



UNIVERSITAS AIRLANGGA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT

Kampus C Mulyorejo Surabaya 60115 - Telp. (031) 5995247 Fax. (031) 5923584
laman: <http://lppm.unair.ac.id>; e-mail: penelitian@lppm.unair.ac.id, pengmas@lppm.unair.ac.id

KONTRAK PENELITIAN
SKEMA PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI (PDUPT)
TAHUN ANGGARAN 2022
NOMOR: 776/UN3.15/PT/2022

Pada hari ini **Jum'at** tanggal **Delapan Belas** bulan **Maret** tahun **Dua Ribu Dua Puluh Dua**, kami yang bertanda tangan di bawah ini:

- 1. Dr. Gadis Meinar Sari, dr.,
M.Kes.** : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Airlangga, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Airlangga, yang berkedudukan di Kampus C Universitas Airlangga, Mulyorejo - Surabaya untuk selanjutnya disebut **PIHAK KESATU**;
- 2. Dr. Dra. Miratul Khasanah,
M.Si.** : Dosen Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2022 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK KESATU dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama selanjutnya disebut **PARA PIHAK**, bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) Tahun Anggaran 2022 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

PASAL 1
RUANG LINGKUP

PIHAK KESATU memberikan pendanaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pendanaan tersebut dari **PIHAK KESATU**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2022 dengan judul:

Fabrikasi dan Aplikasi Sensor Berbasis Imprinted Zeolit Untuk Deteksi Potensiometrik Amitriptilin pada Sediaan Obat Antidepresan

PASAL 2
SUMBER DANA

PIHAK KESATU memberikan pendanaan Kontrak penelitian yang bersumber pada DIPA Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Tahun Anggaran 2022, Nomor SP DIPA- Nomor SP DIPA-023.17.1.690523/2022 Tanggal 17 November 2021.

**PASAL 3
NILAI KONTRAK**

- (1) **PIHAK KESATU** memberikan pendanaan Kontrak Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan nilai kontrak sebesar **Rp 100.000.000,00 (Seratus Juta Rupiah)** yang di dalam nilai kontrak tersebut sudah termasuk seluruh biaya pajak sesuai peraturan perundang-undangan.
- (2) Pendanaan pelaksanaan program penelitian dengan nilai kontrak sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** sebagai berikut:

Nama Pemilik Rekening : **Miratul Khasanah**
Nomor Rekening : **0098924665**
Nama Bank : **Bank Negara Indonesia (BNI)**

- (3) **PIHAK KESATU** tidak bertanggungjawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana, yang disebabkan oleh kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan informasi sebagaimana dimaksud pada ayat (2).

**PASAL 4
NILAI DAN TAHAPAN PEMBAYARAN**

- (1) Dana pelaksanaan penelitian sebagaimana nilai kontrak yang dimaksud dalam Pasal 3 ayat (1) dibayarkan oleh **PIHAK KESATU** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap melalui Bank Negara Indonesia (BNI) Cabang Unair kepada rekening ketua peneliti melalui mekanisme transfer, dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. Pembayaran tahap pertama sebesar **Rp 70.000.000,00 (Tujuh Puluh Juta Rupiah)** setelah **PIHAK KEDUA** mengirimkan dokumen kontrak yang telah ditandatangani;
 - b. Pembayaran tahap pertama sebagaimana dimaksud pada huruf a, akan dibayarkan dengan ketentuan apabila revisi proposal penelitian dan surat pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian telah diunggah ke laman yang ditentukan oleh **PIHAK KESATU**;
 - c. Pembayaran tahap kedua sebesar **Rp 30.000.000,00 (Tiga Puluh Juta Rupiah)**, dibayarkan setelah pelaksana peneliti mengunggah Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) ke laman yang ditentukan oleh **PIHAK KESATU** paling lambat tanggal **16 Agustus 2022**; dan
 - d. Apabila pembayaran tahap pertama sebagaimana dimaksud pada huruf a cair setelah tanggal 9 Agustus 2022, pelaksana penelitian mengunggah Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) ke laman yang ditentukan oleh **PIHAK KESATU** paling lambat 2 (dua) minggu setelah dana cair.
- (2) Khusus penelitian lanjutan, keberlanjutan pendanaan untuk tahun anggaran berikutnya diberikan berdasarkan hasil penilaian atas capaian penelitian tahun sebelumnya yang dilakukan oleh Komite Penilaian Keluaran Penelitian dan/atau *Reviewer* Keluaran Penelitian.
- (3) **PIHAK KEDUA** harus menyampaikan surat pernyataan telah menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan pada laman yang ditentukan oleh **PIHAK KESATU** paling lambat tanggal **20 November 2022**, dengan melampirkan dokumen sebagai berikut:
 - a. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB); dan
 - b. Laporan Akhir Pelaksanaan Pekerjaan.

- (4) Khusus untuk dana pembayaran 30% yang baru cair setelah tanggal 13 November 2022, **PIHAK KEDUA** mengunggah dokumen sebagaimana dimaksud pada ayat (3) paling lambat 2 (dua) minggu setelah dana dicairkan.

PASAL 5 JANGKA WAKTU PENYELESAIAN

Jangka waktu pelaksanaan penelitian dimulai sejak tanggal **16 Maret hingga 20 November 2022**.

PASAL 6 KEWAJIBAN DAN HAK

- (5) **PIHAK KESATU** mempunyai kewajiban:
- a. memberikan pendanaan penelitian kepada **PIHAK KEDUA**;
 - b. melakukan pemantauan dan evaluasi;
 - c. melakukan penilaian luaran penelitian; dan
 - d. melakukan validasi luaran tambahan.
- (6) **PIHAK KEDUA** mempunyai kewajiban melaksanakan **Kontrak Penelitian** dan mengunggah ke laman yang ditentukan oleh **PIHAK KESATU** atas dokumen sebagai berikut:
1. Revisi Proposal Penelitian;
 2. Surat Pernyataan Kesanggupan Pelaksanaan Penelitian;
 3. Catatan Harian Pelaksanaan Penelitian;
 4. Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian;
 5. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 6. Laporan Akhir Penelitian; dan
 7. Luaran Penelitian.
- (7) **PIHAK KESATU** mempunyai hak menerima dokumen hasil unggahan di laman yang ditentukan **PIHAK KESATU** sebagai berikut:
1. Revisi Proposal Penelitian;
 2. Surat Pernyataan Kesanggupan Pelaksanaan Penelitian;
 3. Catatan Harian Pelaksanaan Penelitian;
 4. Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian;
 5. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 6. Laporan Akhir Penelitian; dan
 7. Luaran Penelitian.
- (8) **PIHAK KEDUA** mempunyai hak mendapatkan dana penelitian dari **PIHAK KESATU**.

PASAL 7 PENGANTIAN KEANGGOTAAN

- (1) Perubahan terhadap susunan tim pelaksana penelitian dan substansi penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan dari Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
- (2) Apabila Ketua Tim Pelaksana Penelitian tidak dapat menyelesaikan penelitian atau mengundurkan diri, maka **PIHAK KESATU** berhak menunjuk pengganti Ketua Tim Pelaksana Penelitian yang merupakan salah satu anggota tim dengan

mempertimbangkan masukan dari anggota tim dan setelah mendapat persetujuan tertulis dari Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

- (3) Dalam hal tidak adanya pengganti Ketua Tim Pelaksana Penelitian sesuai dengan syarat dan ketentuan dalam panduan penelitian, maka penelitian dibatalkan dan dana dikembalikan ke Kas Negara.

PASAL 8 LUARAN PENELITIAN

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa **Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi: Accepted**, dan mengunggahnya ke laman yang ditentukan oleh **PIHAK KESATU**.
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan mencapai luaran tambahan penelitian berupa —, dan mengunggahnya ke laman yang ditentukan oleh **PIHAK KESATU**.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencantumkan sumber pendanaan pada setiap publikasi atau bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini yakni **Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi**.

PASAL 9 MONITORING DAN EVALUASI

PIHAK KESATU dalam rangka koordinasi, pengawasan, dan pemantauan, akan melakukan Monitoring dan Evaluasi (Monev) terhadap kemajuan pelaksanaan penelitian Tahun Anggaran 2022.

PASAL 10 PAJAK

Ketentuan pengenaan pajak pertambahan nilai dan/atau pajak penghasilan dalam rangka pelaksanaan kegiatan penelitian ini wajib dilaksanakan oleh **PIHAK KEDUA** sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang perpajakan.

PASAL 11 KEKAYAAN INTELEKTUAL

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan.
- (2) Setiap publikasi, makalah, dan/atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan **Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi**, sebagai pemberi dana penelitian.
- (3) Pencantuman nama pihak pemberi dana sebagaimana dimaksud pada ayat (2), paling sedikit mencantumkan nama **Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi**.
- (4) Hasil penelitian berupa peralatan dari kegiatan ini adalah milik negara dan dapat dihibahkan kepada institusi/ lembaga melalui Berita Acara Serah Terima (BAST)

untuk keberlanjutan pengembangan penelitian, dicatat secara tertib dan akuntabel dalam inventaris barang PTNBH sesuai dengan peraturan Perundang-undangan.

PASAL 12 INTEGRITAS AKADEMIK

- (1) Pelaksana penelitian wajib menjunjung tinggi integritas akademik yaitu komitmen dalam bentuk perbuatan yang berdasarkan pada nilai kejujuran, kredibilitas, kewajaran, kehormatan, dan tanggung jawab dalam kegiatan penelitian yang dilaksanakan.
- (2) Penelitian dilakukan sesuai dengan kerangka etika, hukum, dan profesionalitas, serta kewajiban sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- (3) Penelitian dilakukan dengan menjunjung tinggi standar ketelitian dan integritas tertinggi dalam semua aspek penelitian.

PASAL 13 KEADAAN KAHAR/ MEMAKSA

- (1) **PARA PIHAK** dibebaskan dari tanggung jawab atas keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi kewajiban yang dimaksud dalam **Kontrak Penelitian** disebabkan atau diakibatkan oleh peristiwa atau kejadian di luar kekuasaan **PARA PIHAK** yang dapat digolongkan sebagai keadaan memaksa (*force majeure*).
- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan memaksa (*force majeure*) sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blokade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru-hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap pelaksanaan **Kontrak Penelitian** ini.
- (3) Apabila terjadi keadaan memaksa (*force majeure*) maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan memaksa (*force majeure*), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak yang berwajib, dan **PARA PIHAK** dengan itikad baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

PASAL 14 PENYELESAIAN PERSELISIHAN

- (1) Apabila terjadi perselisihan atau perbedaan penafsiran terkait Kontrak Penelitian ini, **PARA PIHAK** sepakat untuk menyelesaikannya secara musyawarah dan mufakat.
- (2) Dalam hal tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum yang berlaku dengan memilih domisili hukum di Pengadilan Negeri Surabaya.

PASAL 15
AMANDEMEN KONTRAK

Apabila terdapat hal lain yang belum diatur atau terjadi perubahan dalam **Kontrak Penelitian** ini, maka akan dilakukan amandemen Kontrak Penelitian.

