tegangan 12 Volt Menggunakan Elektroda <i>Stainless Steel</i> | 40 |
| 25. Perbandingan Karakterisasi pH Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 6 Volt..... | 41 |
| 26. Perbandingan Karakterisasi pH Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 9 Volt..... | 41 |
| 27. Perbandingan Karakterisasi pH Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 12 Volt..... | 42 |
| 28. Perbandingan Karakterisasi TDS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 6 Volt | 43 |
| 29. Perbandingan Karakterisasi TDS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 9 Volt | 44 |
| 30. Perbandingan Karakterisasi TDS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 12 Volt | 44 |
| 31. Perbandingan Karakterisasi TSS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 6 Volt | 45 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 32. Perbandingan Karakterisasi TSS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 9 Volt | 46 |
| 33. Perbandingan Karakterisasi TSS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 12 Volt | 46 |
| 34. Perbandingan Karakterisasi BOD ₅ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 6 Volt..... | 47 |
| 35. Perbandingan Karakterisasi BOD ₅ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 9 Volt..... | 48 |
| 36. Perbandingan Karakterisasi BOD ₅ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 12 Volt..... | 49 |
| 37. Perbandingan Karakterisasi COD Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 6 Volt..... | 50 |
| 38. Perbandingan Karakterisasi COD Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 9 Volt..... | 51 |
| 39. Perbandingan Karakterisasi COD Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 12 Volt..... | 51 |
| 40. Perbandingan Karakterisasi PO ₄ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 6 Volt | 52 |
| 41. Perbandingan Karakterisasi PO ₄ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 9 Volt | 53 |
| 42. Perbandingan Karakterisasi PO ₄ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 12 Volt | 53 |
| 43. Perbandingan Karakterisasi Pb Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 6 Volt | 54 |
| 44. Perbandingan Karakterisasi Pb Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 9 Volt | 55 |
| 45. Perbandingan Karakterisasi Pb Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 12 Volt | 55 |
| 46. Perbandingan Karakterisasi Fe Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 6 Volt | 56 |
| 47. Perbandingan Karakterisasi Fe Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 9 Volt | 57 |
| 48. Perbandingan Karakterisasi Fe Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Dan <i>Stainless Steel</i> Pada Tegangan 12 Volt | 58 |

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan suatu industri adalah proses pengolahan suatu bahan baku menjadi bahan setengah jadi atau bahan jadi untuk keperluan manusia dan makhluk lain di sekitarnya. Pada saat yang sama industri juga tidak terlepas dari hasil samping atau limbah yang dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran terhadap lingkungan. Dampak pencemaran lingkungan dapat dirasakan secara langsung atau tidak langsung oleh manusia. Akibat pencemaran tersebut, lingkungan menjadi rusak sehingga daya dukung alam terhadap kelangsungan hidup manusia menjadi berkurang. Adapun tujuan dari pengolahan limbah adalah untuk mengurangi volume, konsentrasi atau bahaya yang ditimbulkan oleh limbah sehingga dapat memenuhi baku mutu lingkungan yang dipersyaratkan.

Salah satu penyebab terjadinya pencemaran adalah banyaknya air limbah yang dibuang tanpa melalui pengolahan lebih dahulu atau sudah diolah tetapi belum memenuhi persyaratan. Hal ini dimungkinkan karena adanya keengganan mengolah air limbah, disamping itu belum tersedianya sebuah teknologi pengolah air limbah yang mudah dan efisien sehingga dapat diterapkan di sebuah industri, baik industri rumah tangga, industri kecil, maupun industri menengah

Limbah cair di kota Palembang bisa berasal dari industri tekstil (zat warna), industri pelapisan logam (elektroplating), industri laundry, limbah cair domestik, tempat akhir pembuangan sampah (TPA), dan lain-lain. Air limbah industri tekstil mengandung bahan pencemar organik maupun anorganik yang dapat ditunjukkan dengan kadar COD dan kekeruhan yang relatif tinggi. Perkembangan industri tekstil juga didorong dengan berkembangnya industri tenun tradisional dengan harga relatif murah sehingga terjangkau oleh masyarakat luas. Dalam proses pembuatan kain tradisional diawali dengan proses pencelupan benang/limar untuk pewarnaan. Dalam setiap pencelupan akan dihasilkan limbah cair sekitar 40-50 liter untuk satu setel limar. Setiap industri songket minimal mencelup 10 limar setiap harinya. Jadi dalam satu hari dapat dihasilkan sekitar 100.000 liter limbah cair.

Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan suatu usaha untuk mengolah limbah hasil industri agar dapat diminimalisir dampaknya terhadap lingkungan dan

memanfaatkan air limbah hasil olahan tersebut menjadi sumber energi baru yaitu hidrogen fuel cell. Pada rencana strategis penelitian (RIP) Politeknik Negeri Sriwijaya, terdapat bidang unggulan perguruan tinggi yaitu **Teknologi dan Manajemen Energi, Teknologi dan Manajemen Air** dan **Teknologi Informasi dan Komunikasi**, ketiga bidang unggulan ini sangat mendukung rencana penelitian ini. Topik penelitian yang dipilih pada penelitian terapan unggulan perguruan tinggi ini sangat relevan dan mendukung capaian Rencana Strategis Penelitian Perguruan tinggi yaitu “Monitoring *Online* Pengolahan Limbah Cair Menjadi *Hydrogen Fuel Cell* Menggunakan *Smart Sensor*”. Teknologi dan manajemen air mendasari untuk pengolahan air limbah, teknologi dan manajemen energi akan mendukung pemanfaatan air limbah menjadi sumber energi hidrogen dan untuk sistem monitoring online merupakan kepakaran dari teknologi informasi dan telekomunikasi.

Sistem monitoring secara *online* sudah sangat dibutuhkan saat ini karena dapat mempercepat pelaporan kondisi limbah cair dan respon untuk pengolahannya. Monitoring secara *online* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu ke komputer di laboratorium dan secara mobile menggunakan smartphone sistem android. Dengan adanya monitoring online ini maka akan meningkatkan kinerja pemantauan dan pengolahan limbah.

1.2 Permasalahan

Limbah cair mengandung bahan organik dan anorganik yang seringkali merugikan lingkungan di dalam air dan lingkungan tanah di sekitarnya sehingga air tidak bening tetapi menjadi berwarna. Untuk itu permasalahan yang akan diatasi pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengolah limbah cair industri menjadi air bersih dengan menggunakan metoda elektrokoagulasi?
2. Bagaimana monitoring pengolahan limbah dapat dilakukan secara online dengan menggunakan smart sensor?
3. Bagaimana proses pembuatan energi hidrogen dari air limbah yang dapat diaplikasikan ke mesin (*engine*)?

1.3 Keutamaan Penelitian

Keutamaan penelitian ini adalah memanfaatkan limbah cair menjadi hidrogen fuel cell dengan sistem monitoring secara *online*.

1.4 Rencana Target Capaian Tahunan

Tabel 1. Rencana Target Capaian Tahunan

| No | Jenis Luaran | | | | Indikator Capaian | | |
|----|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Kategori | Sub Kategori | Wajib | Tambahan | TS ¹⁾ | TS+1 | TS+2 |
| 1 | Artikel Ilmiah dimuat di jurnal ²⁾ | Internasional | | ✓ | published | Published | published |
| | | Nasional terakreditasi | | ✓ | Draft | Submitted | published |
| 2 | Artikel ilmiah dimuat di prosiding ³⁾ | Internasional | | ✓ | Sudah dilaksanakan | sudah dilaksanakan | Sudah dilaksanakan |
| | | Nasional | | ✓ | Sudah dilaksanakan | Sudah dilaksanakan | Sudah dilaksanakan |
| 3 | <i>Invited Speaker</i> dalam temu ilmiah ⁴⁾ | Internasional | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Nasional | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| 4 | <i>Visiting Lecturer</i> ⁵⁾ | Internasional | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| 5 | Hak Kekayaan Intelektual (HKI) ⁶⁾ | Paten | | | Tidak ada | Draft | Draft |
| | | Paten sederhana | ✓ | | Terdaftar | Granted | granted |
| | | Hak cipta | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Merek dagang | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Rahasia dagang | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Desain produk produksi | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Indikasi geografis | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Perlindungan varietas tanaman | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| | | Perlindungan topografi sirkuit terpadu | | | Tidak ada | Tidak ada | Tidak ada |
| 6 | Teknologi Tepat Guna ⁷⁾ | | ✓ | | Penerapan | Penerapan | penerapan |
| 7 | Model/purwarupa/desain/karya seni/rekayasa sosial ⁸⁾ | | ✓ | | Penerapan | Penerapan | penerapan |
| 8 | Bahan Ajar ⁹⁾ | | | ✓ | Sudah terbit | Sudah terbit | Sudah terbit |
| 9 | Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) ¹⁰⁾ | | ✓ | | 5 | 5 | 6 |

¹⁾ TS = tahun sekarang (tahun pertama penelitian)

²⁾ Isi dengan tidak ada, draft, *submitted*, *reviewed*, *accepted*, atau *published*

³⁾ Isi dengan tidak ada, draft, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

⁴⁾ Isi dengan tidak ada, draft, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

⁵⁾ Isi dengan tidak ada, draft, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

- 6) Isi dengan tidak ada, draft, terdaftar, atau *granted*
- 7) Isi dengan tidak ada, draft, produk, atau penerapan
- 8) Isi dengan tidak ada, draft, produk, atau penerapan
- 9) Isi dengan tidak ada, draft, proses *editing*, atau sudah terbit
- 10) Isi dengan skala 1-9 dengan mengacu pada Lampiran A

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of the Art Penelitian*

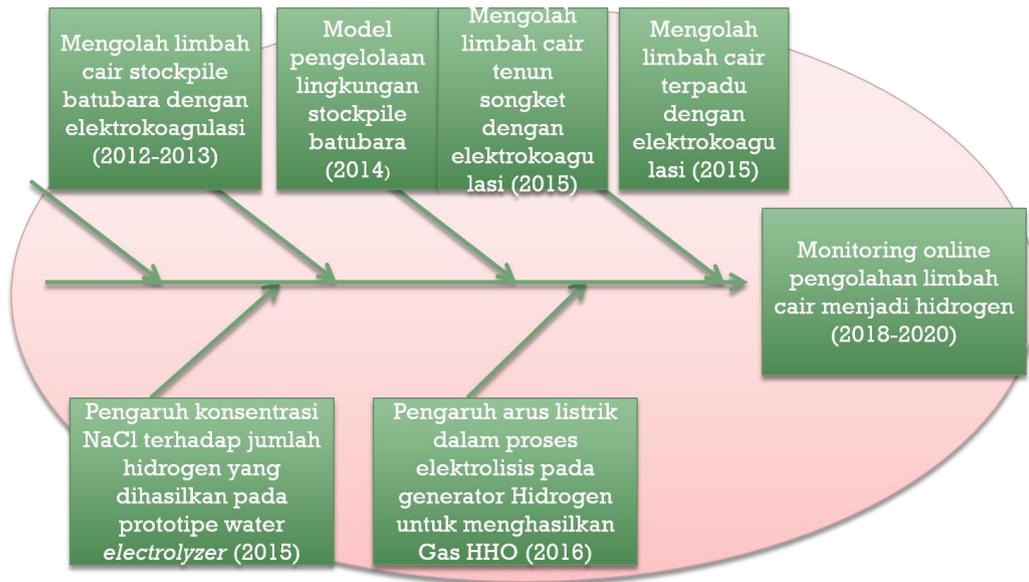
Penelitian tentang pengolahan limbah cair dengan metode elektrokoagulasi telah banyak dilakukan sebelumnya. Elektrokoagulasi dikenal juga sebagai “Elektrolisis Gelombang Pendek”. Elektrokoagulasi merupakan suatu proses destabilisasi suatu kontaminan dalam larutan dengan arus searah menggunakan elektroda [1]. Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses koagulasi-flokulasi [2].

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Kelebihan proses elektrokoagulasi untuk mengolah limbah cair adalah pada proses ini tidak ada penambahan bahan kimia. Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda. Elektroda yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi ini adalah aluminium. Aluminium akan dipisahkan dari anoda dan gas hidrogen terbentuk pada katoda.

Elektrokoagulasi telah banyak diaplikasikan pada berbagai pengolahan limbah cair seperti yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Untuk *recovery* logam dalam limbah cair, telah diteliti oleh Nouri [3], Bazrafshan [4], Dermentzis [5] dan Mansoorian [6]. Mukminin [7] dan Njiki [8] meneliti limbah elektroplating pada industri berbasis logam. Selain *recovery* logam, metode elektrokoagulasi dapat juga mereduksi/penghilangan zat warna pada limbah cair yang telah diteliti oleh Daneshvar [9]. Untuk pemurnian air (*water treatment*) dapat juga menggunakan metode elektrokoagulasi ini. Hal ini telah dibuktikan dari hasil penelitian Holt [9], Othman [10], Peter [11], Nasrulah [12], Sarala [13] dan Butler [14].

2.2 Peta Jalan Penelitian

Penelitian ini merupakan satu bagian penting dalam peta jalan penelitian yang telah dan akan dilakukan. Untuk lebih memperjelas program penelitian secara terperinci terlihat dalam *roadmap*/peta jalan penelitian berikut ini.



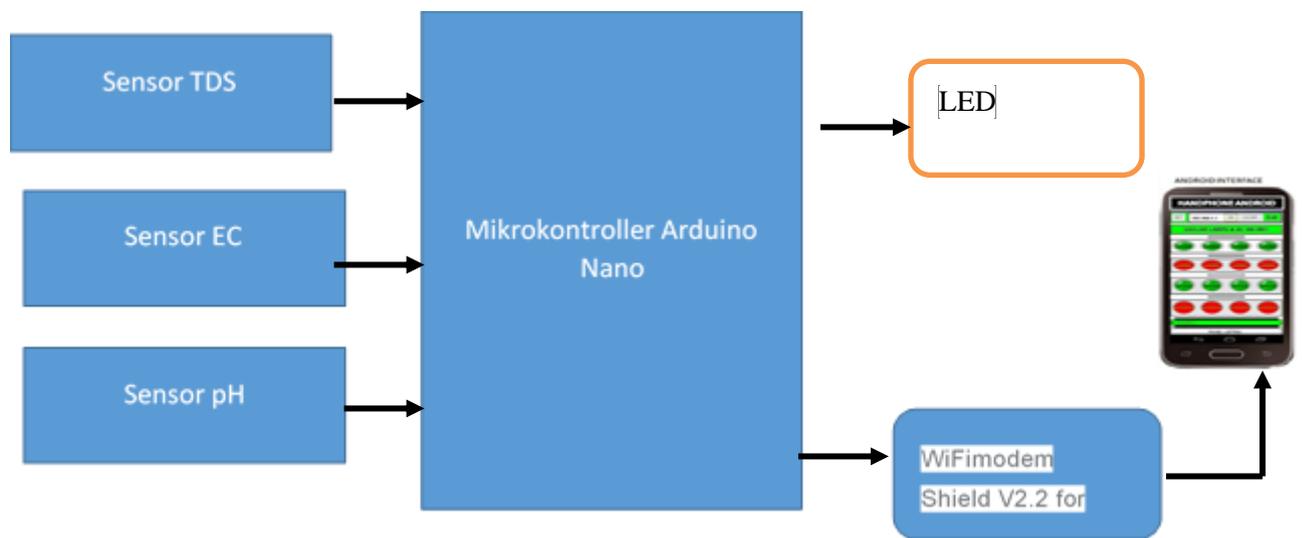
Gambar 1. Roadmap Penelitian Monitoring Online Pengolahan Limbah Cair Menjadi Hidrogen Fuel Cell menggunakan Smart Sensor

2.3 Perencanaan Sistem Monitoring *Online*

Mikrokontroler Arduino Nano Arduino Nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan breadboard. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau ATmega 168 (untuk Arduino versi 2.x). Arduino Nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino Nano tidak menyertakan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino Nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech [15].

Komunikasi Arduino Nano memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan Arduino lain, atau dengan mikrokontroler lainnya. ATmega168 dan ATmega328 menyediakan komunikasi serial UART TTL (5 Volt), yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan pin 1 (TX). Sebuah chip FTDI FT232RL yang terdapat pada papan Arduino Nano digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan driver FTDI (tersedia pada software Arduino IDE) yang akan menyediakan COM Port Virtual (pada Device komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak Arduino termasuk didalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan Arduino. LED RX dan TX yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip FTDI dan koneksi USB yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1)

Pemrograman Arduino Nano dapat diprogram dengan software Arduino (Unduh perangkat lunak Arduino). Pilih “Arduino Diecimila, Duemilanove, atau Nano w/ ATmega168 ” or “Arduino Duemilanove atau Nano w/ ATmega328” melalui menu Tools > Board (sesuaikan dengan jenis mikrokontroler yang kita gunakan). ATmega168 dan ATmega328 pada Arduino Nano sudah dipaket preburned dengan bootloader yang memungkinkan untuk mengunggah kode baru tanpa menggunakan programmer hardware eksternal. Hal ini karena komunikasi yang terjadi menggunakan protokol asli STK500. program mikrokontroler melalui pin header ICSP (*In-Circuit Serial Programming*) menggunakan Arduino ISP atau yang sejenis [16].



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kerja Alat Monitoring

2.3.1 Smart Sensor

Smart sensor yang dipakai pada penelitian ini adalah smart sensor pH, total padatan terlarut dan konduktivitas.

Sensor pH

pH sensor module merupakan sebuah sensor untuk mengukur kadar keasaman / pH suatu cairan, di mana kemudian data akan diproses oleh arduino untuk ditampilkan pada sebuah outputan pemrograman penggunaan module pH sensor dengan menggunakan Arduino. Berikut ini adalah komponen yang dibutuhkan. pH adalah tingkat keasaman atau kebasaan yang diukur dengan menggunakan skala pH antara 0 sampai 14 yaitu :

- Disebut ASAM bila pH 0 sampai 7
- Disebut BASA bila pH 7 sampai 14

Melakukan pengukuran keasaman pH air dengan menggunakan Arduino uno dengan

menggunakan rangkain pH buffer 7 dan pH buffer 10 dengan menggunakan rumus kalibrasi dengan monitor data pada PC atau android [17].

Sensor TDS (Total Dissolved Solid)

fungsinnya untuk mengukur partikel padatan terlarut di air minum yang tidak tampak oleh mata. Dalam satuan **ppm “Part Per Million”** standar TDS berdasarkan kebutuhan masing-masing jenis konsentrasi larutan nutrisi.tergantung kebutuhan tanaman [18].

Sensor EC “Electrical Conductivity” (EC)

Digunakan untuk mengukur kepekatan suatu larutan (dalam hal ini adalah larutan nutrisi hidroponik). Electrical conductivity atau elektro konduktivitas atau daya hantar listrik suatu larutan nutrisi dipengaruhi oleh nilai kepekatan suatu larutan. Semakin pekat larutan nutrisi maka semakin tinggi daya hantar listriknya atau nilai EC nya, begitu pula sebaliknya jika nilai EC rendah maka nilai kepekatannya juga rendah. Satuan yang digunakan pada alat EC Meter adalah mS/cm (mili siemen/cm) atau mmho/cm (milli hos/cm). Namun dilapangan banyak yang menyebut satuan tersebut dengan EC saja, misalnya 1 ec atau 2 ec. Mengenai penggunaan alat pengukuran mana yang harus kita gunakan, apakah TDS atau EC tergantung pada diri kita masing-masing karena keduanya memiliki fungsi yang sama [19].

Tabel 1. Spesifikasi Smart Sensor

| Parameter | Range | Resolution | Accuracy |
|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dissolved Oxygen % Saturation | 0 to 500% | 0.10% | 0 to 200%: ±2% of reading or 2% air saturation, whichever is greater; 200 to 500%: ±6% of reading |
| Dissolved Oxygen mg/L | 0 to 50 mg/L | 0.01 mg/L | 0 to 20 mg/L: ± 0.2 mg/L or 2% of reading, whichever is greater; 20 to 50 mg/L: ±6% of reading |
| Conductivity* | 0 to 100 mS/cm | 0.001 to 0.1 mS/cm (range dependent) | ±0.5% of reading + 0.001 mS/cm |
| Temperature | -5 to +50°C | 0.01°C | ±0.15°C |
| pH | 0 to 14 units | 0.01 unit | ±0.2 unit |
| ORP | -999 to +999 mV | 0.1 mV | ±20 mV |

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT

3.1 Tujuan Penelitian

1. Mengolah limbah cair industri menjadi air bersih yang memenuhi baku mutu lingkungan dan memanfaatkan air hasil olahan menjadi energi hidrogen.
2. Merancang sistem monitoring *online* pengolahan limbah cair, baik dengan menggunakan komputer di laboratorium maupun secara *mobile* dengan *smartphone*.
3. Merancang pilot plant pemanfaatan limbah cair menjadi hidrogen fuel cell dengan sistem monitoring secara *online*.

3.2 Manfaat Penelitian

1. Air limbah yang sudah diolah dapat dimanfaatkan masyarakat sebagai air bersih yang bisa dikonsumsi
2. Air limbah yang sudah diolah dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi baru dan terbarukan (EBT) berupa energi hidrogen (hidrogen fuel cell)
3. Sistem monitoring secara online, baik dengan komputer maupun smartphone dapat diterapkan di sistem pengolahan limbah industri.

