



SALINAN

**KEPUTUSAN
REKTOR UNIVERSITAS AIRLANGGA
NOMOR 893/UN3/2018**

TENTANG

**PELAKSANAAN PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA
TAHUN ANGGARAN 2018**

REKTOR UNIVERSITAS AIRLANGGA,

- Menimbang : a. bahwa dalam rangka pelaksanaan penelitian sebagai salah satu wujud dari Tri Dharma Perguruan Tinggi, maka perlu menetapkan para peneliti dan judul penelitian dimaksud;
- b. bahwa sesuai hasil seleksi proposal penelitian yang didanai melalui Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Tahun 2018, maka perlu menetapkan para peneliti dan judul penelitian;
- c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud pada huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Keputusan Rektor tentang Pelaksanaan Penelitian Universitas Airlangga Tahun Anggaran 2018;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 78, Tambahan Lembaran Negara Nomor 4301);
2. Undang - Undang Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 158, Tambahan Lembaran Negara Tahun 2012 Nomor 5336);
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 1954 tentang Pendirian Universitas Airlangga di Surabaya sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 3 Tahun 1955 tentang Pengubahan Peraturan Pemerintah Nomor 57 Tahun 1954.(Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1954 Nomor 99 Tambahan Lembaran Negara Nomor 695 juncto Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1955 Nomor 4 Tambahan Lembaran Negara Nomor 748);

4.Peraturan ...

4. Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2009 tentang Dosen (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 76, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5007);
5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 16, Tambahan Lembaran Negara Nomor 5500);
6. Peraturan Pemerintah Nomor 30 Tahun 2014 tentang Statuta Universitas Airlangga (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 100, Tambahan Lembaran Negara Nomor 5535);
7. Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2015 tentang Bentuk dan Mekanisme Pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 110, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5699);
8. Keputusan Majelis Wali Amanat Universitas Airlangga Nomor 1032/UN3.MWA/K/2015 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Airlangga Periode 2015-2020;
9. Peraturan Rektor Universitas Airlangga Nomor 42 Tahun 2016 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Airlangga sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Rektor Nomor 39 Tahun 2017;
10. Peraturan Rektor Universitas Airlangga Nomor 38 Tahun 2017 Tentang Peraturan Pendidikan Universitas Airlangga sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Rektor Nomor 01 Tahun 2018;
11. Keputusan Rektor Universitas Airlangga Nomor 1280/UN3/2015 tentang Pembentukan Lembaga Penelitian dan Inovasi;
12. Keputusan Rektor Universitas Airlangga Nomor 1285/UN3/2015 tentang Pengangkatan Ketua pada Lembaga dan Kepala Perpustakaan di Lingkungan Universitas Airlangga;

Meperhatikan : Surat Ketua Lembaga Penelitian Dan Inovasi Universitas Airlangga Nomor 76/UN3.14/LT/2018, Tanggal 18 Januari 2018, perihal Permohonan Keputusan Rektor tentang Pelaksanaan Penelitian Universitas Airlangga Tahun Anggaran 2018.

MEMUTUSKAN :

MENETAPKAN : KEPUTUSAN REKTOR TENTANG PELAKSANAAN PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA TAHUN ANGGARAN 2018.

KESATU : ...

- KESATU : Menetapkan Hasil Seleksi Proposal Penelitian Universitas Airlangga Tahun Anggaran 2018.
- KEDUA : Penerima Penelitian Universitas Airlangga Tahun Anggaran 2018 sebanyak **262 (dua ratus enam puluh dua) judul**, dengan susunan nama Tim Peneliti sebagaimana tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari keputusan Rektor ini.
- KETIGA : Biaya untuk pelaksanaan kegiatan penelitian sebagaimana dimaksud pada diktum KEDUA adalah sebesar Rp. **27.442.000.000,00** (dua puluh tujuh milyar empat ratus empat puluh dua juta rupiah).
- KEEMPAT : Dalam melaksanakan tugasnya, penerima penelitian sebagaimana dimaksud pada diktum KEDUA, bekerja secara jujur dan transparan dengan berpedoman pada peraturan dan ketentuan-ketentuan yang berlaku, serta bertanggungjawab kepada Rektor melalui Ketua Lembaga Penelitian dan Inovasi Universitas Airlangga.
- KELIMA : Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada diktum KESATU adalah selama 11 (sebelas) bulan terhitung mulai tanggal **1 Februari s.d 15 Desember 2018**.
- KEENAM : Biaya pelaksanaan Keputusan ini dibebankan pada DIPA Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor SP DIPA-042.06.1.401516/2018, tanggal 5 Desember 2017.
- KETUJUH : Apabila di kemudian hari ditemukan data yang tidak sesuai dengan fakta maka status penelitian yang bersangkutan dinyatakan gugur.
- KEDELAPAN : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Salinan disampaikan Yth :