PASAL 16
SANKSI

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan **Kontrak Penelitian** telah berakhir, **PIHAK KEDUA** tidak melaksanakan kewajiban sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (2), maka **PIHAK KEDUA** dikenai sanksi administratif sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (2) Apabila di kemudian hari terbukti bahwa judul proposal yang diajukan pada program penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran/itikad buruk yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan penelitian tersebut dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** dikenai sanksi administratif.
- (3) Sanksi administratif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan (2) dapat berupa penghentian pembayaran dan/atau Ketua Tim Pelaksana Penelitian tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu 2 (dua) tahun berturut-turut.

PASAL 17
PENUTUP

Kontrak Penelitian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) asli bermeterai cukup yang biayanya dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**, yang masing – masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK KESATU



Dr. Gadis Meinar Sari, dr., M.Kes.
NIDN 0004056612

PIHAK KEDUA



Dr. Dra. Miratul Khasanah, M.Si.
NIDN 0004036705



Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi
Gedung BPPT II Lantai 19, Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat
<https://simlitabmas.ristekdikti.go.id/>

PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 6cdb0924-46aa-4231-8fc8-13e378dcd803

laporan akhir Penelitian: tahun ke-2 dari 2 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

Fabrikasi dan Aplikasi Sensor Berbasis Imprinted Zeolit Untuk Deteksi Potensiometrik Amitriptilin pada Sediaan Obat Antidepresan

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Material Maju	-		

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi			SBK Riset Dasar	3	2

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama (Peran)	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
MIRATUL KHASANAH - Ketua Pengusul	Universitas Airlangga	Kimia		5981377	7
ALFA AKUSTIA WIDATI -	Universitas Airlangga	Kimia	Sintesis imprinted zeolit, karakterisasi iimprinted zeolit, interpretasi data hasil	5981717	5

Anggota Pengusul			karakterisasi IZ, karakterisasi potensiometrik sensor pasta karbon-IZ, analisis dengan HPLC		
------------------	--	--	---	--	--

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Submitted	Material Letter
2	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Submitted	Indonesian Journal of Chemistry

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
--------------	--------------	--	---

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Total RAB 2 Tahun Rp. 352,850,000

Tahun 1 Total Rp. 127,850,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	-	Paket	8	540,000	4,320,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	25	2,445,200	61,130,000

Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	448	25,000	11,200,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	14	600,000	8,400,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	1	3,000,000	3,000,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	3	550,000	1,650,000
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	2	1,000,000	2,000,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	0	0	0
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	-	Unit	6	2,025,000	12,150,000
Sewa Peralatan	Kebun Percobaan	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Obyek penelitian	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Transport penelitian	-	OK (kali)	0	0	0
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	4	1,000,000	4,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0

Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	1	20,000,000	20,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	0	0	0

Tahun 2 Total Rp. 225,000,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	448	25,000	11,200,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	14	600,000	8,400,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	2	2,000,000	4,000,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	6	430,000	2,580,000
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	4	850,000	3,400,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0

Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	0	0	0
Bahan	ATK	-	Paket	8	567,500	4,540,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	25	2,545,200	63,630,000
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Kebun Percobaan	-	Unit	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	1	2,000,000	2,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	1	8,000,000	8,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	0	0	0

Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	0	0	0
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	0	0	0
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	3	1,750,000	5,250,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	-	Unit	5	1,850,000	9,250,000
Sewa Peralatan	Kebun Percobaan	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Obyek penelitian	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Transport penelitian	-	OK (kali)	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	2	4,000,000	8,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	1	10,000,000	10,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	0	0	0

Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	0	0	0
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	0	0	0
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	25	2,226,800	55,670,000
Bahan	ATK	-	Paket	1	3,490,000	3,490,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	784	25,000	19,600,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	1	3,000,000	3,000,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	3	430,000	1,290,000
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	2	850,000	1,700,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	1	0	0
Sewa Peralatan	Obyek penelitian	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Transport penelitian	-	OK (kali)	0	0	0

Tahun 3 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

6. KEMAJUAN PENELITIAN

A. RINGKASAN

Sensor elektrokimia merupakan sensor yang murah, sederhana dan mudah proses pembuatannya, memiliki respon yang cepat, dan sensitivitas yang tinggi [1-5]. Sensor elektrokimia telah banyak diaplikasikan di bidang analisis klinis, farmasi, industri, lingkungan, dan pertanian. Dalam pengembangan

sensor, selektivitas selalu menjadi perhatian utama [6], karena keberadaan analit selalu Bersama-sama dengan komponen lain di dalam sampel, sehingga diperlukan langkah modifikasi. Salah satu material yang dipilih untuk meningkatkan selektivitas sensor elektrokimia adalah molecularly imprinted polymer (MIP). MIP telah digunakan sebagai material sensor untuk mendeteksi analit target secara selektif yang berada dalam matriks kompleks, terutama dalam sediaan farmasi [7]. Dengan demikian keberadaan imprinted ini dapat mengatasi gangguan dari senyawa lain [8-10].

Modifikasi zeolit menggunakan teknik imprinting juga telah banyak dilaporkan oleh peneliti sebelumnya. Imprinted zeolit (IZ) tersebut telah dimanfaatkan sebagai material penyusun elektroda pada analisis secara elektrometri, seperti analisis asam urat secara voltametri [11]. Penelitian tersebut menghasilkan limit deteksi yang rendah dan akurasi yang tinggi. Selain itu, elektroda pasta karbon termodifikasi IZ juga telah digunakan sebagai sensor potensiometrik terhadap asam urat [12-13], kreatin [14], kreatinin [15] dan glukosa [16]. Elektroda yang dikembangkan tersebut menunjukkan selektivitas yang tinggi.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sensor potensiometri berbasis imprinted zeolit untuk deteksi amitriptilin (AMT) pada sediaan farmasi. Sensor dibuat dari campuran pasta karbon dan imprinted zeolit. Karbon merupakan material yang memiliki luas permukaan yang besar dan konduktivitas yang tinggi [17-18]. Dengan demikian, penggunaan karbon aktif diharapkan dapat meningkatkan sensitivitas pengukuran. Zeolit merupakan senyawa anorganik dengan struktur kristal berpori, yang memiliki kerangka tiga dimensi dimana dengan struktur tersebut menjadikan zeolit mudah untuk dimodifikasi [19]. Imprinted zeolit adalah zeolit yang di dalam porinya terdapat cetakan molekul target, dalam hal ini adalah amitriptilin. Cetakan tersebut hanya akan sesuai dengan analit yang dicetakkan, akibat dari bentuk dan sisi ikatan yang ditinggalkannya saat pencetakan. Dengan demikian sensor berbasis imprinted zeolit yang dikembangkan dalam penelitian ini akan selektif terhadap amitriptilin.

Tahapan yang dilakukan pada tahun kedua ini adalah mensintesis imprinting zeolit (IZ) TS-1 dan pembuatan elektroda pasta karbon termodifikasi IZ TS-1 sebagai sensor potensiometrik AMT. Karakterisasi terhadap IZ dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer fourier transform infrared (FTIR), x-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM) dan adsorpsi-desorpsi N₂. Parameter yang dipelajari berupa komposisi elektroda dan pH larutan. Selanjutnya dilakukan uji kinerja sensor meliputi jangkauan pengukuran, faktor Nernst, limit deteksi, presisi, akurasi, waktu respon dan waktu hidup sensor.

Luaran dari penelitian ini adalah artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal internasional. Penelitian yang dilakukan ini merupakan penelitian dasar. Dilakukan pengumpulan dan analisis data eksperimen untuk menguji hipotesis yang disusun, memeriksa konsep alternatif, dan mengidentifikasi serta mengevaluasi komponen teknologi. Target nilai tingkat kesiapterapan teknologi (TKT) dari penelitian ini adalah 3.

Pada penelitian ini menggunakan zeolit TS-1 yang disintesis secara hidrotermal dengan bahan TEOS, TBOT, TPAOH, dan air dengan perbandingan mol 1 : 0,017 : 0,24 : 21,2 [20]. Imprinted zeolit (IZ) dibuat dari zeolit TS-1 yang pada proses sintesisnya ditambahkan amitriptilin sebagai template dengan perbandingan mol AMT/Si = 0,01 dan 0,0306. Pola difraktogram zeolit X hasil sintesis menunjukkan beberapa puncak

yang mendekati puncak standar yaitu pada sudut 2θ 7,95°; 8,94°; 23,2°; 23,7°; 24,1° [21]. Karakterisasi zeolit dengan FTIR menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang yang khas, yaitu $\sim 3400\text{ cm}^{-1}$, $\sim 950\text{ cm}^{-1}$, $\sim 500\text{ cm}^{-1}$, dan $\sim 450\text{ cm}^{-1}$ yang masing-masing menandakan adanya vibrasi Si-OH, Ti-O, gugus pentasil pada struktur MFI, dan vibrasi Si-O pada struktur zeolit. Rata-rata ukuran pori zeolit TS-1 = 1,86 nm, luas permukaan 23,7389 m²/g; sedangkan IZ memiliki ukuran pori 2,02894 nm dan luas permukaan 105,674 m²/g. Keberadaan cetakan (AMT) pada pori zeolit menyebabkan luas permukaan menjadi sekitar 4 kali lebih besar dibandingkan zeolit tanpa cetakan. Hal ini menyebabkan kapasitas adsorpsi IZ lebih besar dibanding zeolit

Imprinted-zeolit selanjutnya digunakan sebagai material pemodifikasi elektroda pasta karbon agar menghasilkan suatu sensor yang selektif untuk penentuan kadar amitriptilin dalam sediaan farmasi. Komposisi elektroda pasta karbon-IZ yang menunjukkan kinerja optimum dibuat dengan perbandingan massa karbon aktif, parafin, dan imprinted zeolit TS-1 adalah 11:8:1. Kinerja elektroda ditinjau berdasarkan faktor Nernst dengan nilai 58,3 mV/dekade, jangkauan pengukuran 10^{-7} – 10^{-4} M dengan linieritas kurva 0,9999, batas deteksi atas $9,1 \times 10^{-5}$ M dan batas deteksi bawah sebesar $1,02 \times 10^{-7}$ M. Elektroda ini menunjukkan nilai presisi 94,5–98,3%, akurasi 85,1–107,1%, waktu respon elektroda 15–38 s, dan waktu hidup elektroda 4 bulan dengan lebih dari 100 kali pemakaian. Berdasarkan data tersebut diharapkan bahwa elektroda pasta karbon termodifikasi imprinted zeolit TS-1 dapat diaplikasikan sebagai sensor potensiometrik untuk pengukuran kadar amitriptilin dengan dosis rendah pada sediaan obat (5 mg) secara cepat dan bernilai ekonomis tinggi karena dapat digunakan secara berulang-ulang. Aplikasi sensor termodifikasi imprinted zeolite untuk analisis kandungan AMT dalam tablet obat menghasilkan recovery sebesar 90,2 – 102,5%, sedangkan hasil uji pengaruh matriks menunjukkan bahwa keberadaan glukosa, laktosa, sukrosa sebagai senyawa yang lazim digunakan sebagai senyawa pembawa dalam tablet AMT terdeteksi mengganggu analisis AMT. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik imprinted zeolite hasil sintesis, agar diperoleh kinerja terbaik sebagai material modifier sensor. Variasi komposisi AMT/Si pada pembuatan IZ tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi zeolit.