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian rencananya dilakukan selama 3 (tiga) tahun. Tahun pertama dilakukan pengolahan limbah cair dengan metode elektrokoagulasi yang dilengkapi dengan smart sensor untuk mendapatkan kondisi optimum. Rincian pelaksanaan penelitian untuk tahun kedua dan ketiga seperti tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan Penelitian

| No. | | Indikator Capaian | Luaran |
|-----|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Tahun II | <ol style="list-style-type: none">1. Merancang sistem monitoring pengolahan limbah dengan metode elektrokoagulasi secara online2. Mengolah limbah cair menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi untuk menghasilkan air bersih yang sesuai persyaratan | <ol style="list-style-type: none">1. Publikasi ilmiah pada jurnal internasional2. Pemakalah dalam temu ilmiah internasional3. Pemakalah pada temu ilmiah nasional4. Draft paten sederhana5. Produk teknologi tepat guna6. Produk model7. Buku ajar sampai tahap draft8. TKT skala 5 |
| 2. | Tahun III | <ol style="list-style-type: none">1. Memanfaatkan air bersih yang dihasilkan dari pengolahan limbah cair industri menjadi sumber energi baru dan terbarukan (EBT) hidrogen fuel cell2. Merancang pilot plant pengolahan limbah cair yang dapat menghasilkan energi baru (hidrogen fuel cell) yang dilengkapi dengan sistem monitoring secara online | <ol style="list-style-type: none">1. Publikasi ilmiah pada jurnal internasional2. Pemakalah dalam temu ilmiah internasional3. Pemakalah pada temu ilmiah nasional4. Paten sederhana terdaftar5. Produk teknologi tepat guna6. Produk model7. Buku ajar sampai tahap editing8. TKT skala 5 |

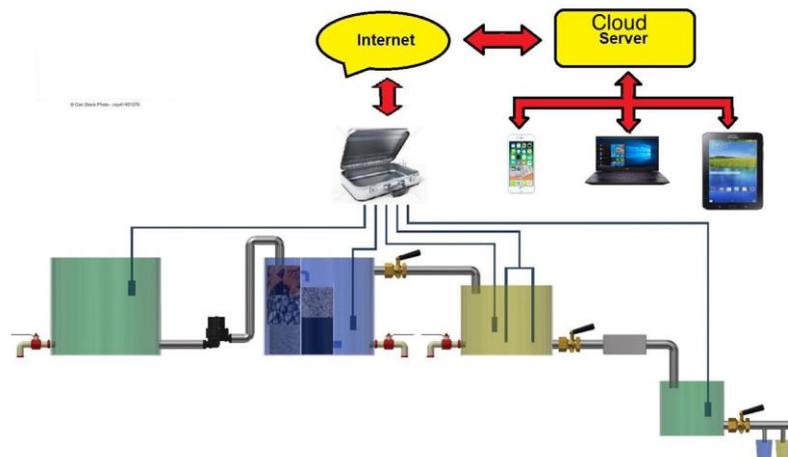
4.2 Tahapan Penelitian

Tahun 2: Pengolahan Limbah Cair dengan Sistem Monitoring Online

- Monitoring parameter penentu kualitas menggunakan sistem Wireless Sensor Works (WSN) yang diletakkan pada tangki penampung limbah cair. Dari titik WSN tersebut informasi akan dikumpulkan pada PC remote melalui komunikasi

wireless untuk dilakukan pemrosesan data hingga dapat diketahui kualitas air limbah.

- Setiap titik WSN dilengkapi dengan smart sensor yang dapat melakukan identifikasi parameter-parameter tertentu kualitas air limbah seperti sensor pH, total padatan terlarut (TDS), serta konduktivitas. Hasil keluaran berupa nilai konsentrasi parameter secara online yang terkandung dalam air limbah dan apabila nilai parameter-parameter tersebut melebihi ambang batas, maka instrumen akan mengisyaratkan untuk melakukan pengolahan air limbah.

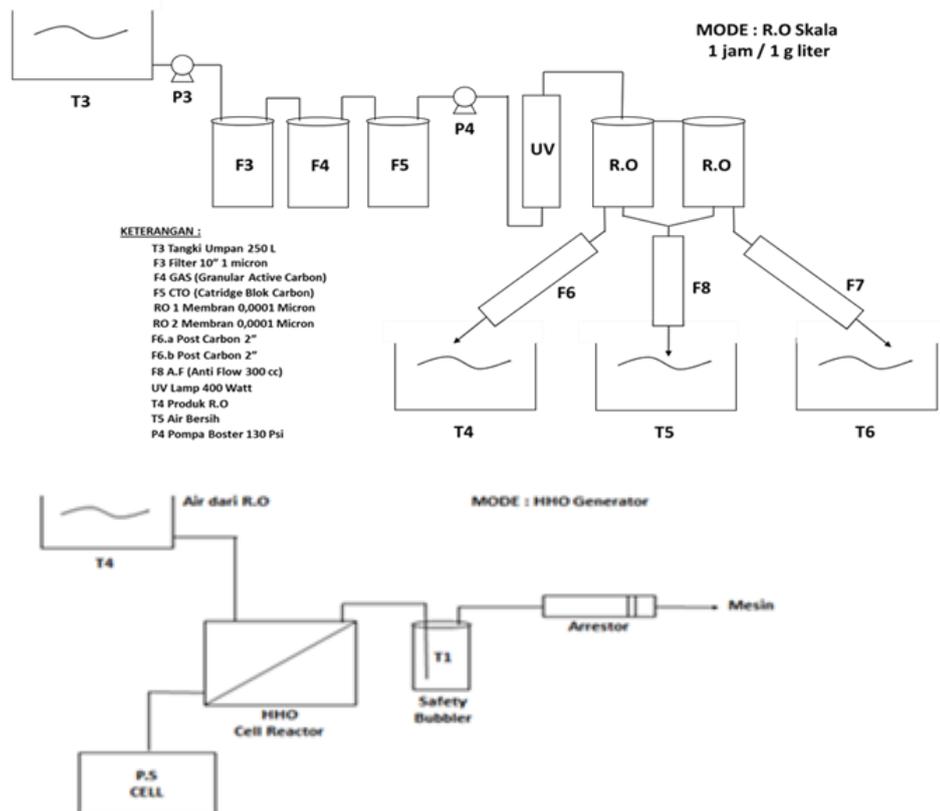


Gambar 3. Rancangan Monitoring Online Pnegolahan Limbah Cair

Pada skema kerja alat pendeteksi pH, TDS dan konduktivitas berdasarkan input sensor yang mendeteksi larutan asam dan basa pada cairan tertentu yang akan diproses oleh Mikrokontroler Arduino UNO melalui pin – pin input Arduino dalam bentuk sinyal analog yang dikonversi oleh modul ADC (Analog Digital Converter) dan dibaca oleh arduino dengan menggunakan logika coding program sehingga data yang sudah diproses oleh Arduino sebagai pengendali kerja sistem. Hasil proses pembacaan sensor akan ditampilkan menggunakan pin-pin out pada mikrokontroler sehingga hasil pembacaan sensor akan ditampilkan melalui *modem wifi* rangkaian sistem alat pada LED /smartphone dengan menampilkan hasil pembacaan sensor melalui perangkat *modem wifi eksternal arduino* sehingga hasil pembacaan sensor tergantung dari jumlah dengan satuan masing-masing variable inputan sensor yaitu untuk TDS ppm dan milli siemens/cm untuk konduktivitas.

Tahun 3: Konversi air limbah menjadi Hidrogen Fuel Cell

- Air bersih yang diperoleh dari pengolahan limbah cair dengan metode elektrokaogulasi diproses lanjut dengan menggunakan sistem reverse osmosis (RO) untuk mendapatkan air murni yang akan dikonversikan menjadi energi hidrogen dalam bentuk fuel cell.
- Hidrogen fuel cell yang dihasilkan akan diaplikasikan pada mesin (*engine*) sebagai sumber energi terbarukan



Gambar 4. Rancangan Hidrogen Fuel Cell dari Air Limbah

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Hasil Penelitian Pengolahan Limbah Cair Terpadu

5.1.1 Karakterisasi Awal Limbah Terpadu

Analisis awal dilakukan pada limbah cair terpadu yaitu gabungan limbah yang diambil di 4 tempat berbeda yaitu di industri tahu Padang Selasa, industri tekstil 5 Ulu, putri *laundry* Bukit Kecil dan di perumahan daerah Sekip, Kota Palembang, Sumatera Selatan. Analisis dilakukan sebelum proses pengolahan dengan metode elektrokoagulasi dengan menganalisis nilai pH, TDS, TSS, BOD₅, COD, PO₄, kadar Fe dan kadar Pb. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3. Karakterisasi Awal Limbah Terpadu

| No | Parameter | Satuan | Hasil | Baku Mutu* | Metode Pemeriksaan |
|----|------------------|--------|-------|------------|---------------------|
| 1 | pH | - | 4,61 | 6 – 9 | SNI 06-6989.11-2004 |
| 2 | TDS | mg/L | 3081 | 2000 | SNI 06-6989.27-2004 |
| 3 | TSS | mg/L | 80 | 200 | SNI 06-6898.3-2004 |
| 4 | BOD ₅ | mg/L | 140,4 | 50 | SNI 06-2503-1991 |
| 5 | COD | mg/L | 432 | 100 | SNI 6989.2-2009 |
| 6 | PO ₄ | mg/L | 2,912 | - | SNI 06-6989.31-2004 |
| 7 | Fe | mg/L | 0,32 | 5 | SNI 6989.4:2009 |
| 8 | Pb | mg/L | 0,07 | 0,1 | SNI 6989.8:2009 |

Sumber: *Pergub Sumsel No.08 Tahun 2012

5.1.2 Karakterisasi Limbah Terpadu setelah Pengolahan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi elektoda dan tegangan serta waktu proses yang terbaik dalam hal kenaikan nilai pH dan penurunan nilai TDS, TSS, BOD₅, COD, PO₄, kadar Fe dan kadar Pb dengan cara membandingkan hasil analisis akhir dari masing-masing perlakuan dengan hasil analisis awal sehingga dapat diketahui kondisi yang paling efektif yang mempunyai nilai penyisihan polutan tertinggi.

Hasil analisis limbah terpadu yang telah diolah menggunakan proses elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium berdasarkan pengaruh tegangan pada berbagai waktu proses dapat dilihat pada Tabel 4, 5 dan 6 sedangkan untuk hasil analisis limbah terpadu yang telah diolah dengan elektroda *stainless steel* berdasarkan pengaruh tegangan pada berbagai waktu proses dapat dilihat pada Tabel 7, 8 dan 9.

Tabel 4. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu dengan Elektroda Alumunium dan Tegangan 6 Volt

| Waktu (menit) | Parameter | | | | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------|-----------|
| | pH | TDS (mg/L) | TSS (mg/L) | BOD ₅ (mg/L) | COD (mg/L) | PO ₄ (mg/L) | Fe (mg/L) | Pb (mg/L) |
| 30 | 5,3 | 2679 | 78 | 24,5 | 80 | 2,301 | 0,28 | 0,05 |
| 60 | 5,38 | 2608 | 72 | 21,7 | 78 | 1,997 | 0,25 | 0,04 |
| 90 | 5,53 | 1947 | 63 | 20 | 72 | 1,996 | 0,25 | 0,04 |
| 120 | 5,74 | 1621 | 57 | 17 | 68 | 1,983 | 0,18 | 0,03 |
| 150 | 6,12 | 1203 | 50 | 15,5 | 59 | 1,979 | 0,16 | 0,02 |

Tabel 5. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu dengan Elektroda Alumunium dan Tegangan 9 Volt

| Waktu (menit) | Parameter | | | | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------|-----------|
| | pH | TDS (mg/L) | TSS (mg/L) | BOD ₅ (mg/L) | COD (mg/L) | PO ₄ (mg/L) | Fe (mg/L) | Pb (mg/L) |
| 30 | 4,77 | 2604 | 76 | 29,5 | 92 | 2,012 | 0,27 | 0,03 |
| 60 | 4,98 | 1738 | 61 | 23,9 | 83 | 1,983 | 0,24 | 0,02 |
| 90 | 5,08 | 1463 | 64 | 21,4 | 74 | 1,981 | 0,23 | 0,02 |
| 120 | 5,92 | 1259 | 52 | 20 | 70 | 2,017 | 0,19 | 0,02 |
| 150 | 6,15 | 925 | 48 | 19,2 | 66 | 1,987 | 0,14 | 0,01 |

Tabel 6. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu dengan Elektroda Alumunium dan Tegangan 12 Volt

| Waktu (menit) | Parameter | | | | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------|-----------|
| | pH | TDS (mg/L) | TSS (mg/L) | BOD ₅ (mg/L) | COD (mg/L) | PO ₄ (mg/L) | Fe (mg/L) | Pb (mg/L) |
| 30 | 4,82 | 2559 | 71 | 50 | 90 | 2,301 | 0,3 | 0,04 |
| 60 | 4,92 | 1641 | 66 | 30,5 | 79 | 2,021 | 0,27 | 0,03 |
| 90 | 6,21 | 1472 | 57 | 21,6 | 69 | 2,012 | 0,24 | 0,03 |
| 120 | 6,44 | 1223 | 49 | 20,4 | 61 | 1,997 | 0,19 | 0,02 |
| 150 | 6,52 | 340 | 41 | 14,2 | 52 | 1,882 | 0,12 | 0,009 |

Tabel 7. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu dengan Elektroda Stainless Steel dan Tegangan 6 Volt

| Waktu (menit) | Parameter | | | | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------|-----------|
| | pH | TDS (mg/L) | TSS (mg/L) | BOD ₅ (mg/L) | COD (mg/L) | PO ₄ (mg/L) | Fe (mg/L) | Pb (mg/L) |
| 30 | 6,09 | 1707 | 73 | 100,3 | 310 | 2,125 | 0,28 | 0,05 |
| 60 | 6,14 | 1643 | 67 | 98,2 | 305 | 2,103 | 0,24 | 0,02 |
| 90 | 6,21 | 1584 | 57 | 89,4 | 280 | 1,989 | 0,22 | 0,02 |
| 120 | 6,44 | 1546 | 43 | 80,8 | 220 | 1,984 | 0,21 | 0,01 |
| 150 | 6,46 | 1331 | 38 | 42,9 | 80 | 1,982 | 0,2 | 0,01 |

Tabel 8. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu dengan Elektroda Stainless Steel dan Tegangan 9 Volt

| Waktu (menit) | Parameter | | | | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------|-----------|
| | pH | TDS (mg/L) | TSS (mg/L) | BOD ₅ (mg/L) | COD (mg/L) | PO ₄ (mg/L) | Fe (mg/L) | Pb (mg/L) |
| 30 | 5,92 | 1306 | 78 | 100,6 | 300 | 2,103 | 0,26 | 0,03 |
| 60 | 6,05 | 1205 | 66 | 90,7 | 270 | 2,012 | 0,22 | 0,02 |
| 90 | 6 | 875 | 61 | 70,5 | 200 | 2,015 | 0,21 | 0,02 |
| 120 | 6,1 | 756 | 47 | 65,4 | 190 | 1,788 | 0,2 | 0,02 |
| 150 | 6,08 | 608 | 41 | 38,7 | 60 | 1,762 | 0,18 | 0,01 |

Tabel 9. Hasil Analisis Limbah Cair Terpadu dengan Elektroda Stainless Steel dan Tegangan 12 Volt

| Waktu (menit) | Parameter | | | | | | | |
|---------------|-----------|------------|------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------|-----------|
| | pH | TDS (mg/L) | TSS (mg/L) | BOD ₅ (mg/L) | COD (mg/L) | PO ₄ (mg/L) | Fe (mg/L) | Pb (mg/L) |
| 30 | 4,61 | 3081 | 80 | 140,4 | 432 | 2,912 | 0,32 | 0,03 |
| 60 | 6,15 | 1693 | 77 | 104,2 | 312 | 2,152 | 0,25 | 0,03 |
| 90 | 6,2 | 1640 | 63 | 98,7 | 295 | 2,012 | 0,22 | 0,02 |
| 120 | 6,28 | 1654 | 54 | 76,6 | 270 | 1,999 | 0,2 | 0,009 |
| 150 | 6,39 | 1603 | 41 | 52,9 | 230 | 1,884 | 0,18 | 0,008 |

5.2 Pembahasan

5.2.1 Karakterisasi Awal Limbah Cair Terpadu

Dari hasil analisis awal limbah terpadu pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai TSS, PO₄, kadar Fe dan Pb tidak melebihi baku mutu limbah cair terpadu sedangkan nilai pH, COD, BOD₅ dan TDS perlu diperhatikan karena nilai pH masih terlalu asam dan nilai TDS yang didapatkan berada di atas baku mutu untuk limbah cair terpadu.

Nilai pH yang didapatkan juga perlu diperhatikan karena masih bersifat asam sehingga diperlukan pengolahan agar pH mencapai posisi netral. Apabila nilai pH tidak pada kondisi netral maka limbah tersebut dapat mempengaruhi kondisi lingkungan atau perairan, dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air dan bersifat korosif terhadap warna, rasa dan bau yang tidak sedap dari limbah. Nilai pH yang didapatkan juga perlu diperhatikan karena masih bersifat asam sehingga diperlukan pengolahan agar pH mencapai posisi netral. Apabila nilai pH tidak pada kondisi netral maka limbah tersebut dapat mempengaruhi kondisi lingkungan atau perairan, dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air dan bersifat korosif terhadap logam.

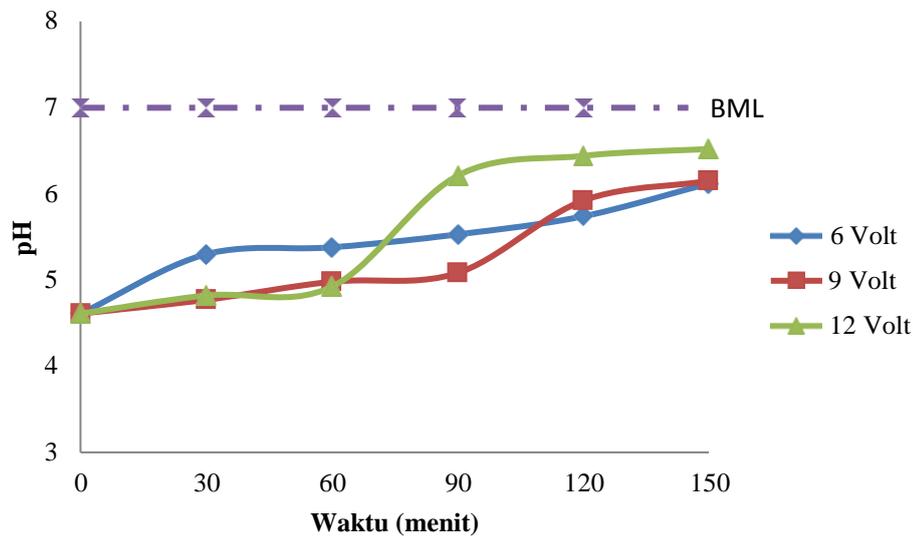
Biological oxygen demand (BOD) dan Chemical oxygen demand (COD) yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan biota perairan yang dicemari oleh limbah sehingga kehidupan di perairan tersebut dapat terganggu.

5.2.2 Hasil Pengolahan Limbah Cair Terpadu dengan Proses Elektrokoagulasi

5.2.2.1 Hasil Pengolahan Limbah Cair Terpadu dengan Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium

a. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap pH

Pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai pH pada sampel awal cukup asam yaitu 4,61 sehingga apabila dibuang langsung ke lingkungan dapat mempengaruhi lingkungan sekitar.



Gambar 3. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap Kenaikan pH

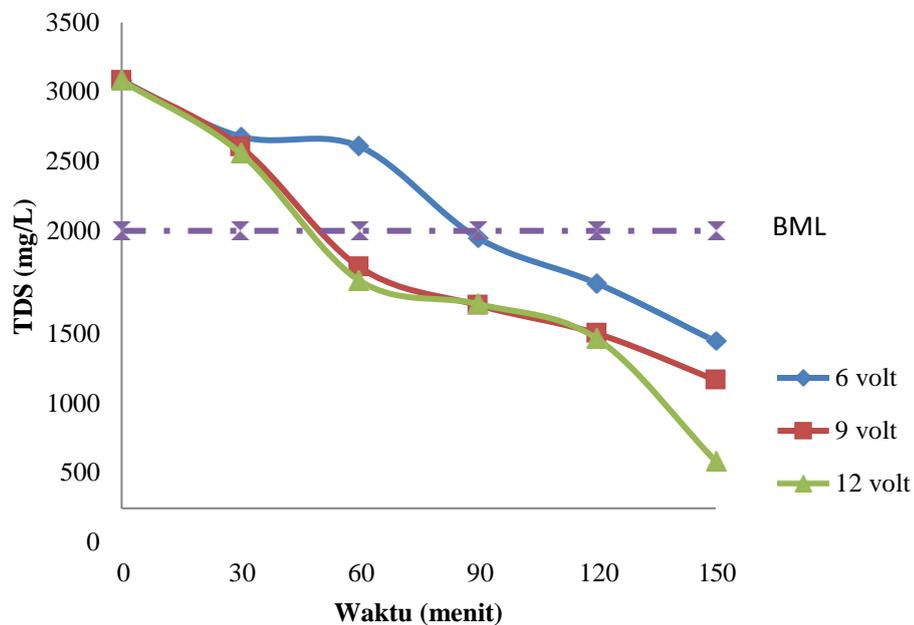
Setelah dilakukan pengolahan limbah menggunakan metode elektrokoagulasi, limbah yang diolah mengalami peningkatan. Hasil yang didapatkan mengalami peningkatan pada setiap variasi tegangan. Naiknya nilai pH pada proses elektrokoagulasi ini terjadi karena adanya proses alkalisasi ion Al^{3+} yang ditambahkan/larut dalam air sehingga terjadi reaksi dengan ion hidroksi dari hidrolisa air yang menghasilkan $Al(OH)_3$ dan ion hidrogen. Semakin besar arus yang digunakan, semakin banyak Al^{3+} yang larut sehingga ion H^+ yang terbentuk juga semakin banyak. Dalam proses elektrokoagulasi ini, terjadi pembentukan gas hidrogen pada katoda. Metode elektrokoagulasi juga akan menghasilkan ion hidroksida (OH^-), semakin besar tegangan yang digunakan maka akan semakin cepat reaksi terjadi dan OH^- yang dihasilkan juga semakin banyak

sehingga menaikkan pH dalam limbah.