1. Pimpinan Unit Kerja di Lingkungan Unair
2. Yang bersangkutan

Ditetapkan di Surabaya
pada tanggal 22 Januari 2018

REKTOR,

TTD

Salinan sesuai dengan aslinya
Sekretaris Universitas,

MOHAMMAD NASIH
NIP.196508061992031002


KOKO SRIMALYO
NIP. 196602281990021001

LAMPIRAN KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS AIRLANGGA**NOMOR : 893/UN3/2018, TANGGAL 22 JANUARI 2018****TENTANG : PELAKSANAAN PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA TAHUN ANGGARAN 2018**

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
1	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Ahmad Yudianto, dr., Sp.F, S.H., M.Kes. 2. Dr. Agung Sosiawan, drg., M.Kes. 3. Nily Sulistyorini, dr., Sp.F	8888130017 0011127110 0015048208	FK	Sibling DNA Profiling pada Suku Jawa, Madura, Bali, Sunda sebagai Dasar bagi Identifikasi Personal dengan Menggunakan Saudara Kandung sebagai Referens Pemanding	Baru	110.000.000
2	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Arie Utariani, dr., SpAn., KAP. 2. Bambang Pujo Semedi, dr., SpAn., KIC 3. Agustina Salinding, dr., SpAn., KIC	8808130017 0008027306 8832800016	FK	KEPATUHAN DAN OUTCOME PENATALAKSANAAN PASIEN SEPSIS DAN SYOK SEPSIS BERDASARKAN SSC (SURVIVING SEPSIS CAMPAIGN) 2016 DI RUANG RESUSITASI DAN INTENSIF RSUD DR SOETOMO	Baru	100.000.000
3	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Arifa Mustika, dr., M.Si. 2. Nurmawati Fatimah, dr., M.Si. 3. Dr. Gadis Meinar Sari, dr., M.Kes.	0015097006 0017088008 0004056612	FK	MEKANISME KERJA NANOPARTIKEL EKSTRAK DAUN SINGAWALANG (PETIVERIA ALLIACEAE) PADA REGULASI GLUKOSA MELALUI Glut-2, IRS-1, INSULIN, TNF- α , IL-6, SIRT-1 DAN PGC1 α PADA MODEL TIKUS DIABETES MELLITUS	Lanjutan	100.000.000
4	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Cita Rosita Sigit Prakoeswa, dr., Sp.KK 2. Prof. Dr. Fedik Abdul Rantam, drh 3. Linda Astari, dr., Sp.KK	8865610016 0010035907 0006038108	FK	Efikasi Pengaruh Pemberian Topikal Produk Metabolit Amniotic Membrane Stem Cell (AMSC) terhadap Ulkus Plantar Kronis Morbus Hansen Berdasarkan Perawatan Standar Framycetin Gauze Dressing	Lanjutan	100.000.000
5	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Damayanti Tinduh, dr., Sp.KFR-K 2. Dr. Sri Mardjiati Meiwulan, dr., Sp.KFR-K 3. Patricia Maria K, dr., Sp.KFR-K 4. I Putu Alit Pawana, dr., SpKFR	8889900016 8871010016 0021116206 8894800016	FK	Perbedaan Aktivitas Myokine, Micro-RNA dan Stem Cell Endogen di PBMC Orang Dewasa dengan Pola Hidup Sedentary Dibandingkan Orang Dewasa dengan Pola Hidup Aktif	Baru	120.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
6	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Djoko Santoso, dr., SpPD-KGH., Ph.D., FINASIM 2. Prof. Dr. I Ketut Sudiana, drs., M.Si. 3. Anny Setijo Rahayu, dr., Sp.PA(K)	0726046101 0005075507 0020097009	FK	Pemodelan Pengembangan dan Penggunaan Potensi Ekstrak Tanaman Galing (<i>Cayratia trifolia</i>) Dalam Pencegahan Gangguan Fungsi Ginjal Akibat Pemberian Kemoterapi (Cisplatin) Pada Balb/c Mice	Baru	140.000.000