B. KATA KUNCI

Fabrikasi sensor; selektivitas sensor; amitriptilin; potensiometri; imprinted zeolit TS-1

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

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

1. Hasil Sintesis Zeolit TS-1, NIZ, dan IZ

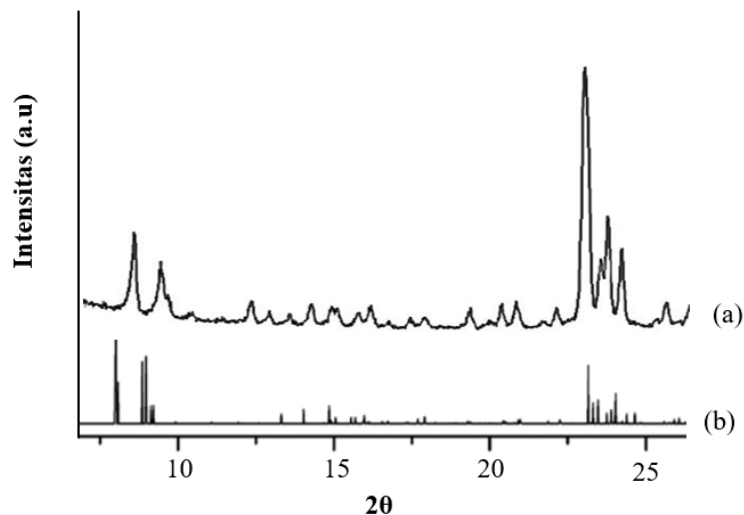
Zeolit TS-1 disintesis menggunakan metode hidrotermal dengan bahan TEOS, TBOT, TPAOH, dan air dengan perbandingan mol 1 : 0,017 : 0,24 : 21,2 [20]. Penambahan TEOS dan TBOT masing-masing berfungsi sebagai sumber silikat dan titanium. Adapun 2-propanol ditambahkan sebelum penambahan TBOT untuk mencegah berubahnya Ti menjadi TiO₂, sehingga zeolit dapat membentuk rangkaian Si-O-Ti. Selanjutnya TPAOH ditambahkan ke dalam campuran tersebut sebagai pengarah struktur MFI (*Mobile Five I*) dan dilakukan pengadukan selama 15 jam atau yang disebut dengan proses *aging* agar membentuk suatu inti zeolit, sehingga akan didapatkan produk akhir zeolit dengan kristalinitas yang tinggi [21]. Setelah itu, H₂O ditambahkan ke dalam campuran dan dilakukan proses hidrotermal selama 4 × 24 jam, suhu 80 °C. Pada proses hidrotermal terbentuk suatu kerangka zeolit yang tersusun Si-O-Ti dan didapatkan serbuk berwarna putih. Mekanisme pembentukan zeolit TS-1 dituliskan pada persamaan reaksi 1-3.



Non imprinted zeolite (NIZ) disintesis dengan menambahkan AMT ke dalam campuran hasil proses hidrotermal dan campuran didiamkan selama 3 jam agar AMT terperangkap ke dalam pori zeolit. Selanjutnya, dilakukan ekstraksi terhadap AMT menggunakan air panas dengan bantuan sentrifugasi. Penggunaan air panas pada pencucian dikarenakan AMT larut sempurna di dalam air, sehingga penambahan air panas diharapkan mampu memutuskan ikatan hidrogen antara AMT dengan zeolit. Padatan yang dihasilkan kemudian dikeringkan pada suhu 105 °C, sehingga didapatkan serbuk berwarna putih yang disebut dengan IZ.

2. Karakterisasi Zeolit, NIZ, dan IZ menggunakan XRD dan FTIR

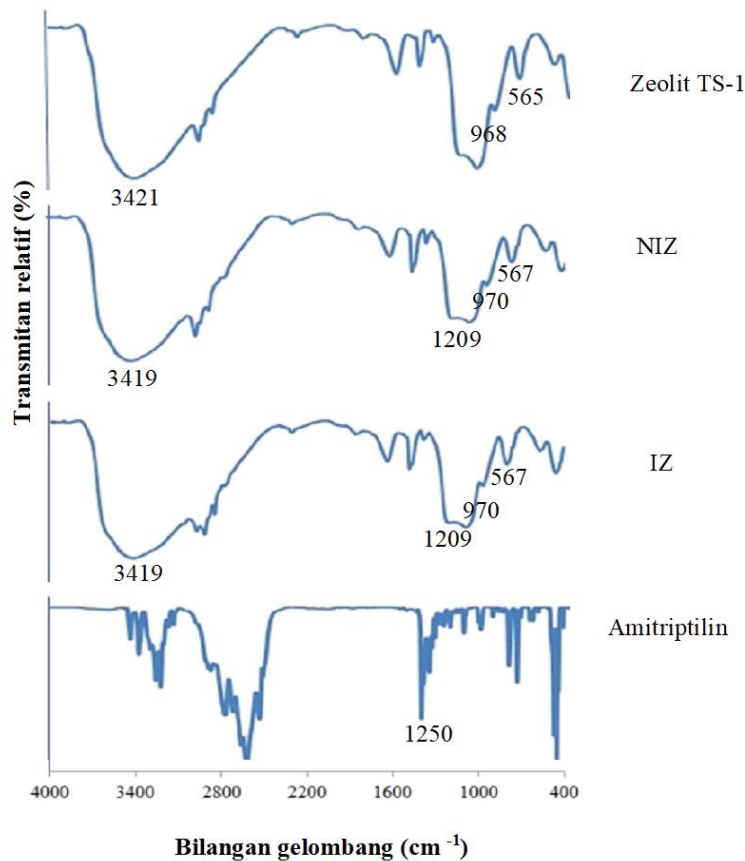
Difaktogram XRD digunakan untuk melihat struktur suatu kristal dan kristalinitas material dengan cara melihat pola difraksi pada struktur kristal tersebut. Pola difraktogram zeolit TS-1 ditunjukkan pada Gambar 1. Zeolit TS-1 merupakan zeolit yang mempunyai struktur MFI. Nilai sudut 2θ khas dari struktur MFI, yaitu pada $7,95^\circ$; $8,94^\circ$; $23,2^\circ$; $23,7^\circ$; $24,1^\circ$ [22]. Terlihat pola difraksi yang sama antara zeolit sintesis dengan struktur MFI standar pola ZSM-5 yang diambil dari *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites, International Zeolite Association* [23], sehingga dapat dikatakan bahwa zeolit hasil sintesis merupakan zeolit TS-1. Semakin lama waktu hidrotermal, maka semakin banyak ikatan baru yang terbentuk antara Si-Ti-O-Ti-Si, sehingga jumlah kristal lebih banyak dan lebih teratur [24]. Gambar 1 menunjukkan pola difraktogram zeolit hasil sintesis yang mempunyai kristalinitas tinggi yang dibuktikan dengan runcingnya difraktogram yang dihasilkan.



Gambar 1. Difraktogram zeolite TS-1 hasil sintesis (a) dan standar (b)

Hasil karakterisasi zeolit, NIZ, dan IZ menggunakan FTIR ditunjukkan pada Gambar 2. Zeolit TS-1 menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang yang khas, yaitu $\sim 3400\text{ cm}^{-1}$, $\sim 950\text{ cm}^{-1}$, $\sim 500\text{ cm}^{-1}$, dan $\sim 450\text{ cm}^{-1}$ yang masing-masing menandakan adanya vibrasi Si-OH, Ti-O, gugus pentasil pada struktur MFI, dan vibrasi Si-O pada struktur zeolit. Pada penelitian ini, spektra yang menandakan bahwa zeolit TS-1 telah terbentuk, yaitu pada bilangan gelombang $\sim 3400\text{ cm}^{-1}$, 968 cm^{-1} , 565 cm^{-1} , dan 457 cm^{-1} . Terbentuknya NIZ dan IZ ditandai dengan munculnya pita pada bilangan gelombang $\sim 1200\text{ cm}^{-1}$ dan $\sim 770\text{ cm}^{-1}$. Puncak tersebut merupakan ciri khas dari senyawa AMT, yaitu adanya vibrasi C-N dan C-H (benzena) pada struktur AMT [25]. Adapun NIZ dan IZ hasil sintesis ditandai dengan munculnya puncak pada bilangan gelombang 1209 cm^{-1} dan 800 cm^{-1} . Spektra FTIR (Gambar 2) menunjukkan bahwa

AMT telah masuk ke dalam kerangka zeolit TS-1. Hal ini dibuktikan oleh adanya puncak pada bilangan gelombang 1209 cm^{-1} pada NIZ yang tidak ditemukan pada spektra zeolit TS-1. Adapun intensitas puncak yang dihasilkan IZ lebih kecil dibandingkan dengan NIZ pada bilangan gelombang 1209 cm^{-1} , sehingga dapat disimpulkan bahwa sebagian molekul amitriptilin pada NIZ telah terekstrak dari kerangka zeolit. Data bilangan gelombang spektra IR zeolit TS-1, NIZ, IZ, dan AMT ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Spektra FTIR zeolit TS-1, NIZ, IZ dan AMT

Tabel 1. Data bilangan gelombang puncak spektra zeolit TS-1, NIZ, IZ, dan AMT

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})			
	AMT	TS-1	NIZ	IZ
Vibrasi Si-OH	-	3421	3419	3419
Vibrasi C-N	1250	-	1209	1209
Vibrasi Ti-O	-	968	970	970
Vibrasi C-H (benzena)	770	-	800	800
Struktur MFI (Pentasil)	-	565	567	567
Vibrasi Si-O	-	457	457	457

3. Hasil Preparasi Karbon

Preparasi karbon bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang ada pada karbon sehingga dapat memperluas permukaan. Dengan demikian, daya adsorbsinya menjadi lebih baik [26]. Pada penelitian ini, karbon dipreparasi dengan dua tahapan, yaitu secara kimia dan fisika. Preparasi secara kimia dilakukan dengan perendaman karbon menggunakan HCl 4 N selama 24 jam, yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor anorganik. Karbon selanjutnya dicuci dengan akuades untuk menghilangkan ion klorida dan H⁺. Selanjutnya dilakukan perendaman serbuk karbon menggunakan pelarut n-heksana selama 24 jam, yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor organik dari pori karbon. Setelah itu, karbon dipisahkan dari pelarut n-heksana dengan cara dekantasi dan diuapkan di atas pengangas air untuk menghilangkan pelarut yang masih tertinggal.

Preparasi secara fisika dilakukan dengan cara pemanasan suhu 300 °C selama 2 jam, yang bertujuan untuk menguraikan senyawa organik yang masih tertinggal di dalam pori karbon, sehingga dapat memperluas permukaan karbon. Semakin tinggi suhu pemanasan, maka semakin banyak pori-pori yang terbuka dikarenakan zat-zat *volatile* dan komponen air yang terperap dapat keluar dari pori-pori karbon dan menguap, sehingga luas permukaan karbon bertambah [27].

Luas permukaan karbon diuji menggunakan metode adsorpsi *metilen blue* secara spektrofotometri pada panjang gelombang 665 nm. Dari uji tersebut dihasilkan luas permukaan karbon sebesar 570,32 m²/g (setelah diaktivasi), sedangkan luas permukaan karbon sebelum diaktivasi sebesar 390,21 m²/g. Sesuai referensi bahwa karbon tergolong sebagai karbon aktif jika mempunyai luas permukaan antara 300 – 3500 m²/g [28].