Pada penelitian ini, pH limbah cenderung naik dengan bertambahnya waktu operasi dan kuat arus yang digunakan dengan pH berkisar 5-7. Oleh karena itu semakin lama waktu operasi, konsentrasi limbah akan semakin berkurang dan nilai pH akan cenderung naik. Hasil terbaik pada kenaikan pH yaitu pada tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit. Hasil ini dipilih karena pada tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit menghasilkan pH 6,52 yang mendekati pH netral air.

b. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap TDS

TDS merupakan bahan-bahan terlarut dan koloid yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 mikrometer. TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik berupa ion-ion yang terdapat di perairan. Ion-ion yang biasanya terdapat di perairan antara lain sodium, kalsium, magnesium, bikarbonat, karbonat, silika dan lain sebagainya. TDS tidak diinginkan dalam badan air karena dapat menimbulkan warna, rasa, bau yang tidak sedap.



Gambar 4. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap TDS

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai TDS pada sampel awal melewati nilai baku mutu lingkungan sehingga apabila dibuang langsung ke lingkungan sekitar akan mempengaruhi lingkungan sekitar baik di darat maupun di perairan. Setelah dilakukan pengolahan dengan metode elektrokoagulasi, nilai TDS dari limbah yang diolah menurun sesuai dengan meningkatnya tegangan dan lamanya waktu proses yang dilakukan. Ini disebabkan kemampuan elektroda aluminium yang bereaksi dengan ion-ion seperti Fe, Pb dan ion lainnya sehingga ion-ion tersebut berkurang. Metode elektrokoagulasi ini juga mampu mengurangi kadar warna yang pekat dari limbah serta bau yang tidak sedap jika di amati secara langsung. Pada waktu proses 30 menit dengan tegangan 6, 9 dan 12 volt pun masih berada di atas nilai baku mutu lingkungan. Ini dikarenakan waktu proses yang sedikit sehingga limbah yang diolah belum seluruhnya tereaksi dengan elektroda. Pada waktu proses 60 dengan tegangan 6 volt pun masih berada di atas nilai baku mutu lingkungan. Ini dikarenakan perlakuan yang tidak teliti terhadap limbah sehingga hasil yang didapat masih berada di atas nilai baku mutu lingkungan.

Kondisi optimum dalam penurunan kadar TDS yaitu pada tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit. Hasil ini dipilih karena pada tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit menghasilkan nilai TDS 340 yaitu nilai terkecil pada hasil yang di dapat.

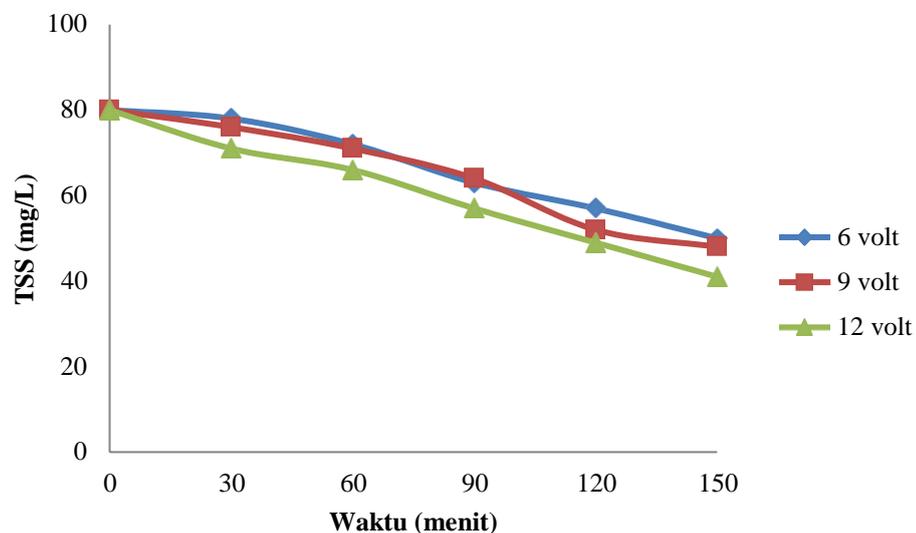
c. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap TSS

TSS merupakan padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik. Nilai TSS yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kekeruhan pada air. Kekeruhan air tersebut tidak diharapkan pada perairan dikarenakan apabila terlalu keruh dapat mengurangi atau menghambat pancaran sinar matahari masuk ke dalam air sehingga dapat mengganggu perkembangan biota perairan. Analisis kandungan padatan tersuspensi (TSS) adalah penting dalam keperluan mengatur dan menentukan proses pengolahan limbah baik secara biologi maupun fisika dan salah satu syarat kunci untuk perizinan pembuangan air limbah ke lingkungan.

Pada karakterisasi awal, kadar TSS tidak melewati baku mutu lingkungan. Hal ini dikarenakan pengambilan sampel limbah yang baik dan juga kondisi limbah yang masih *fresh* ketika di analisa.

Dari Gambar 5, menunjukkan turunnya hasil TSS yang didapatkan. Semakin lama waktu proses dan semakin tinggi tegangan maka konsentrasi dari TSS semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh elektroda aluminium yang bereaksi dengan baik saat proses pengolahan berlangsung dan proses penyaringan yang baik sehingga terjadi penurunan pada hasil yang didapatkan.

Kondisi optimum yang diperoleh dari variasi tegangan dan waktu proses adalah dengan tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tegangan dan waktu proses yang dilakukan maka hasil yang didapatkan akan semakin optimal.



Gambar 5. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap TSS

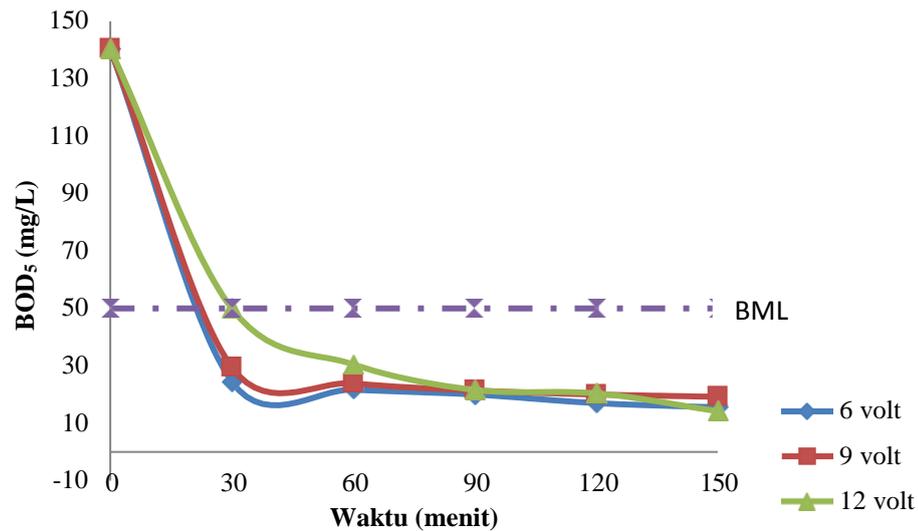
d. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap BOD₅

BOD₅ adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri selama penguraian senyawa organik pada kondisi aerobik selama 5 hari. Pengukuran BOD dilakukan selama 5 hari karena selama 5 hari jumlah senyawa organik yang diuraikan sudah mencapai 70%.

Pada Gambar 6, didapatkan hasil yang menurun terhadap kadar BOD₅. Pada analisis awal terhadap kadar BOD₅, konsentrasi dari BOD₅ yang didapat melebihi baku mutu lingkungan yang dimiliki limbah cair terpadu. Nilai BOD₅ yang tinggi menunjukkan bahwa terdapat banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai senyawa organik

tersebut. Apabila oksigen banyak digunakan untuk menguraikan senyawa organik tersebut maka kadar oksigen yang terdapat dalam air sedikit yang mengakibatkan biota air kekurangan oksigen dalam air.

Kondisi optimum yang diperoleh dari variasi tegangan dan waktu proses adalah dengan tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit yaitu 14,2 mg/L.



Gambar 6. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap BOD₅

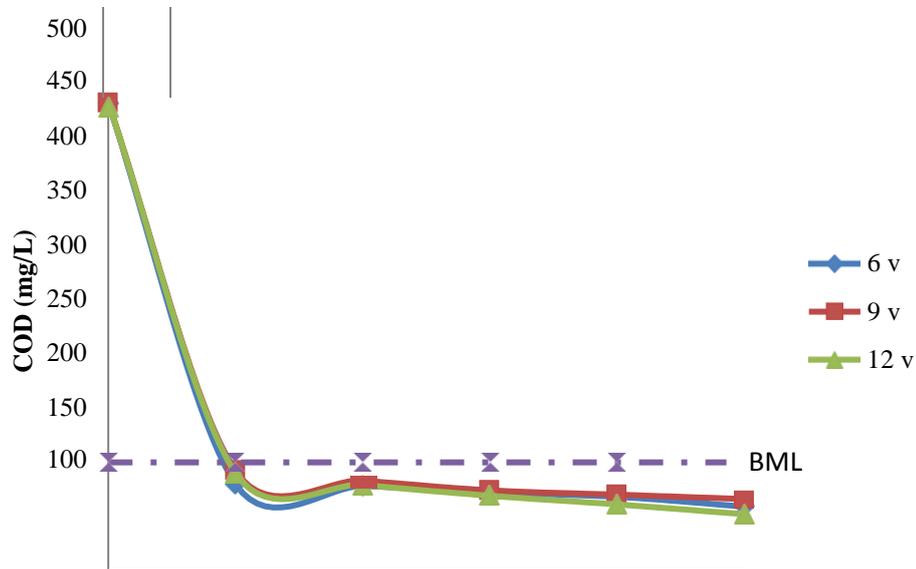
e. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap COD

COD (*Chemical oxygen demand*) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi semua bahan organik yang terdapat di perairan, menjadi CO₂ dan H₂O.

Pada Gambar 8, nilai COD awal yang didapatkan melebihi nilai baku mutu lingkungan. Ini mengindikasikan bahwa limbah harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang langsung ke lingkungan. Setelah pengolahan dengan metode elektrokoagulasi, limbah yang diolah mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi tersebut dikarenakan proses oksidasi dan reduksi di dalam proses elektrokoagulasi. Pada elektroda-elektroda terbentuk gas seperti oksigen dan hidrogen yang akan mempengaruhi pereduksian COD. Penurunan ini juga disebabkan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang positif.

Kondisi optimum yang diperoleh dari variasi tegangan dan waktu proses dalam mengurangi konsentrasi COD adalah dengan tegangan 12 volt dengan waktu proses

150 menit yaitu 52 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar tegangan dan waktu proses maka konsentrasi COD akan semakin berkurang.



Gambar 7. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap COD

f. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap PO_4

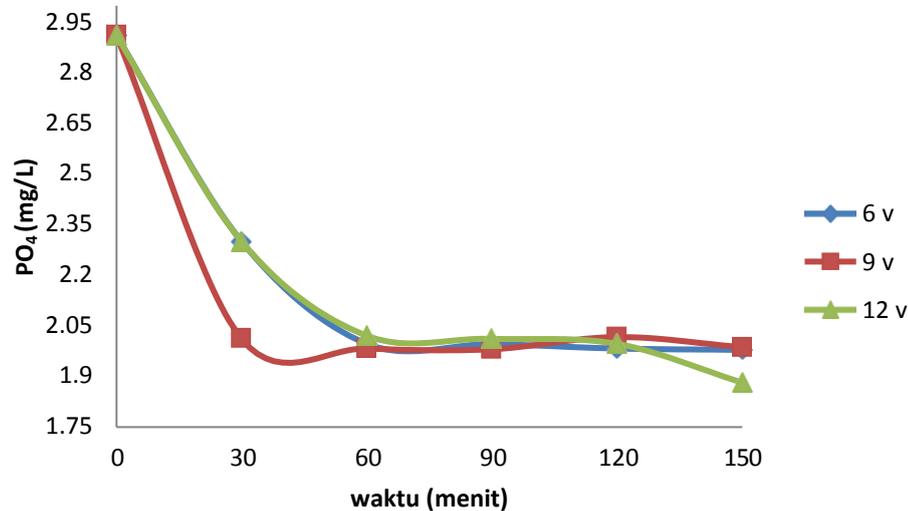
Fosfat (PO_4) merupakan salah satu penyusun atau kandungan dalam deterjen yaitu sebagai senyawa *builder* atau pembangun. Kandungan fosfat harus diperhatikan karena apabila kandungan fosfat yang terdapat dalam limbah terlalu tinggi dapat mencemari lingkungan. Fosfat yang terlalu tinggi itu akan menyebabkan eutrophikasi yaitu masalah lingkungan yang dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem perairan dimana tumbuhan tumbuh sangat cepat.

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa hasil yang didapatkan mengalami penurunan.

Penurunan konsentrasi fosfat pada proses elektrokoagulasi terjadi karena ion Al^{3+} bereaksi dengan PO_4^{3-} membentuk AlPO_4 yang sukar larut sehingga mudah dipisahkan.

Kondisi optimum yang diperoleh dari variasi tegangan dan waktu proses dalam mengurangi konsentrasi PO_4 adalah dengan tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit yaitu 1,882 mg/L. Kondisi optimum terjadi pada tegangan 12 volt dikarenakan reaksi yang terjadi antara elektroda aluminium dan fosfat yang baik pada tegangan 12

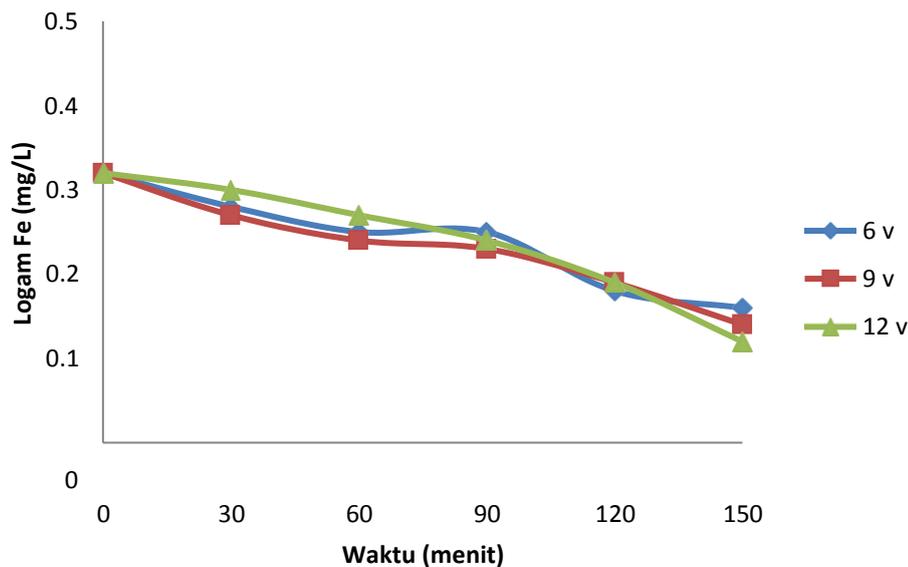
volt dan waktu proses 150 sehingga fosfat yang berada dalam limbah mudah dipisahkan.



Gambar 8. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap PO_4

g. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap kadar Fe

Tujuan utama dari perlakuan ini adalah untuk membandingkan penurunan/kenaikkan logam Fe dalam limbah cair terpadu dengan variasi kuat arus dan waktu proses sehingga dapat diketahui kondisi yang paling efektif dalam menurunkan kadar logam Fe. Kondisi optimum yang didapat adalah pada tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit. Hasil yang didapat setelah pengolahan limbah ini adalah terjadinya penurunan konsentrasi kadar logam Fe di dalam limbah. Namun penurunan konsentrasi yang terjadi cenderung konstan. Hal ini terjadi dikarenakan kinerja elektroda yang menurun. Elektroda aluminium yang digunakan sudah berkurang kemampuannya untuk menarik ion-ion Fe dalam limbah tersebut. Dampak dari kondisi ini menyebabkan terjadinya penurunan besarnya medan magnet. Ketika medan magnet diantara kedua elektroda masih cukup besar, sistem ionik dari logam-logam yang ada dominan saling berkompetisi untuk menempel pada elektroda dan proses oksidasi pada anoda juga masih besar, meskipun dalam larutan nampak lebih keruh, tetapi kekeruhan tersebut selain diakibatkan adanya kotoran, sebagian besar kekeruhan diduga diakibatkan oleh flok $Al(OH)_3$ yang akhirnya mengendap (Rusdianasari, 2013).

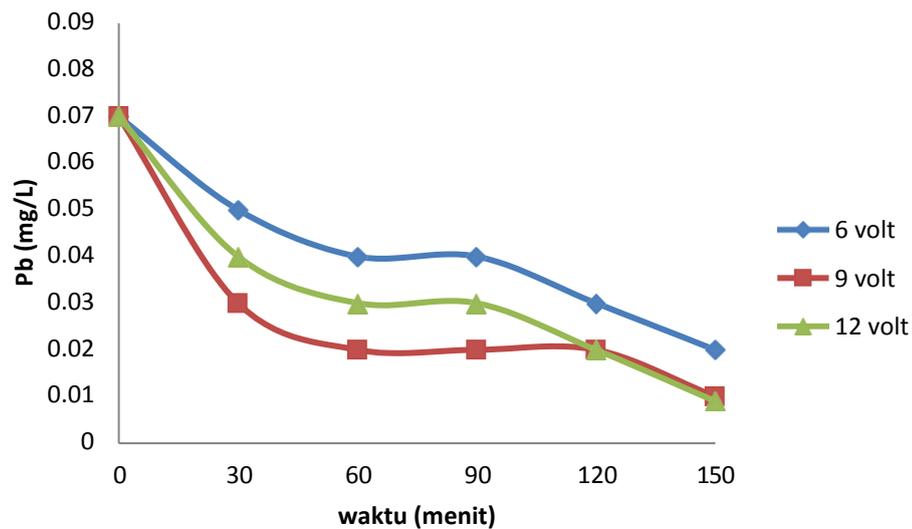


Gambar 9. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap kadar Fe

h. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap kadar Pb

Logam berat Pb dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Badan perairan yang telah memasukkan senyawa atau ion-ion Pb dapat menyebabkan jumlah Pb dalam badan perairan melebihi konsentrasi yang semestinya. Hal ini dapat mengakibatkan biota perairan tersebut (Palar, 2008).

Pada Gambar 11, hasil yang di dapat setelah melakukan analisis logam berat Pb adalah menurun. Semakin lama waktu proses dan semakin tinggi tegangan maka konsentrasi dari logam Pb semakin berkurang. Dari nilai analisis awal yaitu 0,07 mg/L ke 0,009 pada menit ke-150 dengan tegangan 12 volt. Inilah kondisi optimum dalam analisis logam berat Pb. Penurunan konsentrasi kadar Pb ini dikarenakan baiknya reaktifitas elektroda aluminium dalam mengolah logam berat. Sama halnya seperti mengolah Fe dan PO_4 yang mana elektroda aluminium menarik logam berat tersebut seperti magnet.