4. Hasil Optimasi Komposisi Elektroda Pasta Karbon termodifikasi IZ dan pH Larutan

Elektroda pasta karbon termodifikasi IZ dibuat dengan melelehkan parafin padat dan dimasukkan ke dalam 3/4 badan elektroda yang berupa tip mikropipet. Sebelumnya di dalam tip mikropipet disematkan kawat Ag. Sisa ruang dalam tip mikropipet diisi dengan pasta yang terbuat dari campuran parafin, karbon, dan IZ dengan berbagai komposisi seperti yang tertera pada Tabel 2. Adapun fungsi dari kawat Ag yaitu untuk menghubungkan elektroda dengan potensiometer, sehingga akan terbaca suatu beda potensial saat pengukuran. Karbon aktif dipilih sebagai material penyusun elektroda karena mempunyai daya hantar listrik yang baik, sedangkan penambahan IZ bertujuan untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitas elektroda. Sebelum elektroda digunakan untuk analisis, dilakukan pengkondisian dengan cara

merendam elektroda di dalam larutan AMT selama 24 jam, sehingga molekul AMT akan berkesetimbangan pada permukaan elektroda.

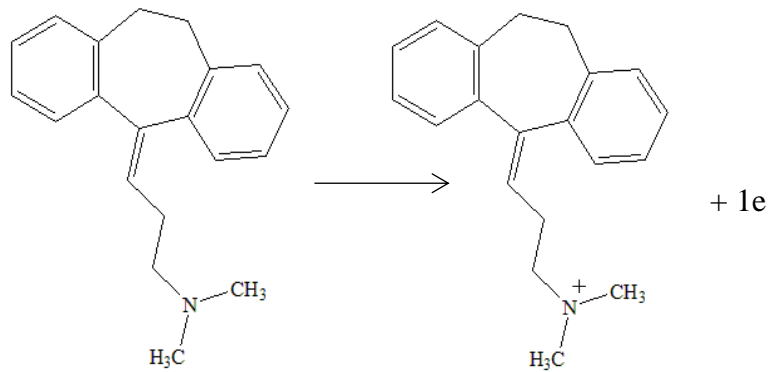
Setelah pengkondisian, ke-6 elektroda digunakan untuk analisis larutan AMT 10^{-8} - 10^{-2} M dengan variasi pH 4-8. Analisis ini bertujuan untuk optimasi komposisi elektroda dan pH larutan. Adapun beda potensial yang dihasilkan masing-masing elektroda menunjukkan aktivitas analit yang ada di dalam masing-masing konsentrasi larutan. Beda potensial tersebut didapatkan karena adanya gangguan kesetimbangan pada permukaan elektroda dengan larutan analit. Selanjutnya, dari data beda potensial yang dihasilkan oleh masing-masing elektroda dibuat suatu kurva hubungan antara log konsentrasi AMT dan potensial elektroda, sehingga didapatkan suatu nilai faktor Nernst (*slope*). Adapun elektroda yang menghasilkan faktor Nernst yang mendekati nilai teoritis 59,2 mV/dekade (AMT sebagai senyawa monovalen) merupakan elektroda dengan komposisi terbaik [29].

Tabel 2 Nilai faktor Nernst yang dihasilkan E1-E6 dengan menggunakan pH 4-8

pH	Faktor Nernst (mV/dekade)					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
4	31,3	43,7	23	14,5	14,3	19,4
5	29,7	16,8	21,2	18	15,4	8,7
6	21,2	25,1	24,5	19,8	23,7	8,7
7	46,6	45,9	58,3	51,8	35,6	11,9
8	53,4	52	58	47,6	53	11,2

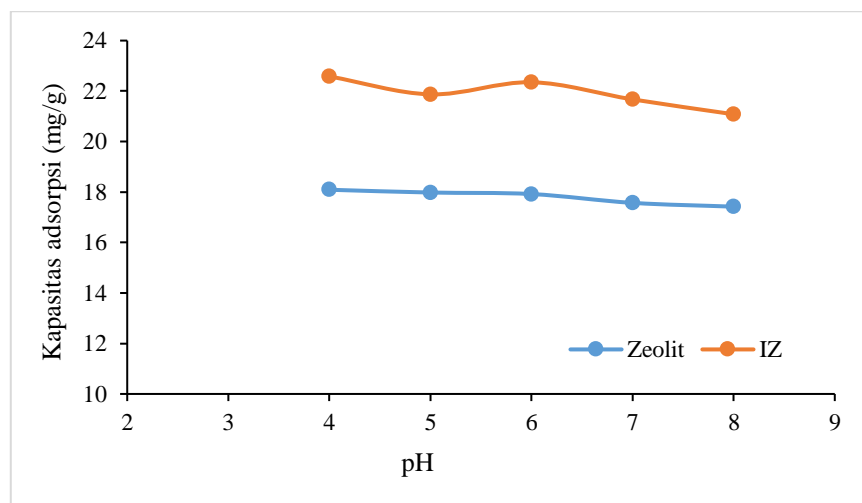
Data Tabel 2 menjelaskan bahwa analisis larutan AMT menggunakan pH asam cenderung menghasilkan faktor Nernst berkisar 20 mV/dekade, sedangkan analisis pada kondisi basa cenderung menghasilkan faktor Nernst ± 58 mV/dekade. AMT merupakan suatu senyawa yang dalam reaksi oksidasinya hanya melibatkan 1 elektron, sehingga elektroda yang menghasilkan faktor Nernst yang mendekati nilai teoritis ion monovalen (59,2 mV/dekade) merupakan elektroda dengan komposisi terbaik [30]. Faktor Nernst yang dihasilkan E3 pada pH 7 menunjukkan nilai faktor Nernst yang mendekati nilai teoritis ion monovalen yaitu 58,3 mV/dekade. Oleh karena itu, E3 merupakan elektroda dengan komposisi terbaik dengan pH optimum pengukuran larutan AMT yaitu 7. Reaksi oksidasi senyawa AMT ditunjukkan pada Gambar 3.

Kondisi pH larutan sangat mempengaruhi kestabilan senyawa AMT di dalam larutan saat pengukuran, sehingga kesetimbangan pada permukaan elektroda dengan larutan analit dapat berlangsung secara optimum. Pada pH 7, AMT berada dalam bentuk molekulnya (pK_a AMT = 9,76).



Gambar 3. Reaksi oksidasi senyawa AMT [30]

Elektroda termodifikasi IZ menunjukkan karakteristik Nernstian antara potensial dengan log konsentrasi AMT. Hal ini diduga akibat sifat adsorpsi IZ sebagai pemodifikasi elektroda. Kondisi pH larutan berpengaruh pada keberadaan spesi AMT dalam larutan, sehingga memengaruhi kemampuan adsorpsi material terimprint [31]. Adanya perubahan keasaman larutan amitriptilin menyebabkan perubahan spesies amitriptilin dan gugus aktif yang terdapat pada permukaan zeolit atau *imprinted* zeolit. Kurva hubungan antara variasi pH dengan kapasitas adsorpsi zeolit dan IZ ditampilkan pada Gambar 4.

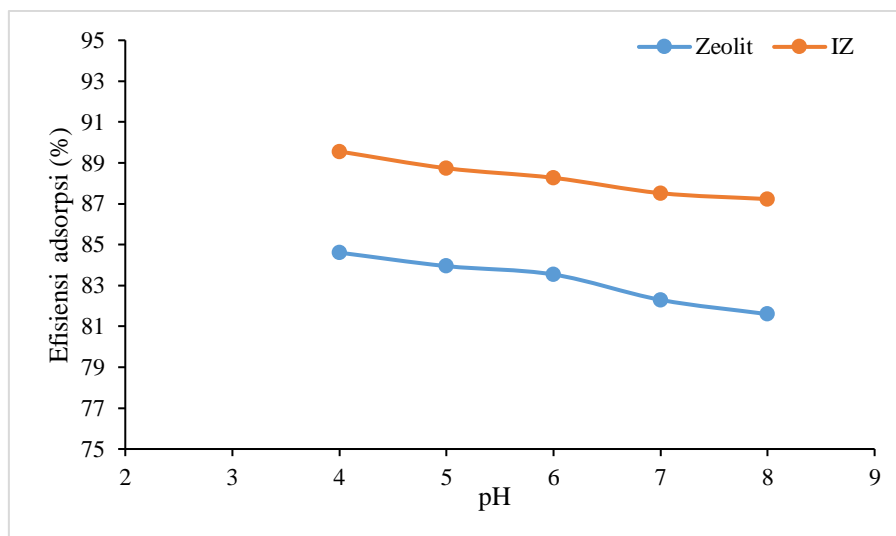


Gambar 4. Kurva hubungan antara pH larutan amitriptilin dengan kapasitas adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1-1 (rasio mol AMT/Si = 0,01)

Nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1-1 tertera pada Tabel 3, sedangkan kurva hubungan antara pH larutan AMT dengan efisiensi adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1-1 ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 3. Perbandingan antara kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1-1

No.	pH AMT	Kapasitas adsorpsi (qe) (mg/g)		Efisiensi adsorpsi (%)	
		Zeolit	IZ TS-1-1	Zeolit	IZ TS-1-1
1	4	18,09	22,58	84,61	89,56
2	5	17,98	21,87	83,95	88,74
3	6	17,92	22,35	83,54	88,27
4	7	17,57	21,67	82,3	87,52
5	8	17,42	21,08	81,6	87,23



Gambar 5. Kurva hubungan antara variasi pH dengan efisiensi adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1-1

Setelah pH dinaikkan kapasitas dan efisiensi adsorpsi mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan gugus aktif pada zeolit dan *imprinted* zeolit akan mengalami deprotonasi dan cenderung bermuatan negatif serta diiringi dengan meningkatnya konsentrasi ion OH^- dalam larutan [32]. Peningkatan konsentrasi OH^- tersebut akan menyebabkan terjadinya kompetisi antara situs aktif pada permukaan zeolit dan *imprinted* zeolit dengan ion OH^- untuk berikatan dengan amitriptilin. Keberadaan ion OH^- yang besar dalam larutan akan menyebabkan terhambatnya proses adsorpsi AMT pada zeolit dan *imprinted* zeolit, sehingga jumlah AMT yang dapat teradsorpsi mengalami penurunan. Berdasarkan data tersebut maka disimpulkan bahwa pada zeolit dan *imprinted* zeolit penyerapan optimum terjadi pada pH 4.

Hasil serupa juga dilaporkan sebelumnya [31] bahwa semakin tinggi pH maka terjadi penurunan kemampuan adsorpsi ampas daun teh terhadap logam Cr. Adsorpsi ion logam Cr dari pH 4 sampai pH 5 cenderung menurun, namun pada pH 6 sampai pH 8 adsorpsi relatif stabil. Kapasitas dan efisiensi adsorpsi tertinggi terjadi pada pH 4 yaitu sebesar 0,06 mg/g dan

13,18 %. Dalam keadaan asam akan membentuk protonasi dimana ion H⁺ gugus-gugus pada adsorben akan terprotonasi dan mempunyai muatan positif serta akibat hadirnya ion OH⁻ gugus-gugus pada adsorben mengalami deprotonasi dan mempunyai muatan negatif.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan IZ pada komposisi elektroda, maka dibuat suatu elektroda dengan komposisi yang sama seperti E3. Namun, IZ diganti dengan zeolit TS-1 (E-Z) dan NIZ (E-NIZ). Sebelum elektroda digunakan, dilakukan pengkondisian terlebih dahulu seperti halnya pengkondisian E3 dan selanjutnya digunakan untuk analisis larutan AMT konsentrasi 10⁻⁸ - 10⁻² M dengan pH netral.

Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai faktor Nernst yang dihasilkan E-Z dan E-NIZ jauh dari nilai teoritis yaitu 22,7 mV/dekade. Hal ini menunjukkan bahwa gangguan kesetimbangan pada permukaan elektroda dan perubahan konsentrasi tidak Nernstian. Adanya material *imprinter* pada elektroda sangat berpengaruh dalam analisis, karena dapat meningkatkan sensitivitas suatu elektroda.

Tabel 4. Perbandingan nilai faktor Nernst dan linieritas E-Z, E-NIZ, dan E3

Jenis Elektroda	Jangkauan Pengukuran (M)	Faktor Nernst (mV/dekade)	Linieritas (R ²)
E-Z	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴	22,7	0,9801
E-NIZ	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴	0,6	0,9000
E-IZ (E3)	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴	58,3	0,9997

5. Hasil Optimasi Waktu Respon dan Waktu Hidup Elektroda

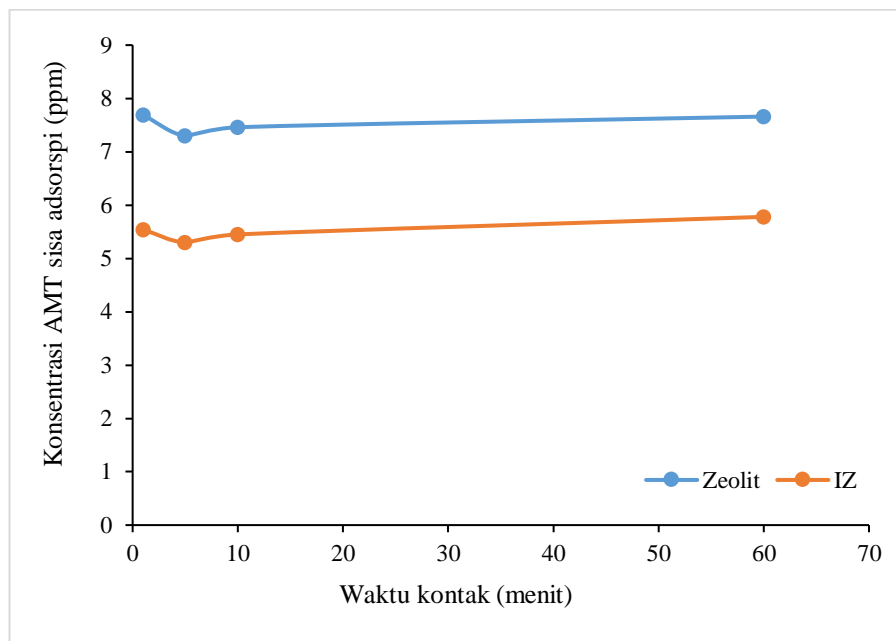
Waktu respon elektroda ditentukan dengan melihat seberapa lama diperoleh potensial yang stabil pada saat elektroda dicelupkan dalam larutan. Tujuan mempelajari waktu respon elektroda adalah untuk melihat seberapa cepat elektroda dapat merespon suatu analit dalam larutan. Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa waktu respon elektroda untuk analisis AMT 10⁻⁷ – 10⁻⁴ M menggunakan E3 adalah 15 – 38 detik. Dimana pada saat itu terjadi kesetimbangan yang bersifat *reversible* antara permukaan elektroda dengan analit yang ada di dalam larutan. Dari data waktu respon yang diperoleh tersebut menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan senyawa AMT untuk mencapai kesetimbangan pada permukaan elektroda semakin cepat seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Hal ini disebabkan semakin pekat konsentrasi, maka mobilitas ion-ion menjadi lebih cepat, sehingga kesetimbangan cepat tercapai [33].

Tabel 5. Waktu respon terhadap larutan AMT

Konsentrasi AMT (M)	Waktu respon (detik)
10^{-7}	38
10^{-6}	28
10^{-5}	20
10^{-4}	15

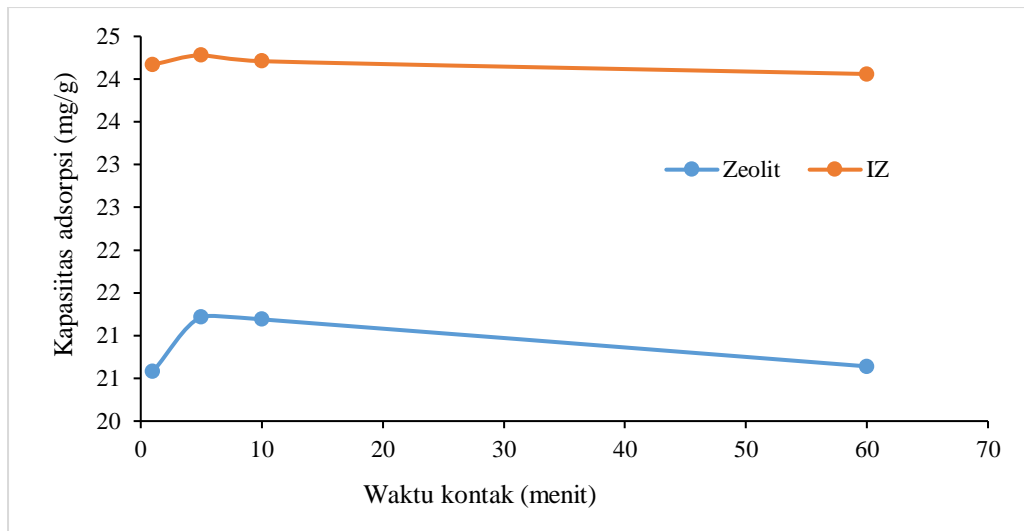
6. Hasil uji pengaruh waktu kontak adsorben dengan adsorbat

Pada penelitian ini dipelajari pengaruh waktu kontak dengan menggunakan metode *batch*. Metode *batch* dipilih karena merupakan prosedur yang sederhana dan molekul target dapat kontak langsung dengan adsorben selama waktu tertentu. Kurva hubungan antara waktu kontak dengan konsentrasi sisa adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolit dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kurva hubungan antara waktu kontak terhadap konsentrasi AMT sisa adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1

Gambar 6 menunjukkan bahwa konsentrasi sisa adsorpsi pada *imprinted* zeolit TS-1 lebih kecil daripada zeolit. Hal tersebut dikarenakan oleh keberadaan cetakan/sisi ikatan pada *imprinted* zeolit, yang menambah kemampuan pengikatan *imprinted* zeolit terhadap analit AMT. Kurva hubungan antara waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1 ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kurva hubungan antara waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi zeolit dan *imprinted zeolite* TS-1

Gambar 7 menunjukkan bahwa lamanya waktu kontak mempengaruhi kapasitas adsorpsi [34]. Pada zeolit, dari waktu 1 sampai 5 menit menunjukkan peningkatan kapasitas adsorpsi. Semakin lama waktu kontak antara zeolit dengan AMT, maka jumlah AMT yang berikatan dengan situs aktif pada zeolit akan semakin banyak hingga mencapai kesetimbangan. Namun ada keadaan dimana zeolit telah jenuh dengan AMT, sehingga terjadi pelepasan (*release*) AMT yang sebelumnya telah terserap oleh zeolit dan kapasitas adsorpsi zeolit menurun [35]. Proses *release* tersebut pada penelitian ini dapat dilihat pada waktu 10 sampai 60 menit.

Disisi lain, kapasitas adsorpsi AMT menggunakan *imprinted zeolit* TS-1 juga meningkat dari waktu 1 sampai 5 menit dan lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit. Semakin lama waktu kontak antara *imprinted zeolit* dengan AMT, maka semakin banyak tumbukan yang terjadi sehingga AMT yang mencapai permukaan partikel zeolit semakin banyak. Namun pada waktu 10 sampai 60 menit terdapat penurunan pada kapasitas adsorpsi AMT. Hal ini terjadi akibat terlepasnya kembali dari *imprinted zeolit* yang disebabkan melemahnya ikatan antar AMT dengan *imprinted zeolit*. Jika ditinjau dari waktu respon elektroda (kurang dari 1 menit), maka pemberian waktu kontak 1 menit telah cukup bagi elektroda untuk merespon analit di dalam larutan.

Peneliti sebelumnya telah melaporkan bahwa kapasitas adsorpsi optimum zeolit alam dan zeolit teraktivasi H_3PO_4 5 M terhadap ion logam Cd(II) terjadi pada waktu kontak 60 menit, dengan kapasitas adsorpsi berturut-turut sebesar 1,25 mg/g untuk zeolit alam dan 2,39 mg/g untuk zeolit teraktivasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses aktivasi pada zeolit

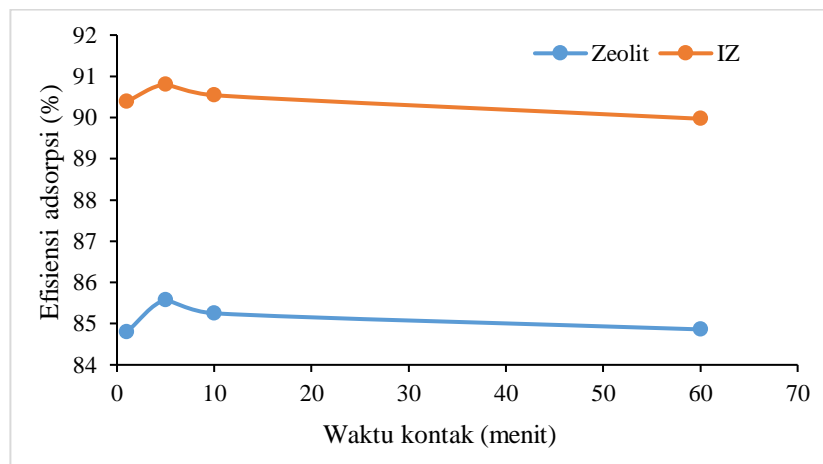
menyebabkan meningkatnya kemampuan adsorpsi dibandingkan dengan zeolit tanpa aktivasi [36]. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa perlakuan terhadap zeolit dapat menyebabkan peningkatan kapasitas adsorpsi zeolit, seperti halnya pada *imprinted* zeolit.

Perbandingan kemampuan adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1 terhadap amitriptilin dapat dilihat dari nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi pada Tabel 6. Kemampuan adsorpsi optimum zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1 terhadap amitriptilin terjadi pada waktu kontak menit ke 5.