Gambar 10. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap kadar Pb

6.1.1.1 Hasil Pengolahan Limbah Terpadu dengan Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda *Stainless Steel*

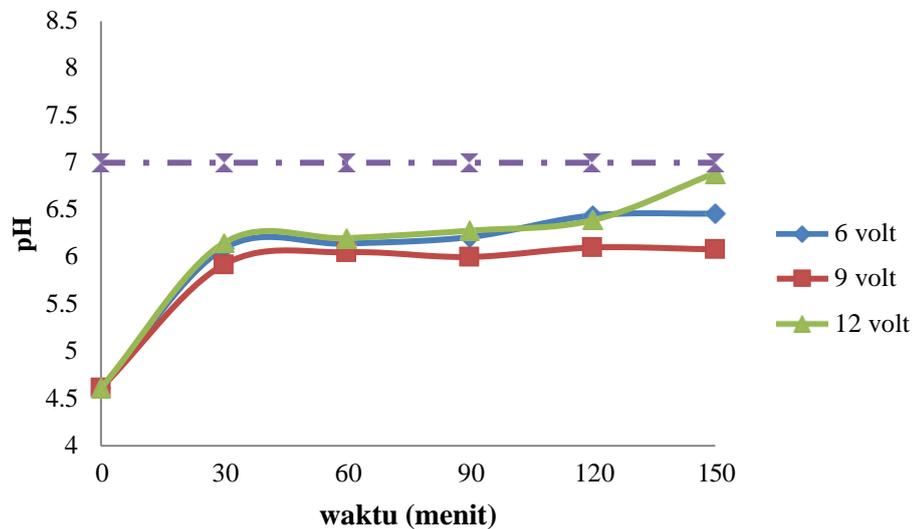
a. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap pH

Pada Gambar 11, dapat dilihat bahwa nilai pH pada sampel awal cukup asam yaitu 4,61 sehingga apabila dibuang langsung ke lingkungan dapat mempengaruhi lingkungan sekitar.

Setelah dilakukan pengolahan limbah menggunakan metode elektrokoagulasi, limbah yang diolah mengalami peningkatan. Hasil yang didapatkan mengalami peningkatan pada setiap variasi tegangan. Naiknya nilai pH pada proses elektrokoagulasi ini terjadi karena adanya proses alkalisasi ion Al^{3+} yang ditambahkan/larut dalam air sehingga terjadi reaksi dengan ion hidroksi dari hidrolisa air yang menghasilkan $Al(OH)_3$ dan ion hidrogen. Semakin besar arus yang digunakan, semakin banyak Al^{3+} yang larut sehingga ion H^+ yang terbentuk juga semakin banyak. Dalam proses elektrokoagulasi ini, terjadi pembentukan gas hidrogen pada katoda. Semakin besar tegangan yang digunakan maka akan semakin cepat reaksi terjadi dan OH^- yang dihasilkan juga semakin banyak sehingga menaikkan pH dalam limbah.

Pada penelitian ini, pH limbah cenderung naik dengan bertambahnya waktu operasi dan kuat arus yang digunakan dengan pH berkisar 6-7. Oleh karena itu semakin lama waktu proses, konsentrasi limbah akan semakin berkurang dan nilai pH akan cenderung naik.

Kondisi optimum pada kenaikan pH yaitu pada tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit. Hasil ini dipilih karena pada tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit menghasilkan pH 6,89 yang mendekati pH netral air.



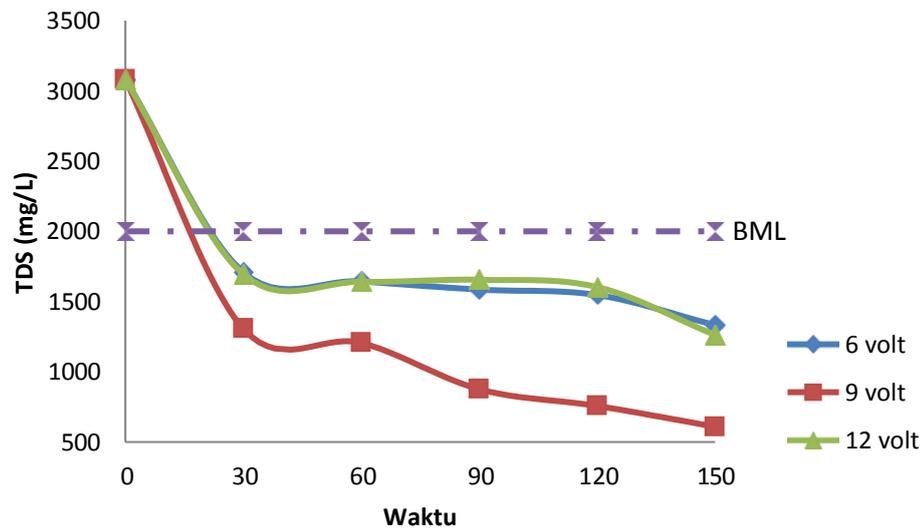
Gambar 11. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap Kenaikan pH

b. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap TDS

TDS merupakan bahan-bahan terlarut dan koloid yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 mikrometer. TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik berupa ion-ion yang terdapat di perairan. Ion-ion yang biasanya terdapat di perairan antara lain sodium, kalsium, magnesium, bikarbonat, karbonat, silika dan lain sebagainya. TDS tidak diinginkan dalam badan air karena dapat menimbulkan warna, rasa, bau yang tidak sedap.

Jika dilihat dari Gambar 12, TDS yang di dapat berada di atas baku mutu lingkungan yaitu 3081 mg/L dari nilai baku mutu lingkungan 2000 mg/L. Setelah dilakukan pengolahan limbah, Seluruh tegangan pada menit ke 30, 60 dan 90 mengalami penurunan. Namun penurunan yang terjadi cenderung sedikit. Hal ini dikarenakan elektroda yang digunakan berangsur lemah sehingga reaksi elektroda *stainless steel* dan limbah yang diolah kurang maksimal dan juga dikarenakan proses penyaringan yang baik.

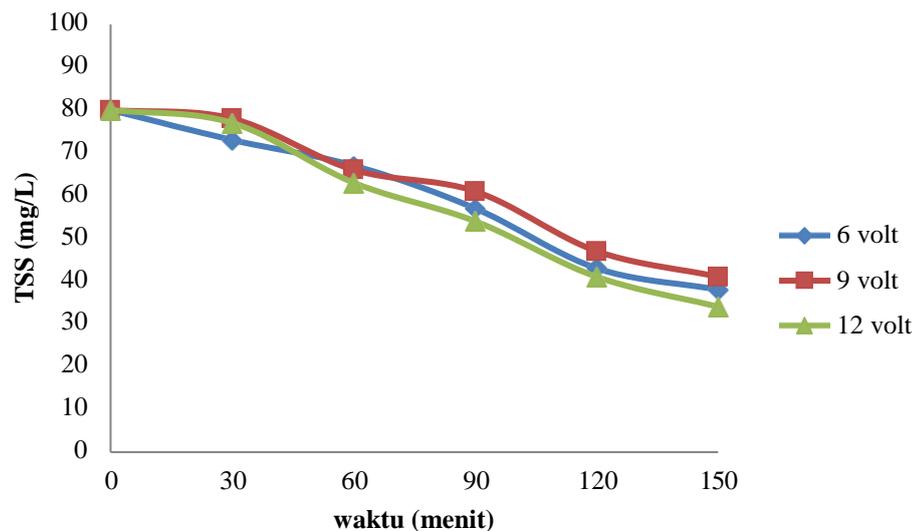
Kondisi optimum yang diperoleh dari variasi tegangan dan waktu proses dalam mengurangi konsentrasi TDS adalah dengan tegangan 9 volt dengan waktu proses 150 menit yaitu 608 mg/L. Kondisi optimum yang terjadi dikarenakan penyaring yang baik dan keadaan limbah yang masih *fresh* pada saat diolah.



Gambar 12. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap TDS

c. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap TSS

TSS merupakan padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik. Nilai TSS yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kekeruhan pada air. Kekeruhan air tersebut tidak diharapkan pada perairan dikarenakan apabila terlalu keruh dapat mengurangi atau menghambat pancaran sinar matahari masuk ke dalam air sehingga dapat mengganggu perkembangan biota perairan. Analisis kandungan padatan tersuspensi (TSS) adalah penting dalam keperluan mengatur dan menentukan proses pengolahan limbah baik secara biologi maupun fisika dan salah satu syarat kunci untuk perizinan pembuangan air limbah ke lingkungan.



Gambar 13. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap TSS

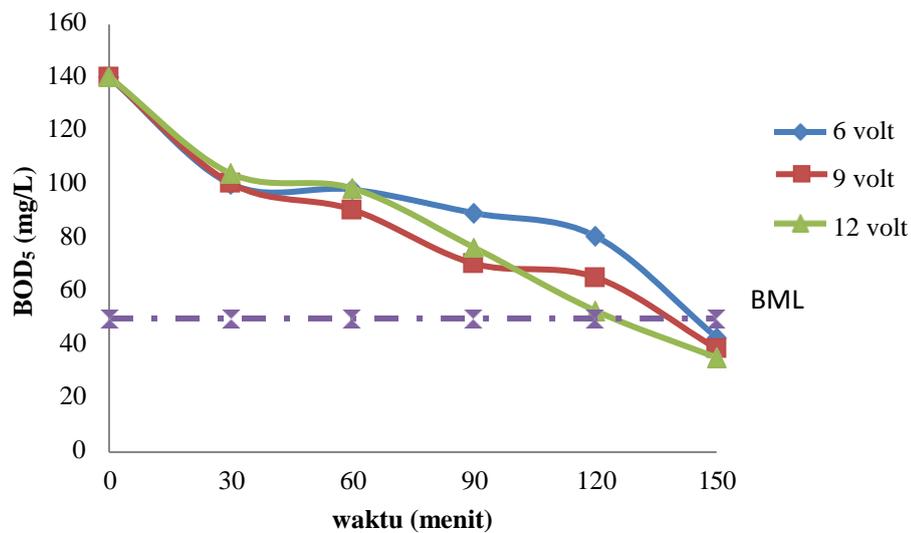
Pada hasil analisis awal, kadar TSS tidak melewati baku mutu lingkungan. Hal ini dikarenakan pengambilan sampel limbah yang baik dan juga kondisi limbah yang masih *fresh* ketika di analisa.

Dari Gambar 13, menunjukkan turunnya hasil TSS yang didapatkan. Semakin lama waktu proses dan semakin tinggi tegangan maka konsentrasi dari TSS semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh elektroda *stainless steel* yang bereaksi dengan baik saat proses pengolahan berlangsung dan proses penyaringan yang baik sehingga terjadi penurunan pada hasil yang diperoleh.

Kondisi optimum yang diperoleh dari variasi tegangan dan waktu proses adalah dengan tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit. Kondisi optimum di dapat dikarenakan pada saat analisa kondisi limbah yang masih baru sehingga tidak banyak padatan tersuspensi yang berada pada limbah yang diolah.

d. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap BOD₅

BOD₅ adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri selama penguraian senyawa organik pada kondisi aerobik selama 5 hari. Pengukuran BOD dilakukan selama 5 hari karena selama 5 hari jumlah senyawa organik yang diuraikan sudah mencapai 70%.



Gambar 14. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap BOD₅

Pada Gambar 14, hasil yang didapat dari proses elektrokoagulasi limbah cair terpadu terhadap nilai BOD₅ cenderung menurun. Akan tetapi hasil yang didapat pada waktu 30, 60, 90 dan 120 berada di atas baku mutu lingkungan. Nilai BOD₅ yang tinggi menunjukkan bahwa terdapat banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai senyawa organik tersebut. Apabila oksigen banyak digunakan untuk menguraikan senyawa organik tersebut maka kadar oksigen yang terdapat dalam air sedikit yang mengakibatkan biota air kekurangan oksigen dalam air.

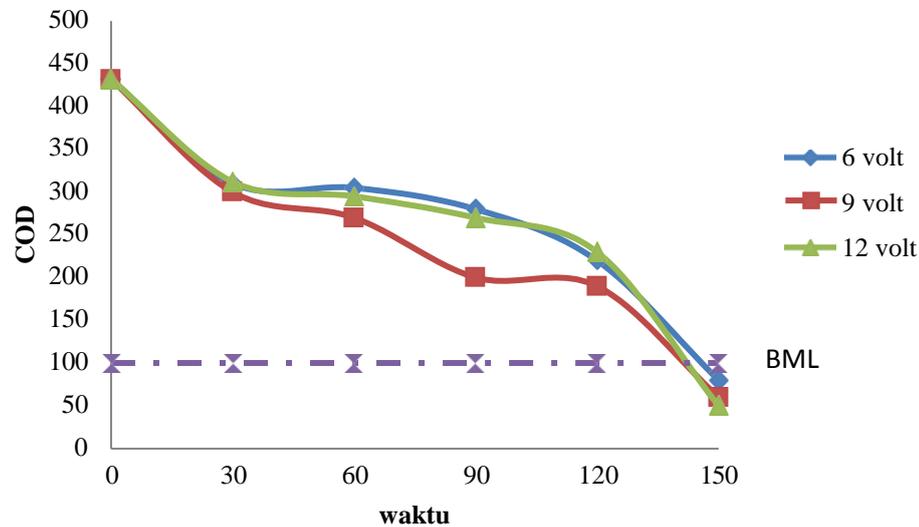
Pada analisis BOD₅ dengan menggunakan elektroda *stainless steel* ini semakin lama waktu proses dan semakin tinggi tegangan maka konsentrasi dari BOD₅ semakin berkurang. Kondisi optimum yang diperoleh dari variasi tegangan dan waktu proses adalah dengan tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit yaitu 35,3 mg/L.

e. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap COD

COD (*Chemical oxygen demand*) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam 1 ml sampel air, merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada.

Pada Gambar 15, nilai COD pada analisa awal dan pada waktu proses 30, 60, 90 dan 120 melebihi nilai baku mutu lingkungan. Ini mengindikasikan bahwa limbah awal

dan limbah yang diolah dengan waktu proses 30, 60, 90 dan 120 membahayakan lingkungan apabila dibuang secara langsung.



Gambar 15. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap COD

Hasil yang didapatkan masih berada di atas baku mutu lingkungan dikarenakan elektroda *stainless steel* yang tidak bereaksi sempurna dengan zat-zat organis yang ada di dalam limbah sehingga konsentrai COD lambat menurun ke bawah nilai baku mutu lingkungan. Semakin lama waktu proses dan semakin tinggi tegangan maka konsentrasi dari COD semakin berkurang. Penurunan konsentrasi COD ini juga dikarenakan pengolahan limbah secara teliti dan juga dapat disebabkan oleh proses oksidasi dan reduksi di dalam proses elektrokoagulasi. Pada elektroda-elektroda terbentuk gas seperti oksigen dan hidrogen yang akan mempengaruhi pereduksian COD. Penurunan ini juga disebabkan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang positif.

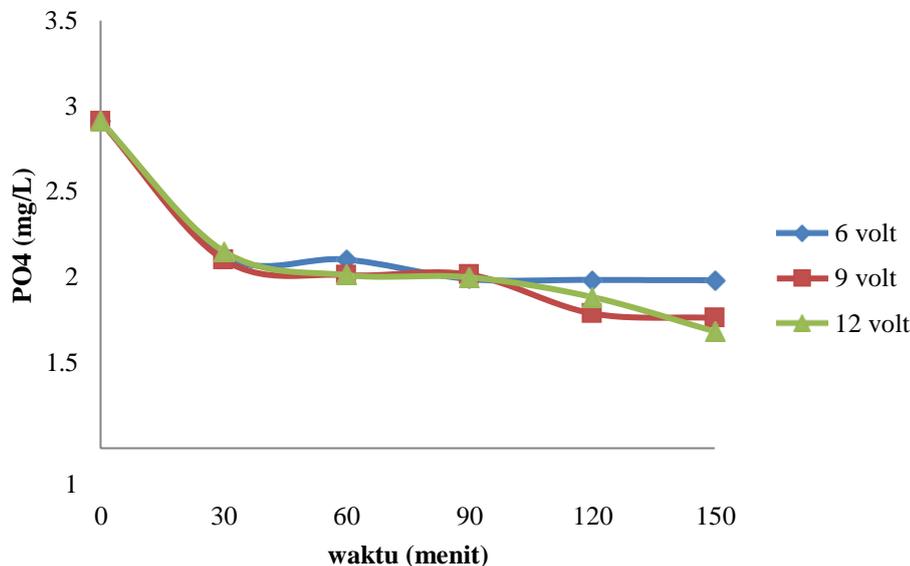
Kondisi optimum yang diperoleh dari variasi tegangan dan waktu proses dalam mengurangi konsentrasi COD adalah dengan tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit yaitu 50 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar tegangan dan waktu proses maka konsentrasi COD akan semakin berkurang.

f. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap PO₄

Fosfat (PO₄) merupakan salah satu penyusun atau kandungan dalam deterjen yaitu sebagai senyawa *builder* atau pembangun. Kandungan fosfat harus diperhatikan karena apabila kandungan fosfat yang terdapat dalam limbah terlalu tinggi dapat mencemari lingkungan. Fosfat yang terlalu tinggi itu akan menyebabkan eutrophikasi yaitu masalah lingkungan yang dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem perairan dimana tumbuhan tumbuh sangat cepat.

Pada Gambar 16, dapat dilihat bahwa hasil yang didapatkan mengalami penurunan. Semakin lama waktu proses dan semakin tinggi tegangan maka konsentrasi dari PO₄ semakin berkurang. Penurunan konsentrasi fosfat pada proses elektrokoagulasi terjadi karena elektroda *stainless steel* bereaksi dengan PO₄³⁻ membentuk campuran yang sukar larut sehingga mudah dipisahkan.

Kondisi optimum yang diperoleh dari variasi tegangan dan waktu proses dalam mengurangi konsentrasi PO₄ adalah dengan tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit yaitu 1,683 mg/L.



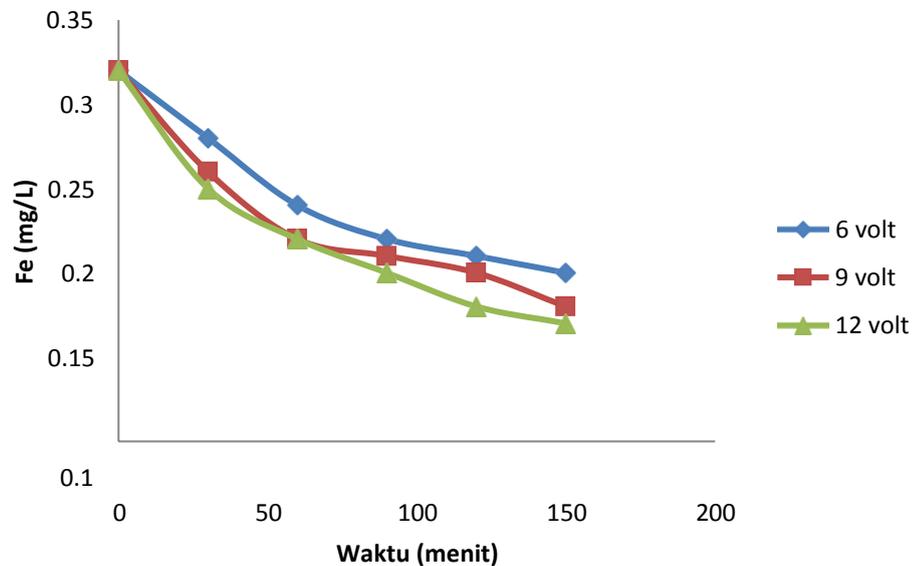
Gambar 16. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap PO₄

g. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap kadar Fe

Tujuan utama dari perlakuan ini adalah untuk membandingkan penurunan/kenaikkan kadar logam Fe dalam limbah cair terpadu dengan variasi kuat arus dan waktu proses sehingga dapat diketahui kondisi yang paling efektif dalam

menurunkan kadar logam Fe. Kondisi optimum yang didapat adalah pada tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit dengan konsentrasi Fe sebesar 0,12 mg/L.

Pada Gambar 17, hasil yang didapat setelah pengolahan limbah ini adalah penurunan konsentrasi logam Fe di dalam limbah. Semakin lama waktu proses dan semakin tinggi tegangan maka konsentrasi dari logam Fe semakin berkurang. Namun penurunan konsentrasi yang terjadi cenderung konstan. Hal ini terjadi dikarenakan kinerja elektroda yang menurun. Elektroda *stainless steel* yang digunakan sudah berkurang kemampuannya untuk menarik ion-ion Fe dalam limbah tersebut. Dampak dari kondisi ini menyebabkan terjadinya penurunan besarnya medan magnet. Ketika medan magnet diantara kedua elektroda masih cukup besar, sistem ionik dari logam-logam yang ada dominan saling berkompetisi untuk menempel pada elektroda dan proses oksidasi pada anoda juga masih besar, meskipun dalam larutan nampak lebih keruh, tetapi kekeruhan tersebut selain diakibatkan adanya kotoran, sebagian besar kekeruhan diduga diakibatkan oleh flok Al(OH)_3 yang mengendap (Rusdianasari, 2013).



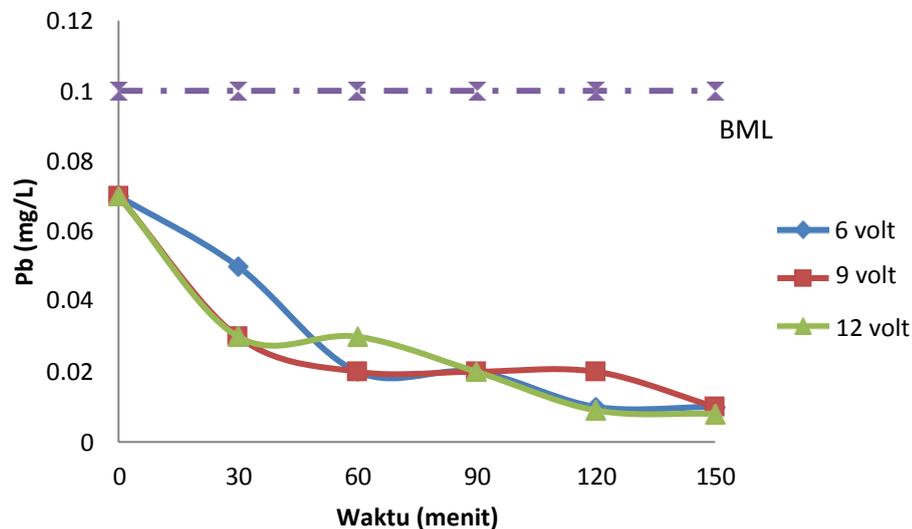
Gambar 17. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap kadar Fe

h. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap kadar Pb

Logam berat Pb dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Badan perairan yang telah memasukkan senyawa atau ion-ion Pb dapat menyebabkan jumlah pB dalam badan

perairan melebihi konsentrasi yang semestinya. Hal ini dapat mengakibatkan biota perairan tersebut (Palar, 2008)

Pada Gambar 18, nilai konsentrasi pada analisa awal logam Pb tidaklah melewati baku mutu lingkungan. Lalu, setelah melakukan analisis konsentrasi logam Pb menurun. Semakin lama waktu proses dan semakin tinggi tegangan maka konsentrasi dari logam Pb semakin berkurang. Dari nilai analisis awal yaitu 0,07 mg/L ke 0,008 pada menit ke 150 dengan tegangan 12 volt. Inilah kondisi optimum dalam analisis logam berat Pb. Penurunan konsentrasi Pb ini dikarenakan baiknya reaktifitas elektroda *stainless steel* dalam mengolah logam berat. Sama halnya seperti mengolah Fe dan PO₄ yang mana elektroda *stainless steel* menarik logam berat tersebut seperti magnet.

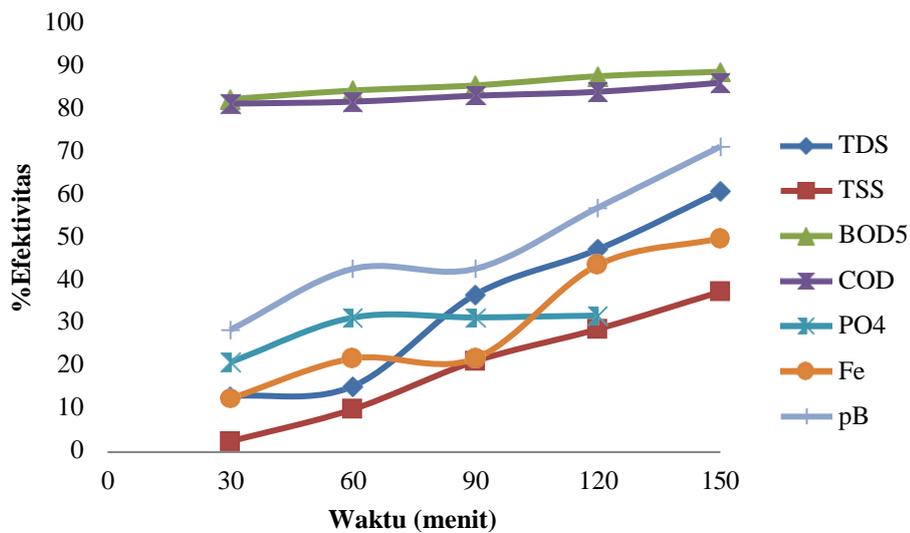


Gambar 18. Pengaruh Tegangan dan Waktu Proses terhadap kadar Pb

6.1.2 Efektivitas Metode Elektrokoagulasi dalam Mengolah Limbah Cair Terpadu

6.1.2.1 Efektivitas Metode Elektrokoagulasi dalam Mengolah Limbah Cair Terpadu Menggunakan Elektroda Aluminium

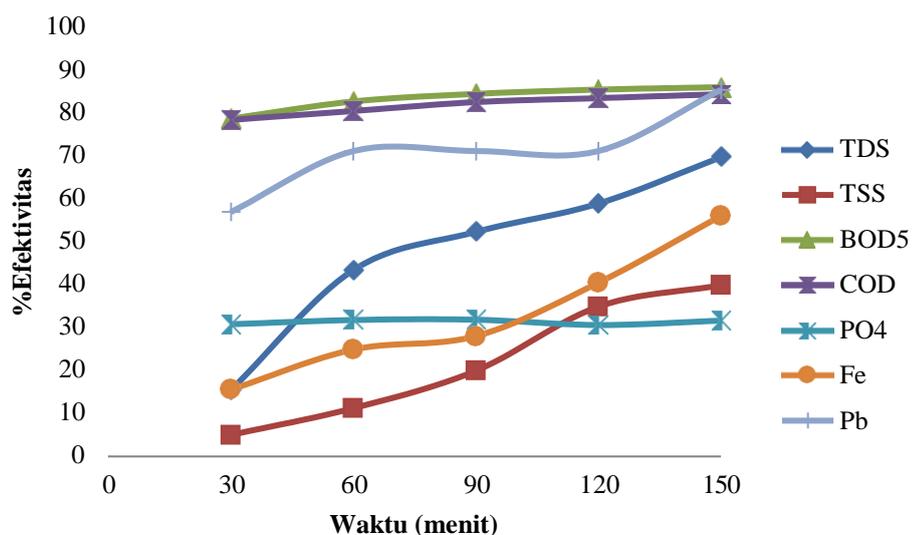
a. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 6 Volt



Gambar 19. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 6 Volt Menggunakan Elektroda Aluminium

Pada Gambar 19, dapat dilihat kenaikan efektivitas (%) dari menit ke-30 hingga menit ke 150. Efektivitas terbesar ialah persen efektivitas penurunan COD yaitu sebesar 86,34% sedangkan efektivitas terkecil ialah persen efektivitas penurunan PO₄ yaitu sebesar 32,04%.

b. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 9 Volt

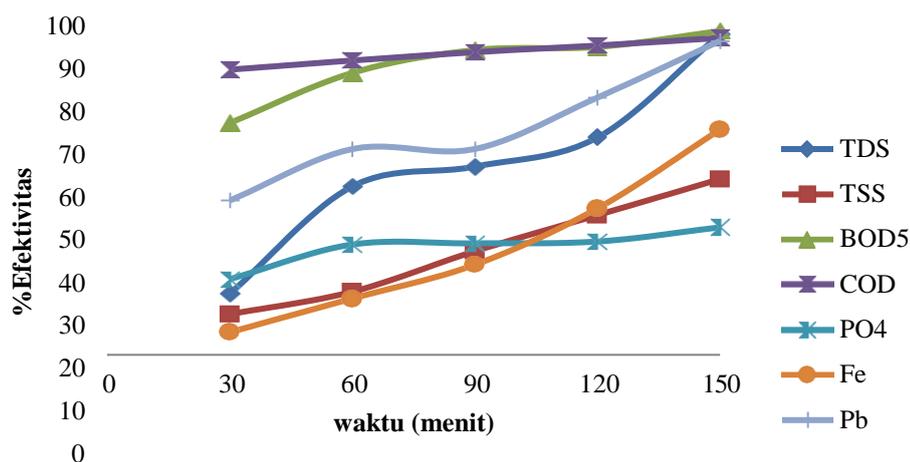


Gambar 20. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 9 Volt Menggunakan Elektroda Aluminium

Pada Gambar 20, dapat dilihat kenaikan efektivitas (%) dari menit ke 30 hingga menit ke-150. Efektivitas terbesar ialah persen efektivitas penurunan COD yaitu sebesar 84,72% sedangkan efektivitas terkecil ialah persen efektivitas penurunan PO₄ yaitu sebesar 0%. Pada tegangan 9 volt ini terjadi peningkatan persen efektivitas jika dibandingkan dengan tegangan 6 volt. Namun masih ada variabel yang berada di bawah persen efektivitas tegangan 6 volt seperti COD. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tegangan maka makin tinggi juga persen efektivitas yang didapatkan.

c. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 12 Volt

Pada Gambar 21, dapat dilihat naiknya persen efektivitas pengolahan COD, Pb, Fe, PO₄ dan TDS dari menit ke-30 hingga menit ke-150. Namun persen efektivitas dari BOD₅ dan TSS tidak stabil. Ini dikarenakan sedikitnya selisih dari penurunan konsentrasi BOD₅ dan TSS pada hasil pengolahan. Efektivitas terbesar ialah persen efektivitas penurunan TDS yaitu sebesar 88,97% sedangkan efektivitas terkecil ialah persen efektivitas penurunan PO₄ yaitu sebesar 0,99%. Pada tegangan 12 volt ini terjadi peningkatan persen efektivitas jika dibandingkan dengan tegangan 9 volt. Namun masih ada variabel yang berada di bawah persen efektivitas tegangan 9 volt seperti BOD₅. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tegangan maka makin tinggi juga persen efektivitas yang didapatkan.

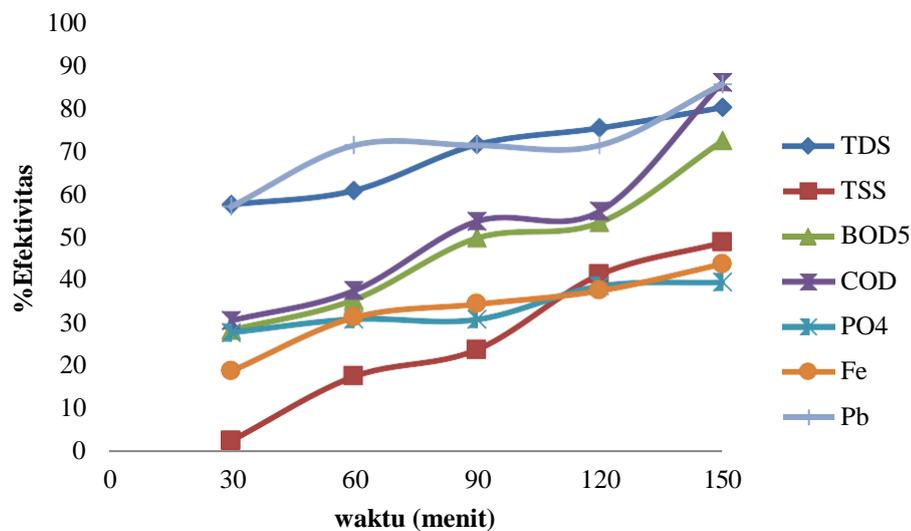


Gambar 21. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 12 Volt menggunakan elektroda aluminium

5.2.3.2 Efektivitas Metode Elektrokoagulasi dalam Mengolah Limbah Cair Terpadu Menggunakan Elektroda *Stainless Steel*

a. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 6 Volt

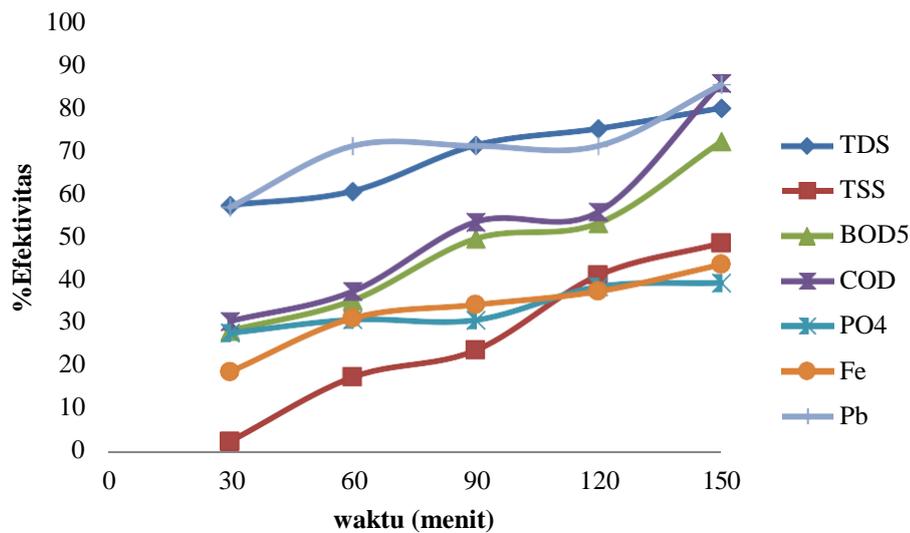
Pada gambar 22, dapat dilihat kenaikan persen efektivitas dari menit ke-30 hingga menit ke-150. Efektivitas terbesar ialah persen efektivitas penurunan Pb yaitu sebesar 85,71% sedangkan efektivitas terkecil ialah persen efektivitas penurunan TSS yaitu sebesar 8,75%.



Gambar 22. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 6 Volt Menggunakan Elektroda *Stainless Steel*

b. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 9 Volt

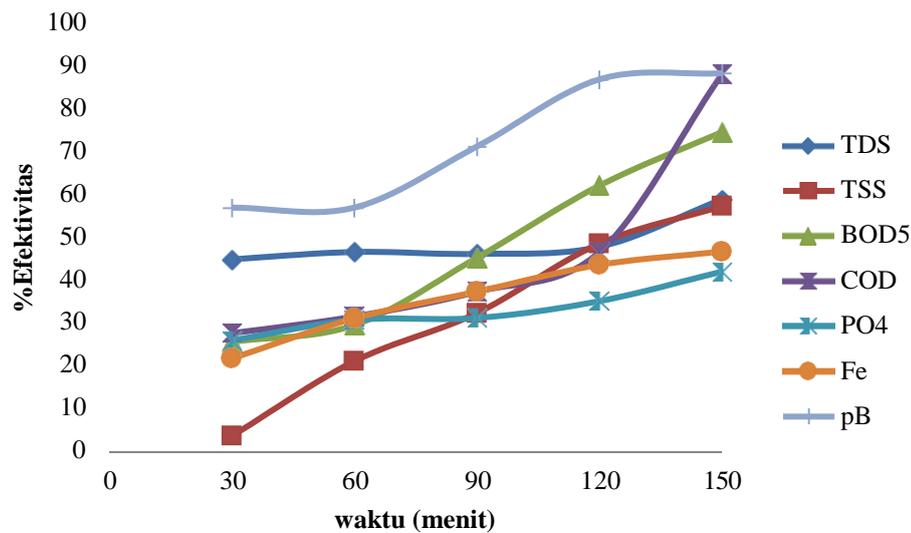
Pada Gambar 23, dapat dilihat kenaikan efektivitas (%) dari menit ke-30 hingga menit ke-150. Efektivitas terbesar ialah persen efektivitas penurunan Pb yaitu sebesar 86,11% sedangkan efektivitas terkecil ialah persen efektivitas penurunan PO₄ yaitu sebesar 2,5%.



Gambar 23. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 9 Volt Menggunakan Elektroda *Stainless Steel*

c. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 12 Volt

Pada Gambar 24, dapat dilihat naiknya persen efektivitas pengolahan COD, Pb, Fe, PO₄ dan TDS dari menit ke-30 hingga menit ke-150. Efektivitas terbesar ialah persen efektivitas penurunan Pb yaitu sebesar 88,43% sedangkan efektivitas terkecil ialah persen efektivitas penurunan PO₄ yaitu sebesar 3,75%. Pada tegangan 12 volt ini terjadi peningkatan persen efektivitas jika dibandingkan dengan tegangan 9 volt dan 6 volt. Namun masih ada variabel yang berada di bawah persen efektivitas tegangan 9 volt seperti TDS. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tegangan maka makin tinggi juga persen efektivitas yang di dapatkan.



Gambar 24. Efektivitas Metode Elektrokoagulasi terhadap Waktu pada Tegangan 12 Volt Menggunakan Elektroda *Stainless Steel*

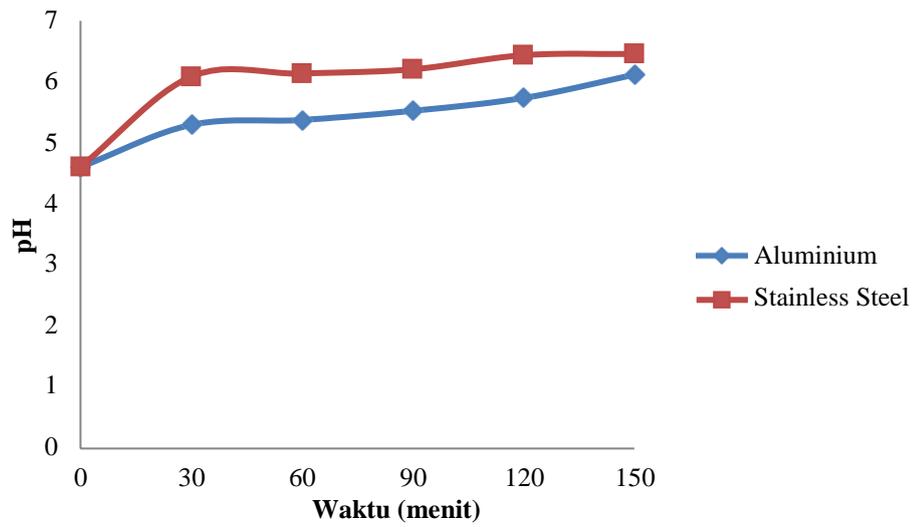
5.2.4 Perbandingan Karakterisasi Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel*

a. Karakterisasi pH

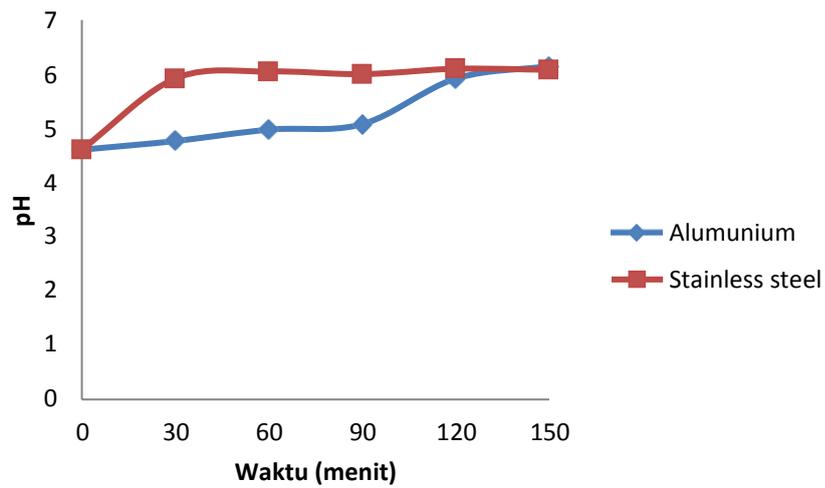
Pada Gambar 25, dapat dilihat bahwa pada tegangan 6 volt elektroda *stainless steel* menaikkan nilai pH lebih besar daripada elektroda *stainless steel*. Ini dikarenakan elektroda *stainless steel* tahan terhadap pengaruh oksigen dan memiliki lapisan oksida yang stabil pada permukaan bajanya sehingga elektroda ini mampu menjaga efisiensinya tetap stabil dalam pengolahan pH limbah. Pada Gambar 26 juga dapat dilihat semakin lama waktu proses yang dilakukan maka nilai pH yang didapat semakin mendekati pH netral.

Pada Gambar 26 dapat dilihat kemampuan elektroda *stainless steel* pada tegangan 9 volt lebih rendah dibandingkan tegangan 6 volt. Hal ini dikarenakan limbah yang sudah berada dalam kondisi yang kurang *fresh*. Namun pada penggunaan elektroda aluminium terjadi kenaikan nilai pH pada menit ke-150 melebihi penggunaan elektroda *stainless steel*.

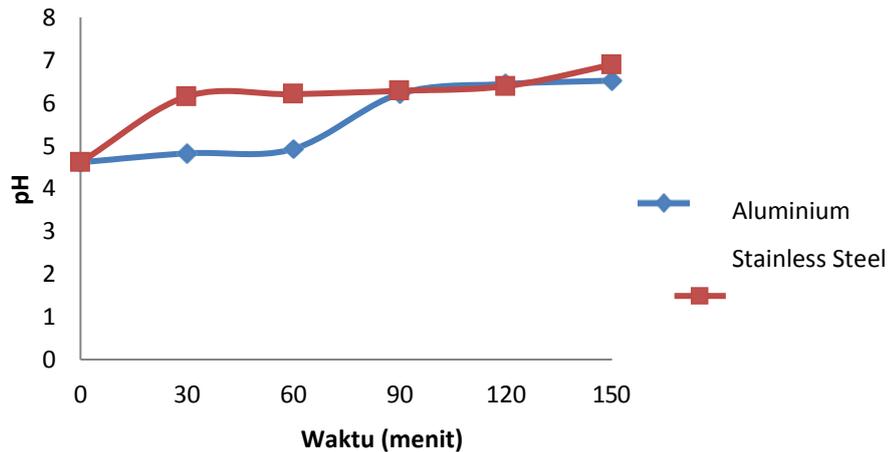
Hal ini dikarenakan pada saat pengolahan dilakukan penggantian limbah yang masih *fresh* sehingga proses pengolahan berada pada kondisi yang baik. Pada tegangan 9 volt juga terjadi kenaikan apabila dilakukan pengolahan dengan waktu proses yang semakin lama.