Tabel 6 Perbandingan kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi zeolit dan IZ TS-1-1

No.	Waktu kontak (menit)	Kapasitas adsorpsi (qe) (mg/g)		Efisiensi adsorpsi (%)	
		Zeolit	IZ TS-1	Zeolit	IZ TS-1
1	1	20,58	24,17	84,80	90,39
2	5	21,22	24,28	85,57	90,80
3	10	21,19	24,21	85,25	90,54
4	60	20,64	24,06	84,86	89,97

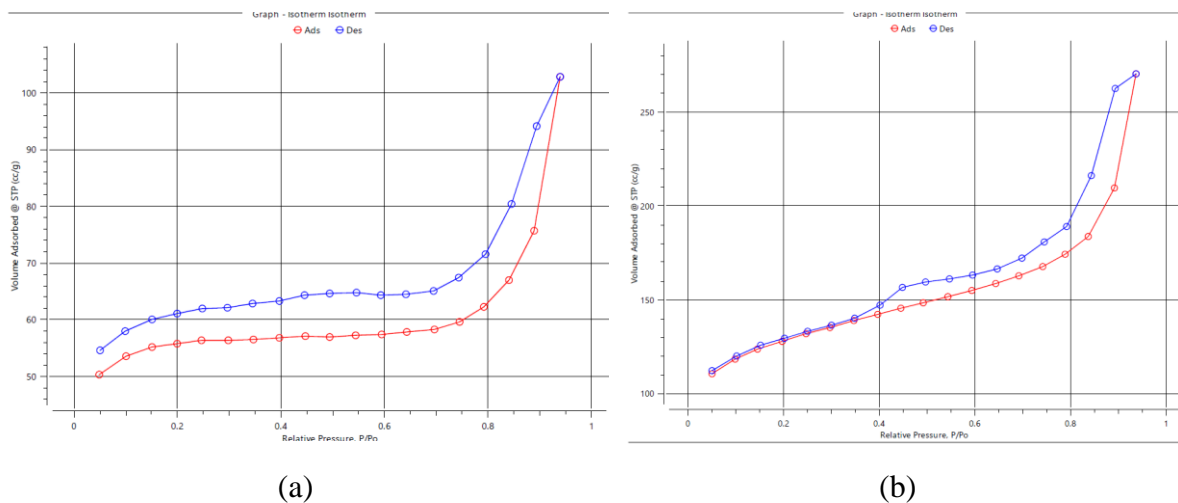
Berdasarkan Tabel 6 tampak bahwa zeolit memiliki kapasitas dan efisiensi adsorpsi lebih rendah dibanding *imprinted* zeolit TS-1. Hal ini disebabkan oleh keberadaan cetakan pada IZ yang membantu proses pengenalan analit oleh permukaan elektroda. Kurva hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi adsorpsi adsorpsi zeolite dan *imprinted* zeolit TS-1-1 ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Kurva hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi adsorpsi zeolit dan *imprinted* zeolite TS-1

Tabel 6 dan Gambar 8 menunjukkan bahwa *imprinted* zeolit TS-1 memiliki kapasitas dan efisiensi adsorpsi lebih besar dibandingkan dengan zeolit. Hal ini dikarenakan *imprinted* zeolit TS-1 telah tercetak oleh amitriptilin atau memiliki sisi pengenalan yang sesuai sehingga *imprinted* zeolit TS-1 memiliki kemampuan adsorpsi lebih baik dibandingkan zeolit

Profil isotherm adsorpsi zeolite TS-1 dan IZ TS-1 ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Isotherm graf zeolit TS-1 (a) dan IZ TS-1 (b)

Rata-rata ukuran pori zeolit TS-1 = 1,86 nm, radius 1,696 nm, dan luas permukaan 23,7389 m²/g; sedangkan IZ memiliki ukuran pori sebesar 2,02894 nm dan luas permukaan 105,674 m²/g. Keberadaan cetakan (AMT) pada pori zeolit menyebabkan luas permukaan menjadi sekitar 4 kali lebih besar dibandingkan zeolit tanpa cetakan. Hal ini menyebabkan kapasitas adsorpsi IZ lebih besar dibanding zeolit (Tabel 6).

7. Waktu Hidup Elektroda

Waktu hidup elektroda merupakan rentang waktu dimana elektroda dapat digunakan dengan baik untuk analisis larutan AMT. Parameter yang digunakan untuk menentukan waktu hidup elektroda yaitu, terjadinya penyimpangan nilai faktor Nernst yang dihasilkan untuk pengukuran sederet larutan standar serta jangkauan pengukurannya yang semakin sempit. Penyimpangan tersebut dapat terjadi karena elektroda yang digunakan untuk pengukuran berulang-ulang pada larutan yang pekat dan adanya ion-ion pengganggu pada sampel akan menyebabkan permukaan elektroda jenuh, sehingga mengalami pergeseran pembacaan potensial [37]. Tabel 7 menunjukkan bahwa E3 mempunyai jangka waktu pemakaian yang cukup panjang, yaitu lebih dari 4 bulan dengan jumlah pemakaian elektroda sebanyak lebih dari 100 kali.

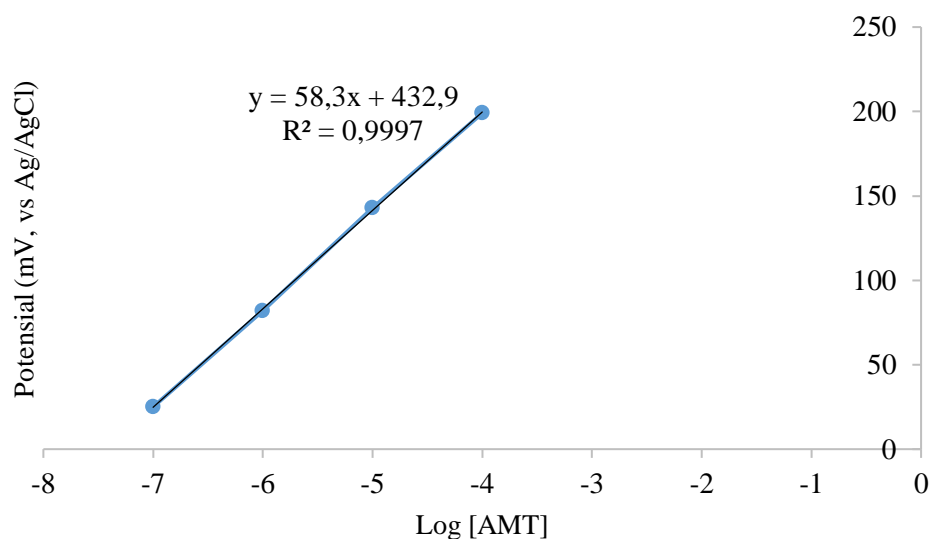
Tabel 8. Hasil pengukuran waktu hidup elektroda pasta karbon termodifikasi IZ

Pemakaian ke-	Jangkauan pengukuran (M)	Faktor Nernst (mV/dekade)
1 – 21	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴	58
22 – 42	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴	58
43 – 63	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴	58
64 – 84	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴	58,3
85 – 105	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴	58
106 – 129	10 ⁻⁷ – 10 ⁻⁴	58,1

8. Hasil Uji Validitas Metode Analisis dan Kinerja Elektroda

Nilai faktor Nernst dan jangkauan pengukuran elektroda

Nilai faktor Nernst diperoleh dari kemiringan (*slope*) kurva hubungan antara log konsentrasi analit dengan potensial elektroda. Pada penelitian ini, diperoleh nilai faktor Nersnt sebesar 58,3 mV/dekade. Adapun jangkauan pengukuran ditentukan dari rentang konsentrasi yang memberikan garis lurus pada suatu grafik hubungan log konsentrasi AMT dengan potensial elektroda. Analisis larutan AMT menggunakan E3 (pH 7) menghasilkan jangkauan pengukuran sebesar $10^{-7} - 10^{-4}$ M. Dimana semakin lebar jangkauan pengukuran suatu elektroda, maka semakin baik kinerja elektroda tersebut dan sebaliknya [38]. Analisis larutan AMT menggunakan elektroda termodifikasi *molybdovanadate* dan *molybdotungstate* secara potensiometri menghasilkan jangkauan pengukuran sebesar $10^{-4} - 10^{-2}$ M [39]. Hal ini menunjukkan bahwa elektroda pasta karbon termodifikasi IZ yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki jangkauan yang lebih luas dibandingkan dengan elektroda yang dikembangkan sebelumnya, dan pada rentang konsentrasi yang lebih rendah. Nilai faktor Nernst dan jangkauan pengukuran E3 ditunjukkan pada Gambar 10.

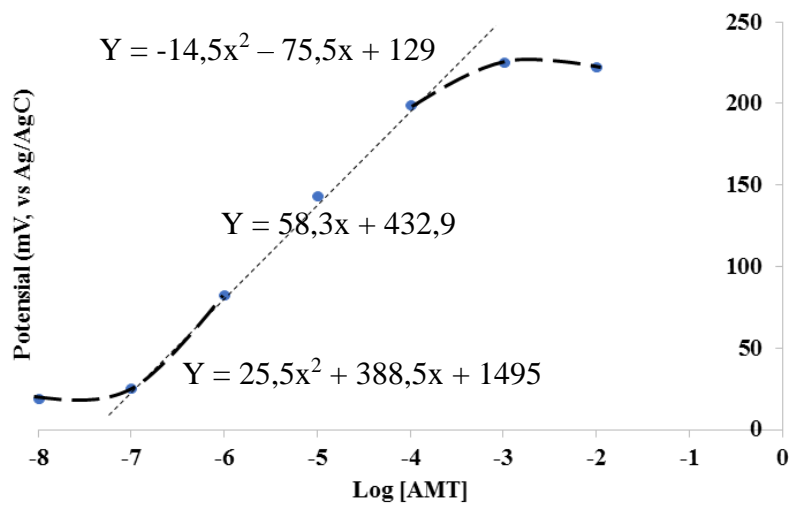


Gambar 10. Kurva standar AMT

Hasil penentuan limit deteksi

Limit deteksi diperoleh dari titik perpotongan antara garis linier dan *non* linier pada kurva hubungan log konsentrasi AMT dengan potensial elektroda, kemudian diekstrapolasikan ke sumbu x sehingga didapatkan konsentrasi limit deteksi suatu elektroda. Adapun perpotongan garis linier dan *non* linier ditunjukkan pada Gambar 11. Pada penelitian ini diperoleh limit deteksi atas sebesar $9,1 \times 10^{-5}$ M dan limit deteksi bawah sebesar $1,02 \times 10^{-7}$

M. Data ini menjelaskan bahwa elektroda dapat diaplikasikan untuk pengukuran kadar AMT pada tablet dengan dosis yang paling rendah, yaitu 5 mg ($1,5 \times 10^{-5}$ M).



Gambar 11. Titik perpotongan antara garis linier dan *non* linier dari kurva hubungan log konsentrasi dengan potensial elektroda

Penentuan presisi

Presisi merupakan kedekatan respon sinyal (potensial) yang dihasilkan oleh suatu elektroda pada pengukuran berulang untuk konsentrasi yang sama. Penentuan presisi dilakukan melalui nilai standar deviasi (SD) dan koefisien variasi (KV) dari konsentrasi $10^{-7} - 10^{-4}$ M. Pada penelitian ini didapatkan nilai KV sebesar 1,7–5,5 %. Nilai tersebut memenuhi batasan yang ditetapkan oleh *Association of Official Analytical Chemist* (AOAC) yaitu, 5,7 – 16% untuk konsentrasi $10^{-7} - 10^{-4}$ M [40], seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa E3 pada penelitian ini memiliki ketelitian yang sangat baik sebagai sensor terhadap AMT.

Tabel 9. Nilai SD dan KV yang dihasilkan oleh E3

Konsentrasi AMT (M)	Potensial (mV)			SD	KV (%)	
	Replikasi ke-				Hasil Penelitian	Batasan AOAC [40]
	1	2	3			
10^{-7}	26	27	29	1,52	5,5	16
10^{-6}	86	82	79	3,51	4,2	11,3
10^{-5}	140	148	142	4,16	2,9	8
10^{-4}	197	202	204	3,61	1,7	5,7

Penentuan selektivitas

Uji selektivitas elektroda dipelajari dengan menggunakan tiga larutan pengganggu yaitu laktosa, sukrosa, dan glukosa. Alasan pemilihan ketiga senyawa tersebut adalah larutan pengganggu tersebut berpotensi untuk dijadikan sebagai zat pembawa pada tablet AMT, ketiga senyawa tersebut juga memiliki gugus fungsi yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan IZ seperti halnya senyawa AMT. Pada penelitian ini digunakan E3 dan E1 untuk menguji selektivitas elektroda. Adapun E3 merupakan elektroda pasta karbon termodifikasi IZ, sedangkan E1 merupakan elektroda pasta karbon tanpa termodifikasi.

Data Tabel 10 menunjukkan bahwa nilai K_{ij} yang dihasilkan E3 pada semua konsentrasi larutan pengganggu adalah kurang dari 1, sedangkan pada E1 menghasilkan nilai $K_{ij} > 1$. Dengan demikian, E3 merupakan elektroda yang memiliki selektivitas yang bagus, sedangkan E1 merupakan elektroda yang mempunyai selektivitas yang kurang bagus terhadap AMT. Elektroda pasta karbon memungkinkan merespon semua analit dengan baik. Namun, faktor Nernst yang dihasilkan E1 terhadap AMT cukup baik (46,6 mV/dekade). Penambahan IZ dapat meningkatkan selektivitas suatu elektroda yang dibuktikan dengan nilai K_{ij} E3 lebih kecil dibandingkan dengan E1.

Tabel 10. Perbandingan nilai K_{ij} yang dihasilkan E1 dan E3 pada larutan laktosa, sukrosa, dan glukosa

Larutan	Konsentrasi (M)	K_{ij}	
		E3	E1
Laktosa	10^{-7}	$3,0 \times 10^{-4}$	6,0
	10^{-6}	$2,9 \times 10^{-5}$	2,1
	10^{-5}	$3,1 \times 10^{-6}$	0,7
	10^{-4}	$3,8 \times 10^{-7}$	0,2
Sukrosa	10^{-7}	$1,0 \times 10^{-2}$	3,7
	10^{-6}	$7,0 \times 10^{-4}$	2,6
	10^{-5}	$3,0 \times 10^{-4}$	1,3
	10^{-4}	$1,0 \times 10^{-4}$	0,3
Glukosa	10^{-7}	$8,1 \times 10^{-1}$	5,6
	10^{-6}	$3,0 \times 10^{-1}$	8,1
	10^{-5}	$2,0 \times 10^{-1}$	1,1
	10^{-4}	$5,5 \times 10^{-2}$	0,2

Dilakukan variasi pembuatan IZ TS-1 dengan variasi AMT/Si sebesar 0,01 (IZ TS-1-1) dan 0,03 (IZ TS-1-2). Zeolit dan *imprinted* zeolit TS-1-1 menunjukkan kemampuan adsorpsi optimum pada pH 4 dengan kapasitas dan efisiensi adsorpsi pada zeolit berturut-turut sebesar 18,09 mg/g dan 84,61%, sedangkan pada *imprinted* zeolit TS-1-1 memiliki kapasitas dan efisiensi adsorpsi sebesar 22,58 mg/g dan 89,56%. Setelah pH dinaikkan kapasitas dan efisiensi

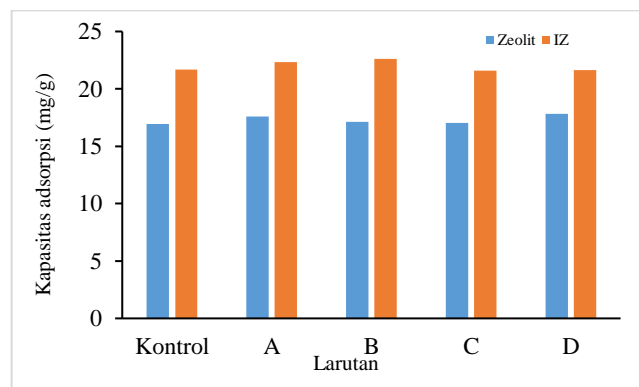
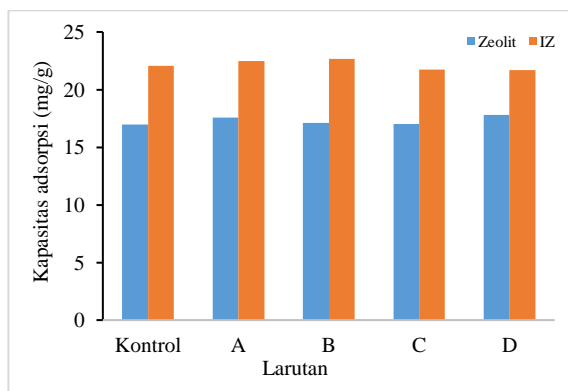
adsorpsi mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan gugus aktif pada zeolit dan *imprinted* zeolit akan mengalami deprotonasi dan cenderung bermuatan negatif serta diiringi dengan meningkatnya konsentrasi ion OH⁻ dalam larutan. Uji kapasitas adsorpsi kedua IZ terhadap AMT ditampilkan pada Tabel 11 dan Gambar 12.

Tabel 11. Kapasitas adsorpsi zeolit TS1, IZ TS1-1 dan IZ TS1-2

No	larutan	Kapasitas adsorpsi (qe) (mg/g)		
		Zeolit	IZ TS1-1	IZ TS1-2
1	Kontrol	16,96	22,08	21,69
2	A	17,59	22,50	22,31
3	B	17,11	22,68	22,63
4	C	17,03	21,74	21,58
5	D	17,80	21,70	21,64

Catatan:

Kontrol = AMT; A = AMT + glu; B = AMT + lak; C = AMT + man; D = AMT + glu, lak, man. TS 1-1 = AMT/Si 0,01; TS 1-2 = AMT/Si 0,03



(a)

(b)

Gambar 12. Profil kapasitas adsorpsi IZ variasi AMT/Si 0,01 (a) dan 0,03 (b) terhadap AMT tanpa dan dengan matriks

Berdasarkan Gambar 12 dapat disimpulkan bahwa kapasitas adsorpsi IZ lebih tinggi dibandingkan kapasitas adsorpsi zeolite, namun demikian variasi komposisi AMT/Si tidak mempengaruhi kapasitas adsorpsi IZ-TS1.

Penentuan akurasi

Akurasi merupakan kedekatan antara hasil perhitungan dengan hasil yang sebenarnya. Nilai akurasi metode potensiometri menggunakan elektroda pasta karbon termodifikasi IZ untuk analisis AMT menunjukkan bahwa E3 memenuhi keberterimaan rentang akurasi metode analisis yaitu 85,1 - 107,1% [40]. Nilai akurasi pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai akurasi yang dihasilkan oleh E3

Konsentrasi AMT (M)		Akurasi (%)	
Sebenarnya	Hasil Penelitian	Hasil Penelitian	Batasan AOAC ^[40]
10^{-7}	$1,1 \times 10^{-7}$	107,1	80 – 110
10^{-6}	$8,5 \times 10^{-7}$	85,1	80 – 110
10^{-5}	$9,5 \times 10^{-6}$	95,0	90 – 107
10^{-4}	$1,1 \times 10^{-4}$	104,6	95 – 105

Hasil Uji *Recovery*

Pada penelitian ini, dilakukan uji *recovery* metode potensiometri menggunakan E3 untuk analisis kadar AMT pada sampel tablet AMT dosis 25 mg ($7,9 \times 10^{-5}$ M). Dimana larutan yang terdiri dari AMT 10^{-5} M, sampel tablet AMT, dan sampel tablet AMT yang ditambah larutan standar AMT 10^{-5} M diukur masing-masing potensialnya.

Pada Tabel 13 menunjukkan bahwa dari hasil pengukuran 2 sampel tablet AMT (25 mg) didapatkan nilai *recovery* 102,5% dan 90,2%. Nilai tersebut masuk dalam rentang nilai yang ditetapkan oleh AOAC yaitu 90 – 107% [40]. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa E3 dapat diaplikasikan untuk menentukan kadar AMT pada sediaan farmasi.

Tabel 13. Data nilai *recovery* metode analisis

Larutan	Konsentrasi (M)	<i>Recovery</i> (%)
AMT 10^{-5} M	$1,23 \times 10^{-5}$	
Tablet 1	$1,65 \times 10^{-5}$	102,5
Tablet 1 + AMT 10^{-5} M	$2,88 \times 10^{-5}$	
Tablet 2	$1,58 \times 10^{-5}$	90,2
Tablet 2 + AMT 10^{-5} M	$2,69 \times 10^{-5}$	

9. Perbandingan Metode Potensiometri Menggunakan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi IZ dengan Metode lainnya untuk Analisis AMT

Pada bagian ini ditampilkan perbandingan kinerja metode potensiometri menggunakan elektroda pasta karbon termodifikasi IZ dengan metode yang pernah dikembangkan sebelumnya untuk analisis AMT, seperti HPLC dan spektrofotometri [41], serta voltametri [30]. Dari Tabel 14 menunjukkan bahwa setiap metode mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Seperti halnya pada metode HPLC yang didapatkan limit deteksi yang rendah dibandingkan dengan metode lain. Namun, metode HPLC mempunyai jangkauan pengukuran yang lebih sempit dibandingkan dengan metode yang dikembangkan pada penelitian ini, yaitu potensiometri. Sedangkan untuk nilai *recovery* pada metode potensiometri didapatkan nilai yang sangat bagus seperti metode HPLC, spektrofotometri, dan voltametri. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa metode potensiometri juga dapat diaplikasikan untuk

pengujian kadar AMT pada sediaan farmasi seperti metode yang sering digunakan saat ini, yaitu HPLC.

Tabel 14. Hasil perbandingan metode untuk analisis AMT

Metode	Parameter			Referensi
	Recovery	Jangkauan pengukuran (M)	Limit deteksi (M)	
HPLC	100,7 %	$8 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-5}$	$3,7 \times 10^{-8}$	[41]
HPLC		$0 - 1,5 \times 10^{-2}$ M	$4,4 \times 10^{-1}$	[42]
HPLC		$5,0 \times 10^{-4} - 1,5 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-5}$	[43]
Spektrofotometri	101,2 %	$3 \times 10^{-6} - 6 \times 10^{-5}$	1×10^{-6}	[41]
Spektrofotometri			$3,2 \times 10^{-3}$	[44]
Voltametri	100,7 %	$1 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$	4×10^{-7}	[30]
Potensiometri	96,3 %	$1 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-7}$	Penelitian ini

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

Sebagai luaran penelitian adalah artikel ilmiah yang dipublikasikan pada jurnal internasional bereputasi. Hingga laporan ini ditulis, status luaran masih dalam bentuk draft artikel yang ditulis dalam Bahasa Indonesia.