Gambar 25. Perbandingan Karakterisasi pH Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 6 volt



Gambar 26. Perbandingan Karakterisasi pH Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 9 volt



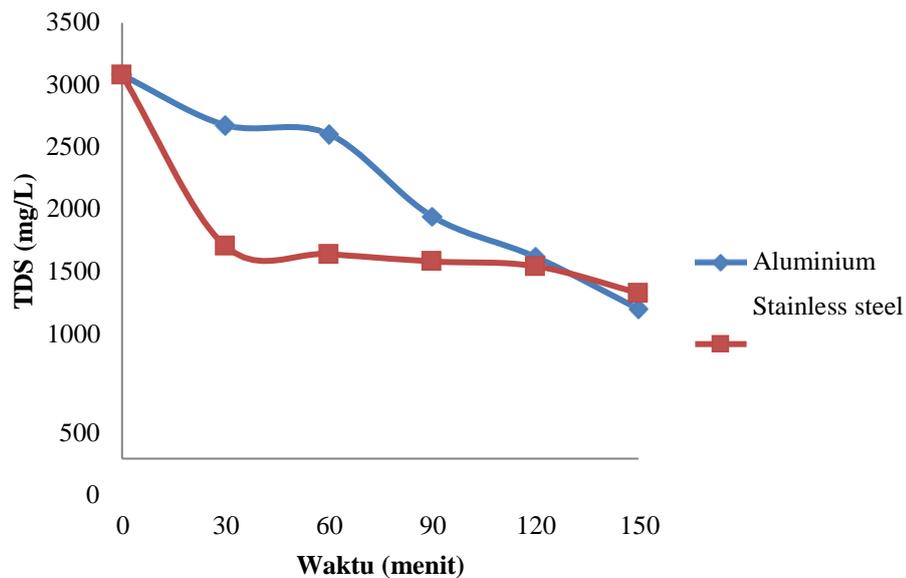
Gambar 27. Perbandingan Karakterisasi pH Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 12 volt

Pada Gambar 27, nilai pH pengolahan limbah menggunakan elektroda *stainless steel* berada di atas penggunaan elektroda aluminium. Pada tegangan 12 volt, nilai pH yang didapatkan dari penggunaan ke dua elektroda sama-sama mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan penggunaan limbah yang masih *fresh* sehingga keadaan proses yang dilakukan dalam keadaan baik.

Pada Gambar 27 juga di dapat peningkatan nilai pH dari menit ke 30 hingga 150. Ini mengindikasikan bahwa semakin lama waktu proses yang digunakan, maka kenaikan pH yang di dapat semakin meningkat.

b. Karakterisasi TDS

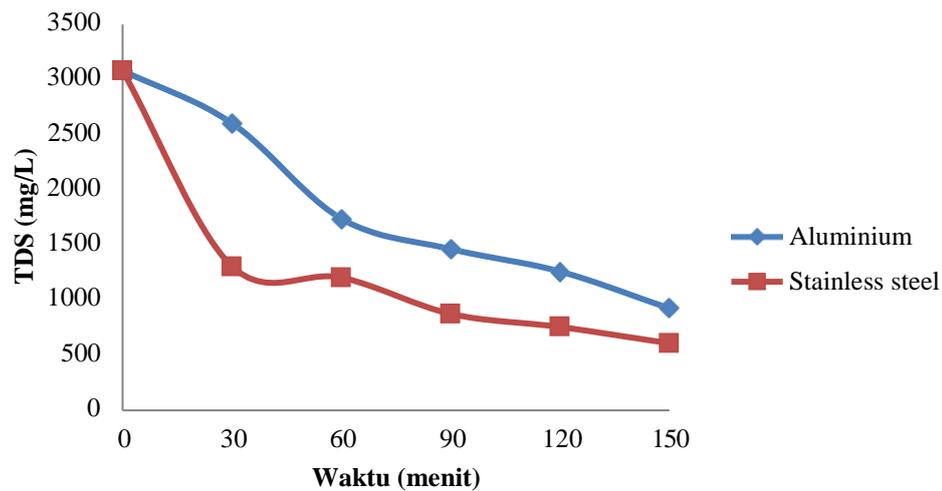
Pada Gambar 28, dapat dilihat bahwa penurunan menggunakan elektroda *stainless steel* pada menit ke 30 hingga menit ke 120 lebih baik daripada menggunakan elektroda aluminium. Hal ini dikarenakan elektroda *stainless steel* memiliki sifat yang magnetis sehingga lebih baik dalam mengurangi Ion-ion yang biasanya terdapat di perairan antara lain sodium, kalsium, magnesium, bikarbonat, karbonat, silika dan lain sebagainya.



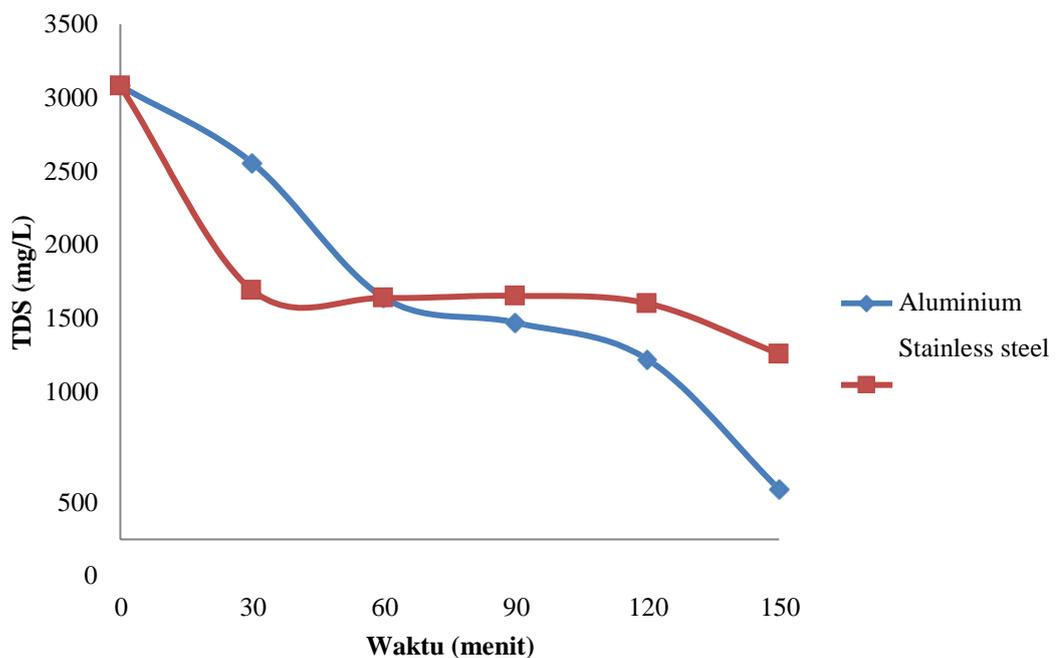
Gambar 28. Perbandingan Karakterisasi TDS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 6 volt

Namun pada menit ke-150 elektroda aluminium mengurangi kadar TDS lebih besar dibandingkan elektroda *stainless steel*. Hal ini dikarenakan elektroda *stainless steel* yang lemah untuk mengolah TDS sehingga penurunan kadar TDS yang terjadi cenderung konstan. Lalu pada Gambar 29, analisis TDS pada tegangan 9 volt yang paling baik adalah menggunakan elektroda *stainless steel*.

Pada Gambar 30, penurunan konsentrasi paling baik adalah menggunakan elektroda aluminium. Dapat dilihat pada menit ke 30 pengolahan dengan elektroda *stainless steel* masihlah mengurangi konsentrasi TDS dari limbah lebih baik daripada elektroda aluminium. Namun pada menit 60, 90, 120 dan 150, pengolahan menggunakan elektroda aluminium mengurangi konsentrasi TDS lebih baik daripada menggunakan elektroda *stainless steel*. Hal ini dikarenakan melemahnya kemampuan elektroda *stainless steel* yang diakibatkan banyaknya *stainless steel* yang larut selama proses berlangsung.



Gambar 29. Perbandingan Karakterisasi TDS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 9 volt

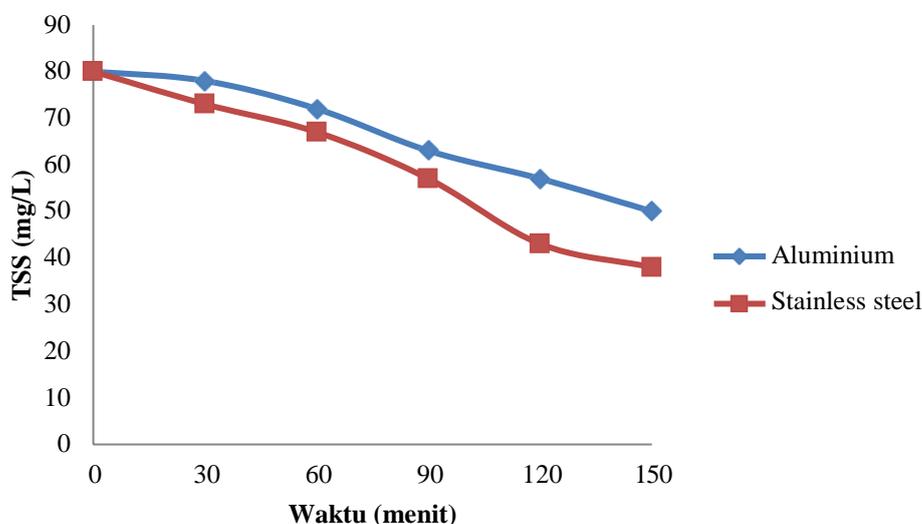


Gambar 30. Perbandingan Karakterisasi TDS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 12 volt

c. Karakterisasi TSS

Pada Gambar 31, dapat dilihat pada pengolahan menggunakan kedua elektroda mengalami penurunan pada grafik yang dibuat. Hal ini dikarenakan kedua elektroda yang bersifat tahan korosi dan tidak terlalu banyak terlarut di dalam limbah dan proses

penyaringan yang baik sehingga senyawa organik dan anorganik yang terdapat dalam limbah berkurang.

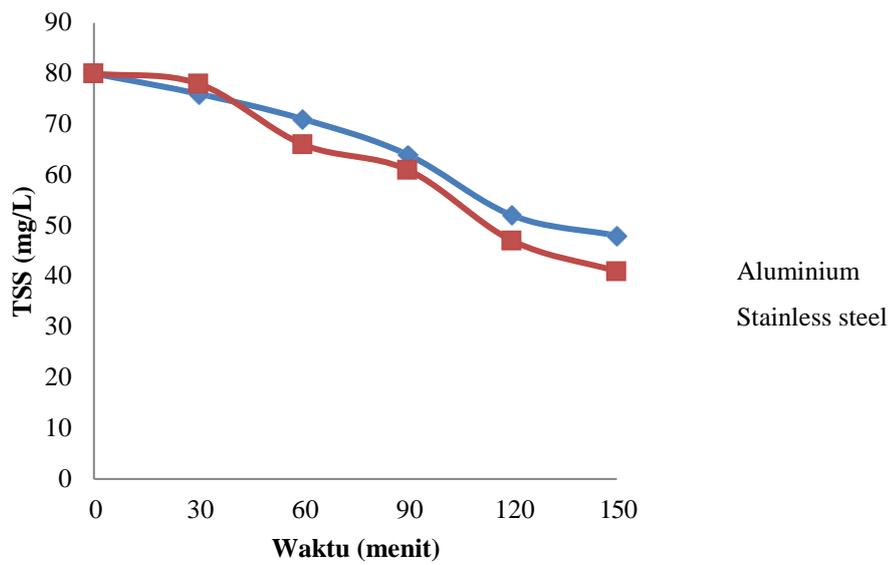


Gambar 31. Perbandingan Karakterisasi TSS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 6 volt

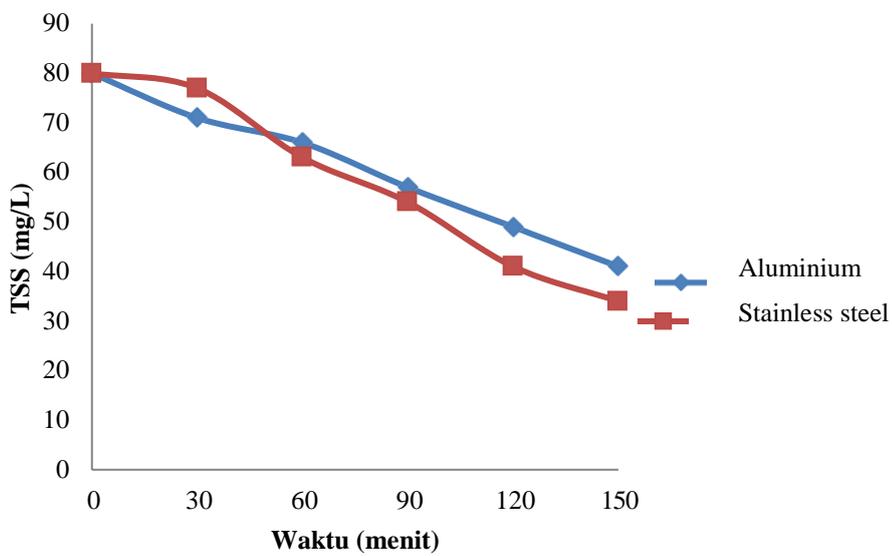
Pada Gambar 31, dapat dilihat bahwa terjadinya penurunan pada grafik yang dibuat dengan pengolahan menggunakan kedua elektroda. Ini mengindikasikan bahwa konsentrasi yang diperoleh dari pengolahan limbah ini juga menurun. Hal ini dikarenakan kedua elektroda yang digunakan ini tidak terlalu banyak terlarut di dalam limbah dan proses penyaringan yang baik sehingga senyawa organik dan anorganik yang terdapat dalam limbah berkurang.

Pada tegangan 9 volt masih terjadi kesamaan pada hasil yang di dapat yaitu pada pengolahan menggunakan kedua elektroda mengalami penurunan.

Hal yang sama terjadi juga pada pengolahan dengan tegangan 12 volt. Ini mengindikasikan banyaknya aluminium yang larut di dalam limbah yang diolah dan ketahanan *stainless steel* terhadap peluruhan yang terjadi selama proses elektrokoagulasi dilakukan.



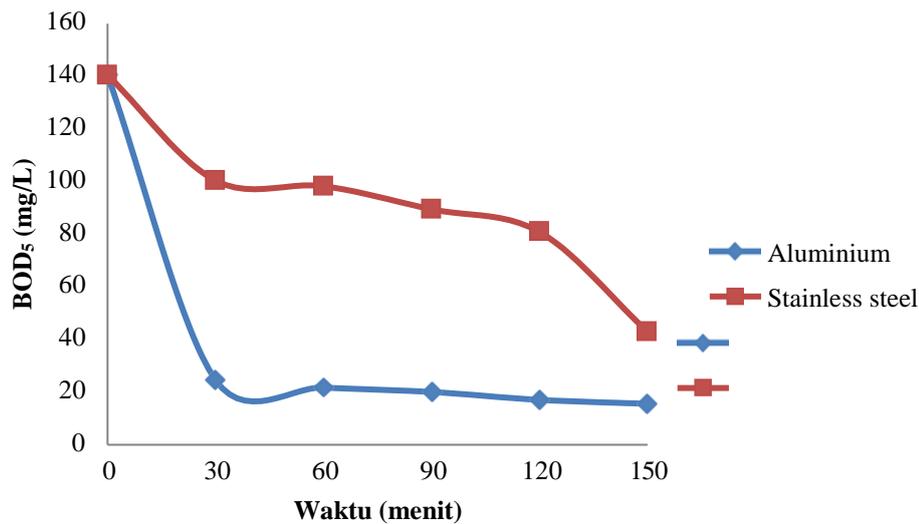
Gambar 32. Perbandingan Karakterisasi TSS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 9 volt



Gambar 33. Perbandingan Karakterisasi TSS Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 12 volt

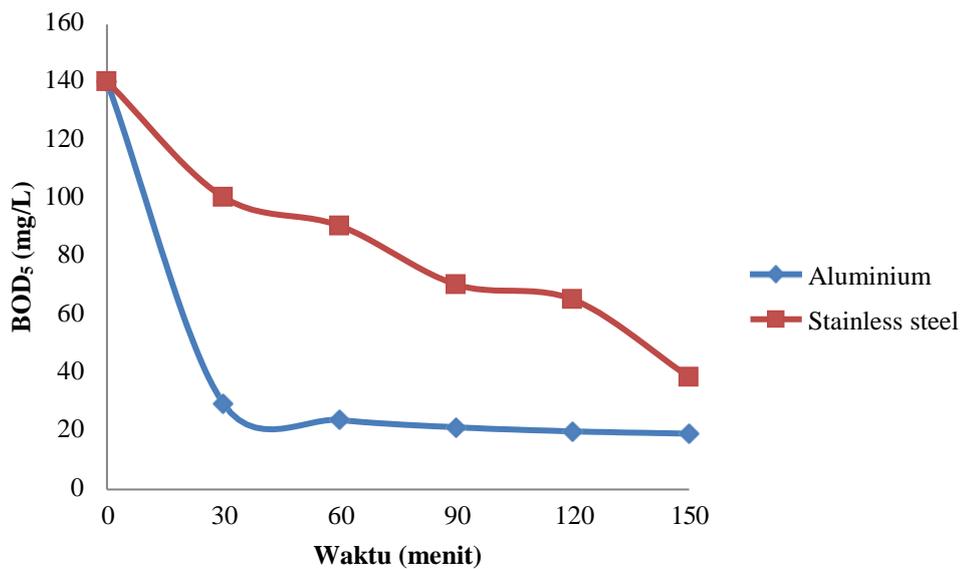
d. Karakterisasi BOD₅

Pada Gambar 34, terjadi perbedaan yang cukup jauh dari analisis kadar BOD₅. Pada penggunaan elektroda *stainless steel* konsentrasi limbah berkurang sedikit pada menit ke 30. Namun proses penurunan konsentrasinya terus meningkat dari waktu proses ke 60 hingga waktu proses ke 150. Hal ini dikarenakan kondisi limbah yang kurang *fresh* saat pengolahan sehingga organisme yang berada dalam limbah telah berkembang biak. Sedangkan pada penggunaan elektroda aluminium terjadi penurunan yang besar pada menit ke 30. Namun penurunan yang terjadi cenderung konstan.



Gambar 34. Perbandingan Karakterisasi BOD₅ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 6 volt

Lalu pada Gambar 35, hasil dan bentuk grafik pada tegangan 9 volt ini hampir sama dengan tegangan 6 volt yang berada pada Gambar 34. Yang membedakannya hanyalah semakin besar penurunan yang terjadi antara kedua elektroda. Hal ini dikarenakan limbah yang diolah dalam keadaan elektroda yang masih dalam keadaan baik sehingga konsentrasi BOD₅ yang diolah terus berkurang.

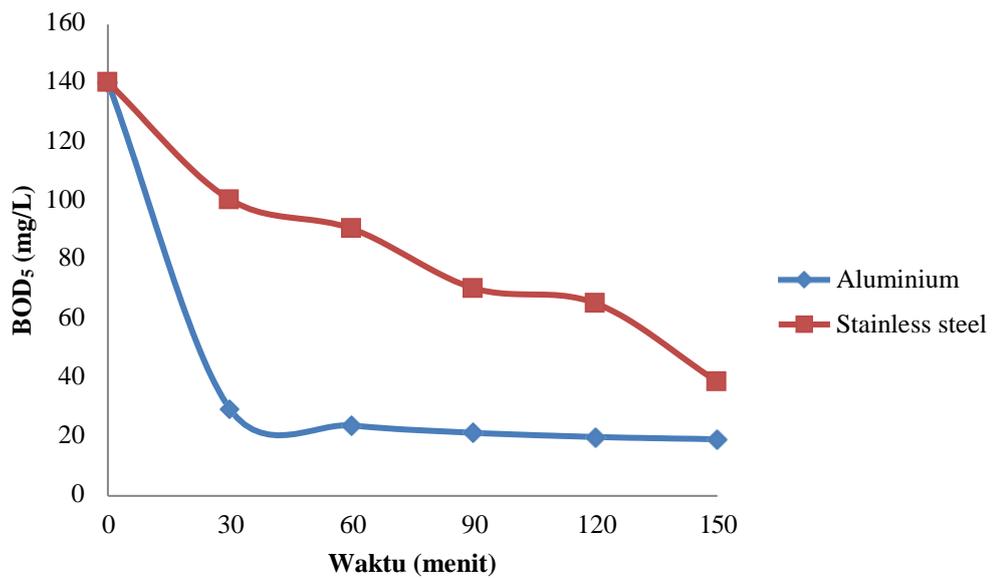


Gambar 35. Perbandingan Karakterisasi BOD₅ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 9 volt

Pada Gambar 35, hasil dan bentuk grafik pada tegangan 9 volt ini hampir sama dengan tegangan 6 volt yang berada pada Gambar 35.

Pada Gambar 36, tegangan 12 volt juga memiliki hasil dan bentuk grafik yang hampir sama dengan tegangan 6 dan 9 volt yang berada pada Gambar 35 dan 36. Pada grafik perbandingan yang di buat dapat dilihat bahwa penurunan yang paling efektif adalah menggunakan elektroda *stainless steel*. Ini dikarenakan terjadi penurunan yang konsisten terhadap limbah di setiap waktu proses yang digunakan.

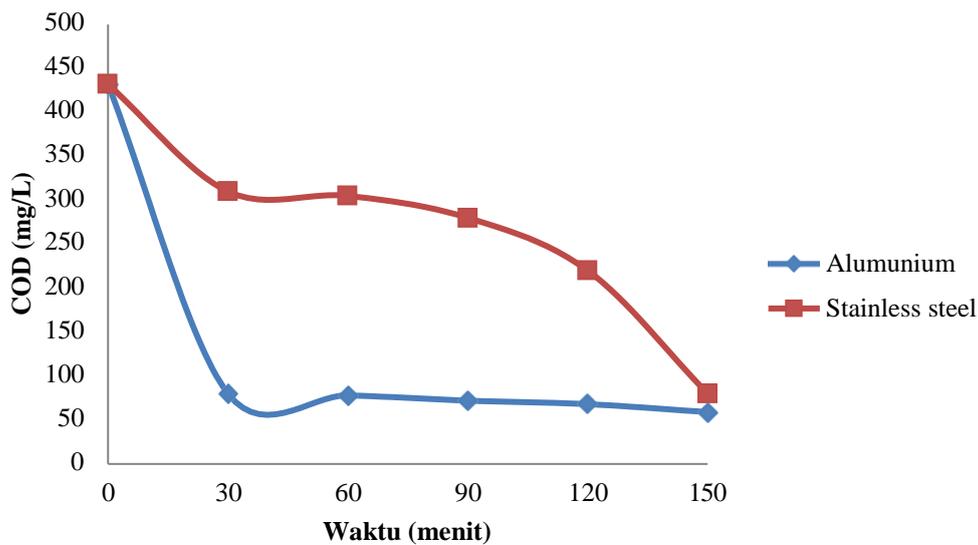
Pada Gambar 36, tegangan 12 volt juga memiliki hasil dan bentuk grafik yang hampir sama dengan tegangan 6 dan 9 volt yang berada pada Gambar 34 dan 35. Pada grafik perbandingan yang di buat dapat dilihat bahwa penurunan yang paling efektif adalah menggunakan elektroda *stainless steel*. Ini dikarenakan terjadi penurunan yang konsisten terhadap limbah di setiap waktu proses yang digunakan.



Gambar 36. Perbandingan Karakterisasi BOD₅ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 12 volt

e. Karakterisasi COD

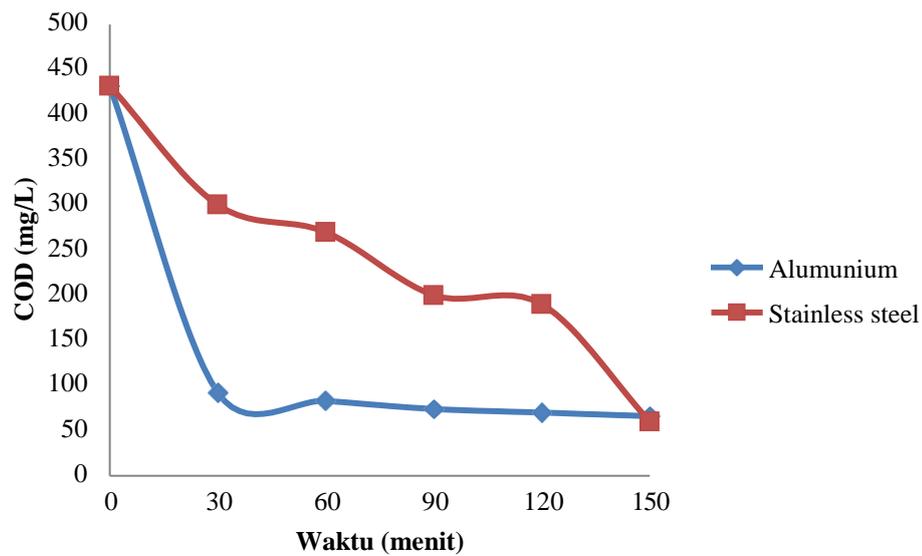
Pada Gambar 37, dapat dilihat terjadi perbedaan yang cukup jauh pada analisis COD pada menit ke-30. Pada pengoahan di menit ke-30 menggunakan elektroda *stainless steel* konsentrasi limbah berkurang lebih sedikit daripada pengolahan menggunakan elektroda aluminium. Namun proses penurunan konsentrasi menggunakan elektroda *stainless steel* terus meningkat dari waktu proses ke-60 hingga waktu proses ke-150.



Gambar 37. Perbandingan Karakterisasi COD Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 6 volt

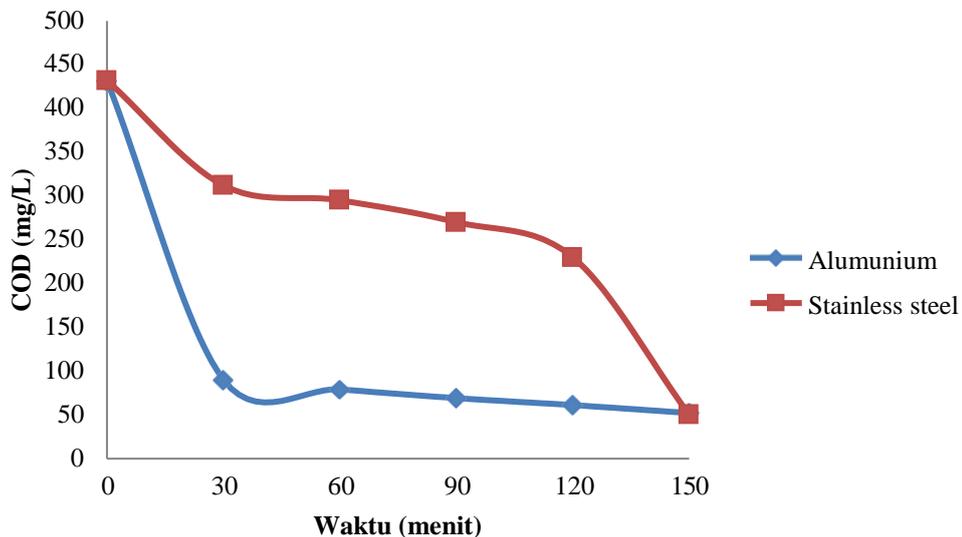
Hal ini dikarenakan kondisi limbah yang kurang *fresh* saat pengolahan sehingga organisme yang berada dalam limbah telah berkembang biak. Sedangkan pada penggunaan elektroda aluminium terjadi penurunan yang besar pada menit ke 30. Namun penurunan yang terjadi cenderung konstan.

Pada Gambar 38, dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi COD menggunakan elektroda aluminium pada menit 30, 60, 90 dan 120 berada jauh dibawah pengolahan menggunakan elektroda *stainless steel*. Namun pada menit ke-150, elektroda *stainless steel* mengurangi konsentrasi COD lebih besar dibandingkan menggunakan elektroda aluminium. Ini dikarenakan meningkatnya reaktifitas elektroda *stainless steel* pada waktu 150 menit. Dari gambar dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi COD yang paling baik adalah menggunakan elektroda *stainless steel*. Ini dikarenakan pada analisis COD ini terjadi penurunan yang terus menerus dari proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda *stainless steel*.



Gambar 38. Perbandingan Karakterisasi COD Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 9 volt

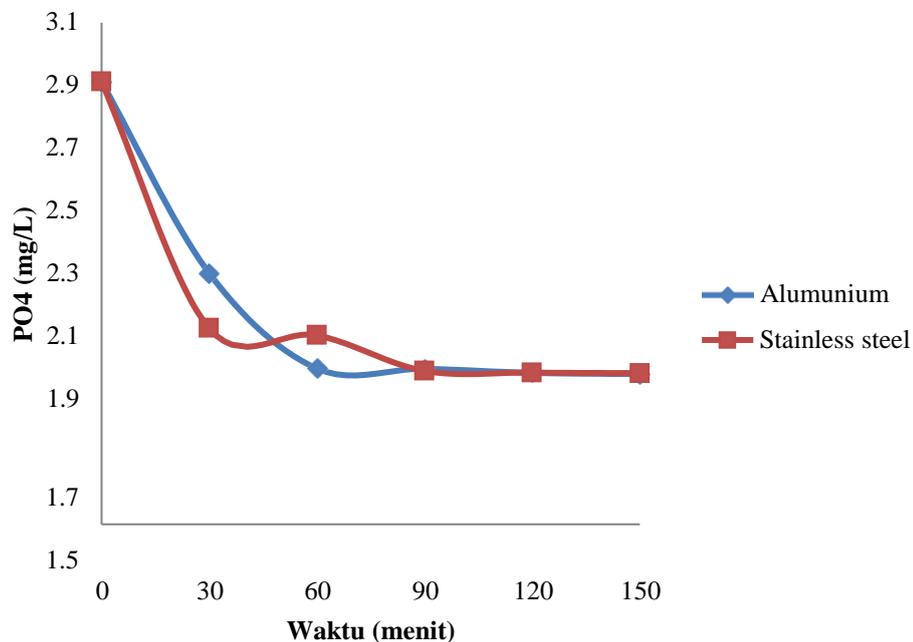
Pada Gambar 39 yaitu pada tegangan 12 volt juga terjadi hal yang sama dengan tegangan 6 dan 9 volt. Pada grafik perbandingan yang di buat dapat dilihat bahwa penurunan yang paling efektif adalah menggunakan elektroda *stainless steel*.



Gambar 39. Perbandingan Karakterisasi COD Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *stainless steel* pada tegangan 12 volt

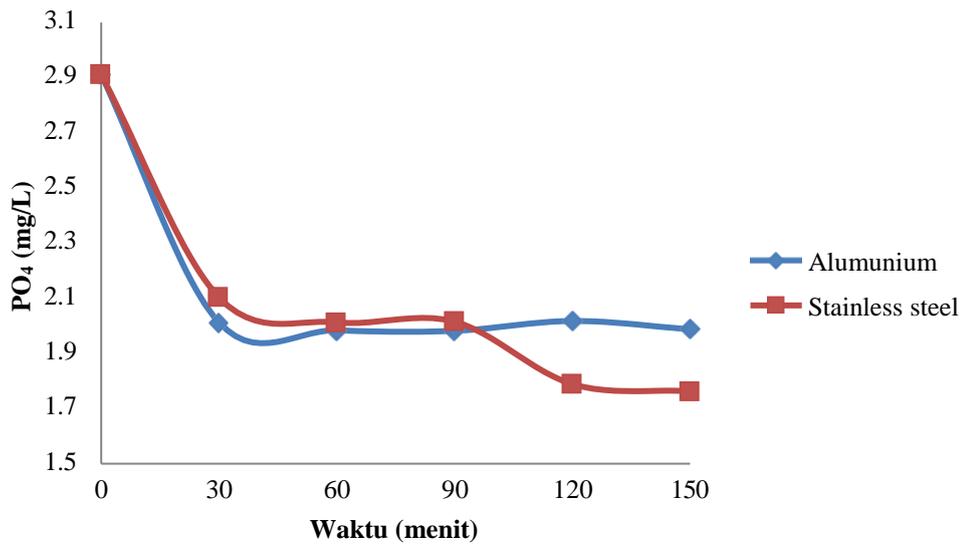
Pada Gambar 39 yaitu pada tegangan 12 volt juga terjadi hal yang sama dengan tegangan 6 dan 9 volt. Pada grafik perbandingan yang di buat dapat dilihat bahwa penurunan yang paling efektif adalah menggunakan elektroda *stainless steel*. Ini dikarenakan terjadi penurunan yang konsisten terhadap limbah di setiap waktu proses yang digunakan.

f. Karakterisasi PO₄

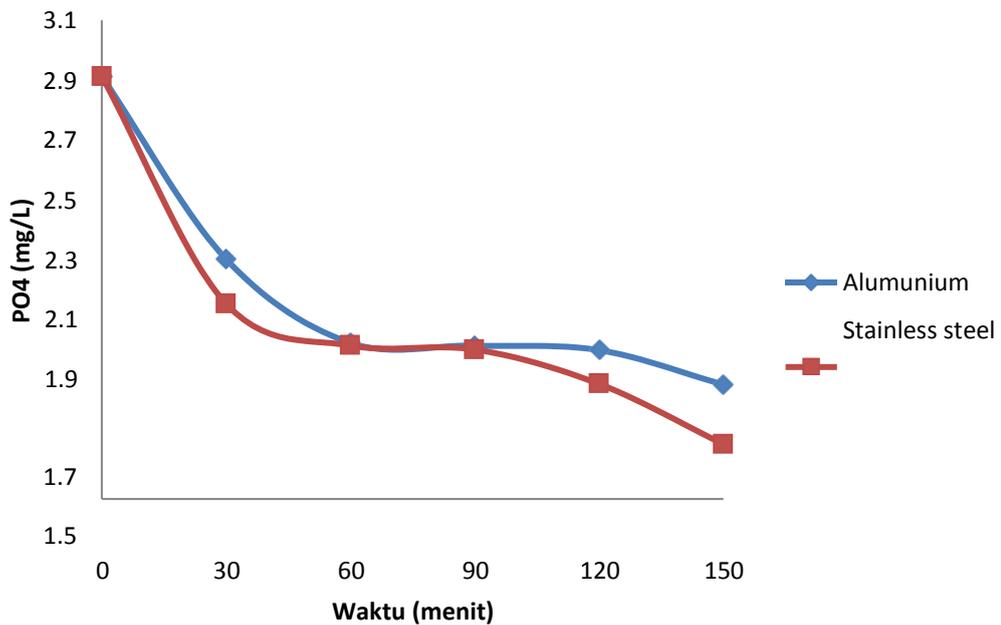


Gambar 40. Perbandingan Karakterisasi PO₄ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *Stainless Steel* pada Tegangan 6 Volt

Pada Gambar 40, dapat dilihat penurunan konsentrasi PO₄ di dalam limbah tidak terlalu jauh berbeda. Ini dikarenakan konsentrasi PO₄ yang terdapat pada limbah yang diolah sangat kecil sehingga setelah diolah penurunan konsentrasi yang di dapat tidak terlalu banyak. Pada pengolahan dengan tegangan 6 volt yang dilakukan, penurunan yang paling besar terjadi pada elektroda aluminium dengan perbandingan sebesar 0,003 mg/L.



Gambar 41. Perbandingan Karakterisasi PO₄ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *Stainless Steel* pada Tegangan 9 Volt

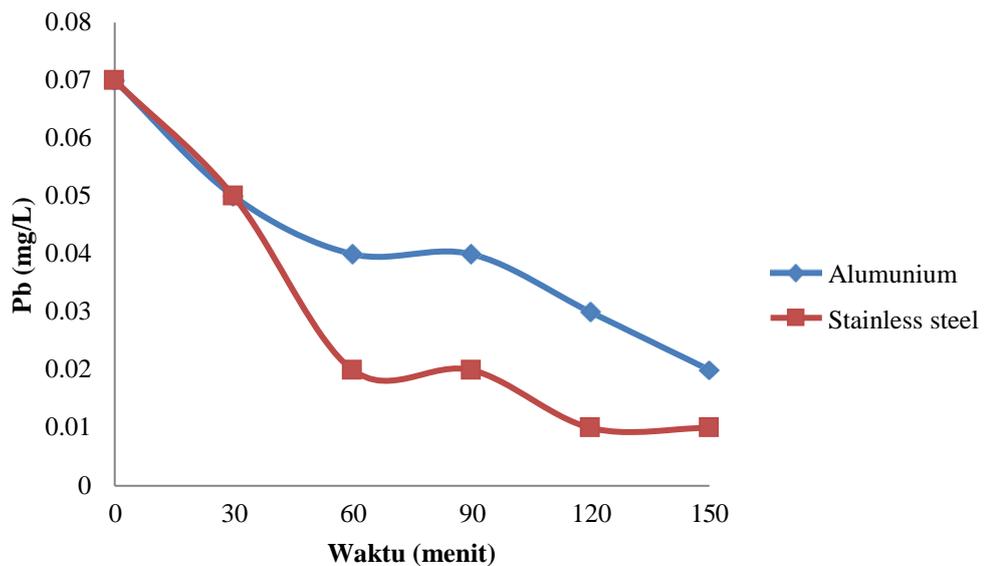


Gambar 42. Perbandingan Karakterisasi PO₄ Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *Stainless Steel* pada Tegangan 12 Volt

Pada Gambar 41, terjadi penurunan konsentrasi dengan pengolahan limbah menggunakan elektroda *stainless steel* sedangkan konsentrasi PO₄ dengan pengolahan menggunakan elektroda aluminium cenderung konstan. Hal ini disebabkan meningkatnya reaktifitas pengolahan limbah menggunakan elektroda *stainless steel*.

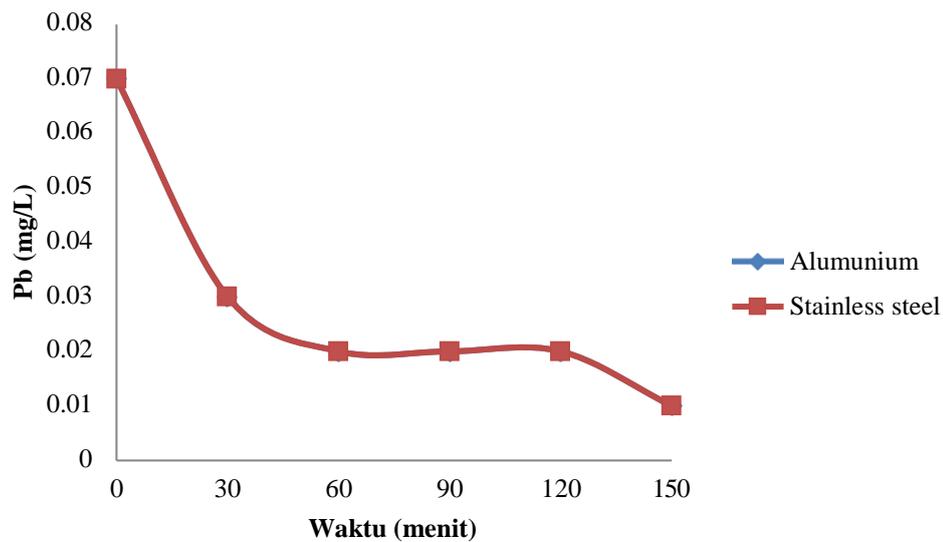
Pada Gambar 42, terjadi penurunan konsentrasi yang tidak terlalu banyak pada limbah setelah diolah. Bentuk grafiknya pun hampir sama. Pada grafik perbandingan yang di buat dapat dilihat bahwa penurunan yang paling efektif adalah menggunakan elektroda *stainless steel*. Ini dikarenakan terjadi penurunan yang konsisten terhadap limbah di setiap peningkatan tegangan dan waktu proses yang digunakan.

g. Konsentrasi Pb

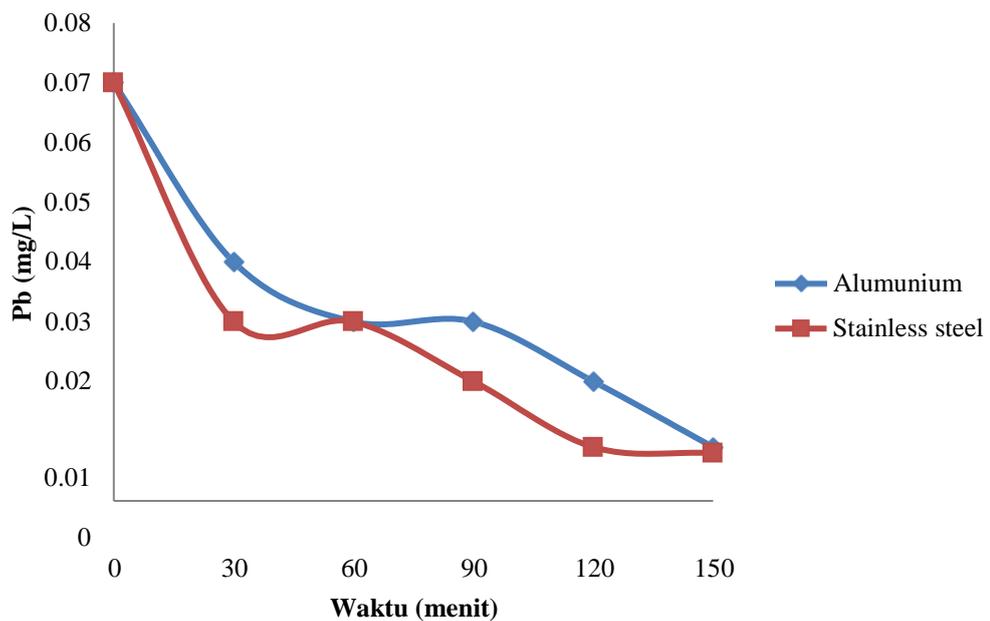


Gambar 43. Perbandingan Karakterisasi Pb Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *Stainless Steel* pada Tegangan 6 Volt

Pada Gambar 43, konsentrasi awal yang di dapat sangatlah kecil. Ini mengindikasikan bahwa konsentrasi Pb di dalam limbah sangat sedikit. Pada tegangan 6 volt, penurunan konsentrasi menggunakan elektroda *stainless steel* lebih besar dibandingkan pengolahan menggunakan elektroda aluminium. Ini dikarenakan sifat magnetis dari elektroda *stainless steel* yang lebih baik dibandingkan elektroda aluminium.