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

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

Kendala utama dalam pelaksanaan penelitian ini adalah tidak tersedianya instrumen analisis untuk karakterisasi material anorganik di Universitas Airlangga sehingga harus menggunakan peralatan milik perguruan tinggi lain. Penggunaan peralatan di institusi lain seringkali harus melalui proses antrian yang memerlukan waktu cukup lama. Upaya yang telah dilakukan terkait pencapaian luaran penelitian adalah memulai melaksanakan penelitian lebih awal.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan

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

Tahapan yang belum dilakukan adalah:

Penulisan artikel ilmiah untuk disubmit ke jurnal internasional bereputasi

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

1. Zhang, X.B., Wang, Z.D., Xing, H., Xiang, Y., dan Lu, Y., 2010, Catalytic dan molecular beacons for amplified detection of metal ions dan organic molecules with high sensitivity, *Analytical Chemistry*, 82, 5005–5011
2. Kong, L.J., Pan, M.F., Fang, G.Z., Qian, K., dan Wang, S., 2012, An electrochemical sensor for rapid determination of ractopamine based on a molecularly imprinted electrosynthesized o-aminothiophenol film, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 404(6/7), 1653–1660.
3. Chai, X., Zhou, X., Zhu, A., Zhang, L., Qin, Y., Shi, G., dan Tian, Y., 2013, A two-channel ratiometric electrochemical biosensor for in vivo monitoring of copper ions in a rat brain using specific biomolecular recognition dan gold truncated octahedral microcages, *Angewandte Chemie Internationala*, 52(125), 8287–8291
4. Lian, W.J., Liu, S., Yu, J.H., Li, J., Cui, M., dan Xu, W., Huang, J., 2013, Electrochemical sensor using neomycin-imprinted film as recognition element based on chitosan-silver nanoparticles/graphene-multiwalled carbon nanotubes composites modified electrode, *Biosensors and Bioelectronics*, 44: 70–76.
5. Madrakian, T., Soleimani, M., dan Afkhami, A., 2015, Electrochemical determination of fluvoxamine on mercury nanoparticle multi-walled carbon nanotube modified glassy carbon electrode, *Sensors Actuators B: Chemical*, 210, 259–266.
6. Song, H., Wang, Y., Zhang, L., Tian, L., Luo, J., Zhao, N., Han, Y., Zhao, F., Ying, X., dan Li, Y., 2017, An ultrasensitive dan selective electrochemical sensor for determinan of estrone 3-sulfate sodium salt based on molecularly imprinted polymer modified carbon paste electrode, *Analytical dan Bioanalytical Chemistry*, 409, 6509-6519.
7. Chillawar, R.R., Tadi, K.K., dan Motghare, R.V., 2015, Voltammetric techniques at chemically modified electrodes, *Journal of analytical chemistry*, 70, 399–418.
8. Ramanavicius, A., Ramanaviciene, A., dan Malinauskas, A., 2006, Electrochemical sensors based on conducting polymer—polypyrrole, *Electrochimica Acta*. 51(27), 6025–6037.
9. Ge, Y. dan Anthony, P.F., 2009, Molecularly imprinted sorbent assays: recent developments dan applications, *Chemistry: A European Journal*, 15: 8100–8107.
10. Yu, H.C., Huang, X.Y., Lei, F.H., Tan, X.C., Wei, Y.C., dan Li, H, 2014, Molecularly imprinted electrochemical sensor based on nickel nanoparticle modified electrodes for phenobarbital determination, *Electrochimica Acta*, 141, 45–50.
11. Khasanah, M., Harsini, M., dan Widati, A.A., 2013, Imprinting zeolite modified glassy carbon as a voltammetric sensor for uric acid, *Indonesian Journal of Chemistry*, 13 (2), 108-113.

12. Khasanah, M., Widati., A.A., dan Fitri, S.A., 2016, Imprinted Zeolite Modified Carbon Paste Electrode as a Potentiometric Sensor for Uric Acid, *American Institute of Physic Conference Proceedings*, Vol 1718, no.070003
13. Khasanah, M., Harsini, M., Widati, A.A., dan Ibrani, P.M., 2017, The influence of ascorbic acid, creatine, and creatinine on the uric acid analysis by potentiometry using a carbon paste modified imprinting zeolite electrode, *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 52, Iss. 6, 1039-1044
14. Athiroh, A., Fadillah, T., Damayanti, D. F., Widati, A. A., Abdulloh, A., dan Khasanah, M., 2019, Carbon Paste Electrode Modified Imprinted Zeolite as a Selective Sensor for Creatine Analysis by Potentiometry, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 217, 012003
15. Khasanah, M., Handajani, U.S., Widati, A.A., Abdulloh, dan Rindarti, R.R., 2018, Construction and Performance of Creatinine Selective Electrode Based on carbon Paste Imprinting Zeolite, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 10(4), 429-438.
16. Khasanah, M., Widati, A.A., Handajani, U.S., Shofiyyah, M.R., dan Rakhma, S.A., 2020, Imprinted Zeolite Modified Carbon Paste Electrode as A Selective Potentiometric Sensor for Blood Glucose, *American Institute of Physic Conference Proceedings*, Vol 2237 (1), 020011-1-8
17. Pyun, S. dan Lee, G., 2007, Synthesis and Characterization of Nanoporous Carbon and Its Electrochemical Application to Electrode Material for Supercapacitors, *Modern Aspect of Electrochemistry*, No 41
18. Yürüm, Y., Taralp, A., dan Veziroglu, T.N., 2009, Storage of Hydrogen in Nanostructured Carbon Materials-Review, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34: 3784-3798
19. Lestari, D.Y., 2010, Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara, *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010*, 978: 1-6
20. Eimer, G.A., Diaz, I., Sastre, E., Casuscelli, G.S., Crivello, M.E., Herrero, E.R., dan Pariente, J.P., 2008, Mesoporous Titanosilicates Synthesized from TS-1 Precursors with Enhanced Catalytic Activity in The α -Pinene Selective Oxidation, *Applied Catalysis A: General*, 343: 77-86
21. Wu, Y., Ren, X., dan Wang, J., 2008, Effect of Microwave-Assisted Aging on the Static Hydrothermal Synthesis of Zeolite MCM-2, *Microporous and Mesoporous Materials*, 116: 386-393
22. Qiu, F., Wang, X., Zhang, X., Liu, H., Liu, S., dan Yeung, K.L., 2009, Preparation and Properties of TS-1 Zeolite and Film using Sil-1 Nanoparticles as Seeds, *Chemical Engineering Journal*, 147, 316-322
23. Treacy, M. M. J., dan Higgins, J. B., 2001, *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites*, 5th Revised Edition, Structure Commission of the International Zeolite Association, Amsterdam.
24. Cundy, C. S. dan Cox, P. A., 2005, The Hydrothermal Synthesis of Zeolite: Precursors, Intermediates, and Reaction Mechanism, *Microporous and Mesoporous Materials*, 82: 1-78
25. Khanahmadzadeh, S. dan Tarigh, A., 2014, Ultrasound-assisted Combined with Nano-Sized Molecularly Imprinted Polymer for Selective Extraction and Pre-Concentration of Amitriptyline in Human Plasma with Gas Chromatography-Flame Detection, *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 972, 6-13
26. Dewi, T. K., Nurrahman, A., dan Permana, E., 2009, Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Ubi Kayu (*Mannihot esculenta*), *Jurnal Teknik Kimia*, 1: 24-30

27. Jamilatun, S., 2014, Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya dalam Penjernihan Asap Cair, *Jurnal Penelitian*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta
28. Meilita, T., 2002, Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya), *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
29. Iyabu, H., dan Duengo, S., 2013, Pengaruh Penambahan KH_2PO_4 Pada Pembuatan Elektroda Selektif Ion Fosfat sebagai Pengganti Metode Spektrofotometri Dalam Penentuan Fosfat, *Jurnal Entropi*, 8(1), 543–550
30. Beitollahi, H., Nejad, F. G., Tajik, S., Jahani, S., dan Biparva, P., 2017, Voltammetric Determination of Amitriptyline Based on Graphite Screen Printed Electrode Modified with a Copper Oxide Nanoparticles, *International Journal of Nano Dimension*, 8(3), 197-205
31. BNurafriyanti., Prihatini, N. S., dan Syauqiah, I., 2017, Pengaruh Variasi pH dan Berat Adsorben dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun The, *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 56-65.
32. Susanto, T., 2011, Kajian Kemampuan Adsorpsi Zeolit Alam Aktif Terimmobilisasi Dithizon Terhadap Limbah Ion Logam Cd(II) Terkompetisi Mg(II) dan Cu(II) Secara Simultan, *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 22(1), 41-47
33. Perdana, I. A., 2015, Desain dan Implementasi Elektroda Selektif Ion untuk Logam Timbal (II) (ESI-Pb(II)) Menggunakan Ionofor p-t-Butilkaliks(4)arena dan Butilkaliks(6)arena, *Tesis*, MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar
34. Debnath, S., and Ghosh, U. C., 2008, Kinetics, Isotherm and Thermodynamics for Cr(III) and Cr(VI) Adsorption from Aqueous Solutions by Crystalline Hydrated Titanium Oxide. *Journal of Chemical Thermodynamics*, 40(1), 67-77
35. Kalla, E. B. S., 2017, Isotermis, Termodinamika, dan Kinetika Adsorpsi Cr(VI) pada Zeolit Alam Ende Flores Teraktivasi dalam Sistem Batch, *Tesis*, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya
36. Pratomo, S.W., Maharmanti, F.W., Sulistyaningsih, T., 2017, Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi H_3PO_4 sebagai Adsorben Ion Logam Cd (II) dalam Larutan, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6 (2), 161-167.
37. Suyanta, 2013, *Potensiometri*, UNY Press, Yogyakarta
38. Skoog, D.A., Holler F.J dan Crouch, S.R., 2016, *Principles of Instrumental Analysis*, edisi ke-6, Chengage Learning Publisher, USA
39. Rahman, N. dan Khan, S., 2016, Amitriptyline-Molybdovanadate- Molybdotungstate Based Ion-Selective Membrane Electrodes for Detemination of Amitriptyline in Pharmaceutical Formulations and Water Samples, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 777: 92-100.
40. Taverniers, I., De Loose, M., dan Van Bockstaele, E., 2004, Trends in Quality in the Analytical Laboratory. II. Analytical Method Validation and Quality Assurance, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 23(8), 535–552
41. Patel, S. dan Patel, N. J., 2009, Spectrophotometric and Chromatographic Simultaneous Estimation of Amitriptyline Hydrochloride and Chlordiazepoxide in Tablet Dosage Forms, *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 71
42. Farag, R. S., Darwish, M. Z., Fathy, W. M., dan Hammad, H. A., 2013, New HPLC Method to Detect Amitriptyline in the Blood of Rats on Combination Treatment, *International Journal of Chemical and Analytical Science*, 4(2), 120–124
43. Ramadevi, B., Kumar, V.P., Karishma, S., Divya, P., Sivagami, B., dan Babu, M.N., 2018. Development and validation of new analytical method for the simultaneous estimation of amitriptyline and perphenazine in bulk and pharmaceutical dosage form

by RP-HPLC, *International Journal of Research In Pharmaceutical Sciences and Technology*, 1 (1): 12-21.

44. Aman, T., Kazi, A. A., Hussain, M. I., Firdous, S., dan Khan, I. U., 2000, Spectrophotometry Determination of Amitriptyline-HCl in Pure and Pharmaceutical Preparations, *Journal Analytical Letters*, 33(12), 2477–2390