Gambar 44. Perbandingan Karakterisasi Pb Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *Stainless Steel* pada Tegangan 9 Volt

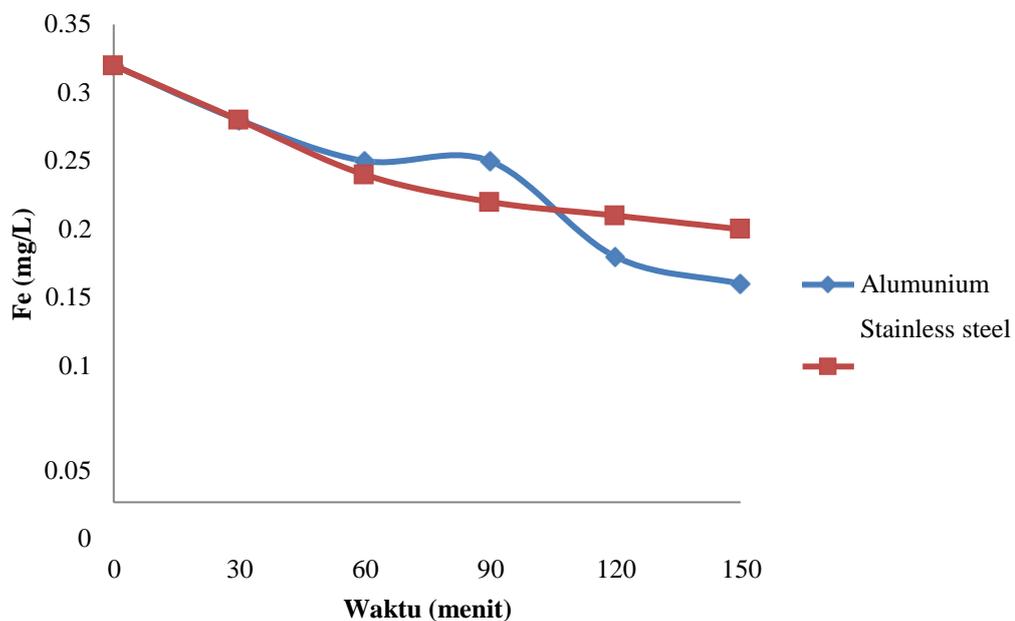


Gambar 45. Perbandingan Karakterisasi Pb Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *Stainless Steel* pada Tegangan 12 Volt

Pada Gambar 44, didapatkan hasil yang sama baik dari pengolahan menggunakan elektroda *stainless steel* maupun elektroda aluminium. Hal ini disebabkan konsentrasi Pb yang sangat kecil sehingga perbandingan yang terjadi tidak terlalu jauh ataupun sama.

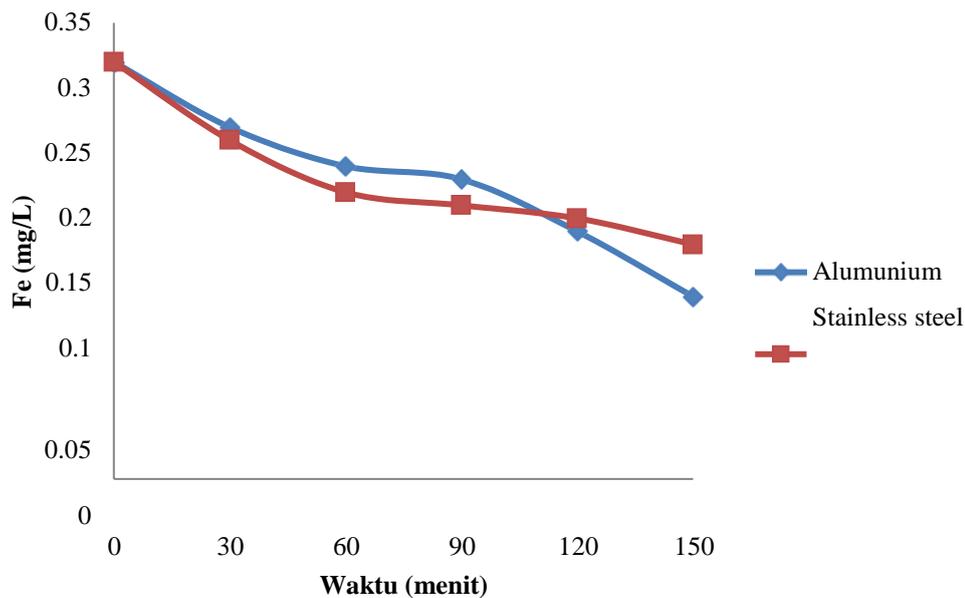
Pada gambar 45, di dapatkan perbedaan lagi dari nilai yang di dapatkan. Namun penurunan yang paling baik masih dengan menggunakan elektroda *stainless steel*. Dari grafik perbandingan yang di buat dapat dilihat bahwa penurunan yang paling efektif adalah menggunakan elektroda *stainless steel*. Ini dikarenakan terjadi penurunan yang konsisten terhadap limbah di setiap peningkatan tegangan dan waktu proses yang digunakan.

h. Karakterisasi Fe



Gambar 46. Perbandingan Karakterisasi Fe Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *Stainless Steel* pada Tegangan 6 Volt

Pada Gambar 46, dapat dilihat penurunan konsentrasi Fe di dalam limbah tidak terlalu jauh berbeda. Ini dikarenakan konsentrasi Fe yang terdapat pada limbah yang diolah sangat kecil sehingga setelah diolah penurunan konsentrasi yang di dapat tidak terlalu banyak. Namun pada pengolahan ini elektroda aluminium menurunkan konsentrasi Fe lebih besar dibandingkan elektroda *stainless steel*.



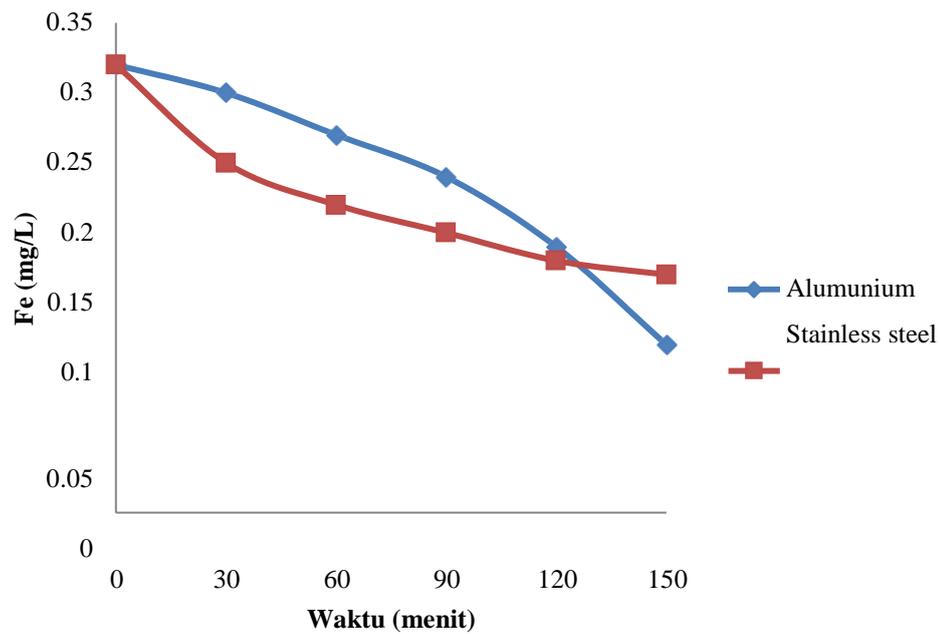
Gambar 47. Perbandingan Karakterisasi Fe Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *Stainless Steel* pada Tegangan 9 Volt

Hal ini disebabkan besi yang terdapat di dalam campuran *stainless steel* larut di dalam limbah sehingga penurunan konsentrasi Fe yang di analisis cenderung konstan. Sedangkan pada elektroda aluminium, logam aluminium yang larut tidak mempengaruhi konsentrasi Fe yang di analisis.

Pada tegangan 9 volt ini hampir sama dengan tegangan 6 volt, perbedaan penurunan konsentrasi yang didapatkan punn juga sedikit sehingga grafik yang di buat tidak terlalu jauh berbeda.

Pada tegangan 12, terjadi perbandingan yang sedikit juga. Elektroda aluminium menurunkan konsentrasi Fe lebih baik pada menit ke 150 dikarenakan elektroda *stainless steel* yang semakin banyak melarut.

Pada penurunan konsentrasi Fe ini, elektroda aluminium lebih baik daripada pengolahan menggunakan elektroda *stainless steel*.



Gambar 48. Perbandingan Karakterisasi Fe Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan *Stainless Steel* pada Tegangan 12 Volt

5.3 Efisiensi Arus

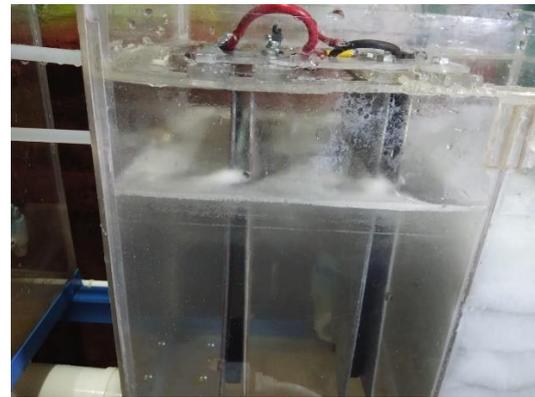
Dari percobaan ini dapat ditentukan efisiensi arus dari elektroda aluminium dan *stainless steel* (η) yang dihitung secara gravimetri, yaitu menimbang berat anoda sebelum dan setelah perlakuan. Selisih berat awal terhadap berat akhir merupakan berat elektroda yang terlarutkan secara percobaan (w_d). Untuk berat logam aluminium dan *stainless steel* yang terlarutkan secara teoritis (w_t) dihitung menggunakan rumus Faraday dengan menggunakan data arus dan waktu yang digunakan.

Dari rumus Faraday dan menghitung efisiensi, didapatkan efisiensi arus menggunakan elektroda aluminium adalah 78,91% dan menggunakan elektroda *stainless steel* adalah 81,25%. Dengan nilai efisiensi arus kurang 100% menunjukkan terjadinya kehilangan arus pada sistem elektrokoagulasi. Hal ini dapat disebabkan karena hilangnya arus karena hambatan material penhubung dari *power supply* ke elektroda dan kualitas material anoda yang digunakan.

5.4 Luaran yang Dicapai

5.4.1 Peralatan Monitoring Online Limbah Cair Terpadu dengan Menggunakan Smart Sensor





5.4.2 Publikasi

1. Mengikuti International Conference Sustainable Agriculture, Food, and Energy (SAFE2018) di Manila tanggal 19-20 Oktober 2018 (luaran dipublikasikan pada Q2 Scopus-indexed journal (IJASEIT): Smart Sensor for Monitoring Integrated Wastewater
2. Mengikuti International Conference 2nd FIRST2018 di Politeknik Negeri Sriwijaya pada tanggal 30-31 Oktober 2018 dan luaran dalam bentuk publikasi pada Jurnal of Physic by IOP Publisher yang terindeks scopus: Effectiveness of Electrocoagulation Method in Processing Integrated Wastewater using Aluminium and Stainless Steel Electrode

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Karakterisasi limbah cair terpadu menggunakan metode elektrokoagulasi sebelum dan setelah dianalisa yang meliputi nilai pH, COD, Pb, Fe, PO₄, BOD₅, TSS dan TDS yaitu sebelum proses nilai pH 4,61, COD 432 mg/L, Pb 0,07 mg/L, Fe 0,32 mg/L, PO₄ 2,912 mg/L, BOD₅ 140,4 mg/L, TSS 80 mg/L dan TDS 3081 mg/L. Setelah dilakukan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium pada limbah cair terpadu, nilai pH mengalami peningkatan sebesar 6,52 dan menurunkan nilai COD hingga 52 mg/L, Pb 0,009 mg/L, Fe 0,12 mg/L, PO₄ 1,882 mg/L, BOD₅ 14,2 mg/L, TSS 41 mg/L dan TDS 340 mg/L. Lalu setelah menggunakan elektroda *stainless steel*, nilai pH mengalami peningkatan sebesar 6,89 dan menurunkan nilai COD hingga 50 mg/L, Pb 0,008 mg/L, Fe 0,17 mg/L, PO₄ 1,683 mg/L, BOD₅ 35,3 mg/L, TSS 34 mg/L dan TDS 608 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas limbah cair terpadu setelah diolah dengan metode elektrokoagulasi berada di bawah baku mutu lingkungan sesuai dengan Peraturan Gubernur Sumsel No. 08 Tahun 2012 tentang baku mutu limbah cair terpadu.
2. Kondisi optimum metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium dan *stainless steel* ini adalah pada tegangan 12 volt dengan waktu proses 150 menit. Ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tegangan dan semakin lama waktu proses yang digunakan maka semakin tinggi penurunan kadar pencemar yang terdapat di dalam limbah.
3. Efektivitas elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium untuk nilai COD yang terbesar adalah 87,96%. Efektivitas untuk nilai logam berat Pb yang terbesar adalah 85%. Efektivitas untuk nilai logam Fe yang terbesar adalah 62,5%. Efektivitas untuk nilai PO₄ yang terbesar adalah 35,37%. Efektivitas untuk nilai logam berat BOD₅ yang terbesar adalah 52,98%. Efektivitas untuk nilai TSS yang terbesar adalah 50%. Efektivitas untuk nilai TDS yang terbesar adalah 88,96%. Efektivitas elektrokoagulasi dalam mengurangi karakteristik limbah cair terpadu paling baik menggunakan elektroda aluminium pada penurunan konsentrasi TDS yang mencapai 88,96%. Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi arus sebesar 78,91%.

4. Efektivitas elektrokoagulasi menggunakan elektroda *stainless steel* untuk nilai COD yang terbesar adalah 88,43%. Efektivitas untuk nilai logam berat Pb yang terbesar adalah 88,57%. Efektivitas untuk nilai logam Fe yang terbesar adalah 46,875%. Efektivitas untuk nilai PO₄ yang terbesar adalah 42,20%. Efektivitas untuk nilai logam berat BOD₅ yang terbesar adalah 74,86%. Efektivitas untuk nilai TSS yang terbesar adalah 57,5%. Efektivitas untuk nilai TDS yang terbesar adalah 80,27%. Efektivitas elektrokoagulasi dalam mengurangi karakteristik limbah cair terpadu paling baik menggunakan elektroda *stainless steel* adalah pada penurunan konsentrasi Pb yang mencapai 88,57%. Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi arus sebesar 81,25%.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian ini dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan tegangan, waktu proses dan elektroda yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bazrafshan, E., A. H. Mahvi, S. Naseri, and A.R. Mesdaghinia. 2008. Performance Evaluation of Electrocoagulation Process for Removal of Chromium (VI) from Synthetic Chromium Solutions using Iron and Aluminum Electrodes. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Science*. Vol. 32(22): 59-66.
2. Butler, E., E.Y.T. Hung, R Yu-Li Yeh and M.S. Al Ahmad. 2011. Electrocoagulation in water treatment. *Water*(3). doi:10.3390/w3020495: 495-525.
3. Daneshvar, N., Oladegaragozeb and Djafarzadeha, N. 2006. Decolorization of Basic Dye Solutions by Electrocoagulation: An investigation of the effect of operational parameters. *Journal of Hazardous Materials*: <http://www.sciencedirect.com/>
4. Dermentzis, K., A. Christoforidis, E. Valsamdou, A. Lazaridou, and N. Kokkinos. 2011. Removal of Hexavalent Chromium From Electroplating Wastewater by Electrocoagulation with Iron Electrodes. *Global NEST Journal*, Vol. 13(4):412-418.
5. Djajadiningrat, A, H. 2004. Pengolahan Limbah Cair tanpa Bahan Kimia. ITB. Bandung.
6. Holt, P.K., G.W. Barton, C.A. Mitchel. 2005. The future for Electrocoagulation as a Localized Water Treatment Technology. *Chemosphere* 59:355-367.
7. Mukminin, A. 2006. Pengolahan Limbah Industri Berbasis Logam dengan Teknologi Elektrokoagulasi Flotasi. Tesis Magister. Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
8. Njiki, C. P. N., S.R. Tchamango, P. C. Ngom, A. Darchen and E. Ngameni. 2009. Mercury(II) Removal from Water by Electrocoagulation using Aluminum and Iron Electrode. *Journal of Hazardous Material*, Vol. 168, No. 2-3: 1430-1436.
9. Nouri, A.H. Mahvi, and E. Bazrafshan. 2010. Aplication of Electrocoagulation Process in Removal of Zinc and Copper from Aqueous Solution by Aluminum Electrodes. *International Journal of Environmental Research*. Vol 4(2): 201-208.
10. Othman, Fadie., J. Sohailo, M.F. Ni'am, and Fauzia. 2006. Enhancing Suspended Solid Removal from Wastewater using Fe Electrodes. *Malaysian Journal of Civil Engineering* 18(2): 139-148.
11. Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 8 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan Batubara.
12. Peter, H. Geoffrey, B and Mitchell, C. 2006. Electrocoagulation as a Wastewater Treatment, Department of Chemical Engineering. The University of Sydney. New South Wales.
13. Rusdianasari, S. Arita, E. Ibrahim, dan Ngudiantoro. 2013. Reduction of Metal Contents in Coal Stockpile Wastewater using Electrocoagulation. *Journal Applied Mechanics and Materials* 391: 29-33.
14. Rusdianasari, Y. Bow, A. Taqwa. 2013. Treatment of Coal Stockpile Wastewater by Electrocoagulation using Aluminum Electrodes. *Journal Advanced Material Research*. Vol. 896. Hal 145-148.
15. Rusdianasari, Y. Bow, dan Yuniar. 2014. Treatment of traditional cloth wastewater by electrocoagulation using aluminum electrodes. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. Vol. 4 No. 2.
16. Sohraby, Kazem., Daniel M., and Taieb, Z. 2007. *Wireless Sensor networks Technology, Protocols, and Application*. John Wiley & Sons, Inc. Canada.
17. Susetyaningsih, R., Kismolo, Endro., P. 2008. Kajian Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Limbah Cair. *Prosiding: Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta. hal. 339-344.
18. Swami, Ananthram, Qing Z., Yao-Win, H, and Lang T. 2007. *Wireless Sensor Networks Signal Processing and Communication Perspective*. John Wiley & Sons, England.

19. Tjahyono, Anang, Eru, P. Edi, S., Basuki, W dan Nieke, W. 2010. Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Kualitas Air Sungai secara Online dengan Wireless Sensor Network (WSN) untuk Industri Pengolahan Air Minum di PDAM.

Date : 7th AUGUST, 2018
 Ref. No. : 337/SAFE-Network/SAFE2018/2018
 Registration No : 2018-240

Rusdianasari¹, Ahmad Taqwa², Jaksen³, Yudi Wijarnako⁴

^{1,3} Chemical Engineering Department, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Srijaya Naegara, Palembang, 30139, Indonesia
 E-mail: rusdianasari19@gmail.com

^{2,4} Electrical Engineering Department, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Srijaya Negara, Palembang, 30139, Indonesia
 E-mail: a_taqwa@yahoo.com

Dear colleague,

Acceptance to present a paper for the conference

Thank you for submitting an abstract entitled:

SMART SENSOR FOR MONITORING INTEGRATED WASTEWATER

for the International Conference-Sustainable Agriculture, Food and Energy (SAFE2018),
 Philippines, October 19-20, 2018

We are pleased to inform you that the committee has decided that your paper has been accepted for **oral presentation** in this conference. If you want to publish your paper, you must submit the original and unpublished full paper through the 6th International Conference Sustainable Agriculture, Food, and Energy (SAFE2018) using [EasyChair for SAFE2018 Submission System](http://safe2018.safetainability.org) at <http://safe2018.safetainability.org> or by e-mail to: secretariat@safe-network.org **The full paper will be published in Scopus-indexed proceeding managed by IOP.** Please follow author guideline for proceeding template at <https://publishingsupport.iopscience.iop.org/author-guidelines-for-conference-proceedings/> The deadline for full paper submission is **September 15, 2018.**

Some important points to note are listed below for your reference.

| | |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Venue | I'M Hotel, Makati. Manila. Philippines |
| Pre-Conference Tour | Friday, October 19, 2018 Group 1: Manila-IRRI-UPLB-Tagaytay-Manila Group 2: Manila-Tagaytay-PhilMech Coffee Project-Manila Group 3: Manila City Tour [participants can choose according to their preference] |
| Conference and Networking Discussion | Saturday, October 20, 2018 |
| Registration Fee for Conference | US \$130 for non-student, US \$ 90 for student and US \$ 90 for listeners/attendees. |
| Deadlines | Deadline for registration fee payment: September 20, 2018. Deadline for Full paper submission: September 15, 2018. |
| Publication | The full paper will be published in Q2 Scopus-indexed journal |

(IJASEIT) and IOP Scopus-indexed proceeding. The Scientific Committee will make a decision on this. Publication is optional and there is additional payment for publication!

Thank you very much and looking forward to seeing you in Makati, Philippines!
Regards,



Dr. Norman de Jesus
Local Conference Coordinator
SAFE-Network Country Coordinator Philippines



Dr. Novizar Nazir
SAFE-Network Coordinator