7	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Gondo Mastutik, drh., M.Kes. 2. Alphania Rahniayu, dr., SpPA 3. Nila Kurniasari, dr., SpPA	0027067304 0007028106 0023018107	FK	PERANCANGAN PRIMER UNIVERSAL MAGE A-12 UNTUK IDENTIFIKASI mRNA MAGE A1-12 DALAM UPAYA PENGEMBANGAN MARKER DETEKSI DINI KANKER PARU	Lanjutan	110.000.000
8	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Indri Safitri Mukono, dr., M.S 2. Dr. Agus Turchan, dr., SpBS 3. Hanik Badriyah, dr., SpS. 4. Prof. Dr. Suhartati, dr., M.S	0014065303 8822800016 0024097808 0017014701	FK	Eksplorasi Potensi Herba Solanum betaceum Sebagai Terapi Pada Model Hewan Coba Alzheimer	Baru	125.000.000
9	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Lilik Herawati, dr., M.Kes.	0014037509	FK	Analisis Mekanisme Pengaruh Prekondisi Diet Glukosa secara Kontinyu-Bertahap terhadap Akt dan Hsp27 Sel Beta Pankreas yang Dipapar Stressor Diet Tinggi Glukosa	Baru	57.500.000
10	Penelitian Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU)	Prof. Dr. Ni Made Mertaniasih, dr., MS., Sp.MK	0007035703	FK	GENOTYPING SEKUENS NUKLEOTIDA GEN 16S rRNA Mycobacterium tuberculosis dari PASIEN TB PARU dan PENGEMBANGAN METODE MULTIPLEX PCR untuk IDENTIFIKASI Mycobacterium tuberculosis dan MOTT	Lanjutan	60.000.000
11	Penelitian Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU)	Prof. Dr. Ni Made Mertaniasih, dr., MS., Sp.MK	0007035703	FK	GENOTYPING SEKUENS NUKLEOTIDA GEN ECCB5 Mycobacterium Tuberculosis dari PASIEN TB PARU dan STUDI PENGEMBANGAN METODE DIAGNOSIS DINI pada Latent Tuberculosis Infection (Ltbi) DENGAN TARGET GEN Eccb5 pada POPULASI BERISIKO atau NARAKONTAK	Lanjutan	60.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
12	Penelitian Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU)	Prof. Dr. Ni Made Mertaniasih, dr., MS., Sp.MK	0007035703	FK	GENOTYPING SEKUENS NUKLEOTIDA GEN esxA Mycobacterium tuberculosis DARI PASIEN TB PARU DAN PENGEMBANGAN METODE AMPLIFIKASI ASAM NUKLEAT UNTUK PENEKAKKAN DIAGNOSIS TB	Lanjutan	60.000.000
13	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Purwo Sri Rejeki, dr., M.Kes. 2. Lilik Herawati, dr, M.Kes. 3. Dr. Mohammad Anam Al Arif, drh., M.P.	0012067503 0014037509 0026096209	FK	Potensi Diet Ketogenik sebagai Anti Obesitas dan Supresor Pertumbuhan Sel Kanker	Baru	105.000.000
14	Penelitian Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU)	Prof. Soetjipto, dr., MS., Ph.D.	0017025004	FK	Analisis Subtipe Human Herpesvirus 6 dan Human Herpesvirus 8 berdasarkan Open Reading Frame K1 pada Pasien HIV/AIDS di Surabaya, Jawa Timur.	Lanjutan	60.000.000
15	Penelitian Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU)	Prof. Soetjipto, dr., MS., Ph.D.	0017025004	FK	HUBUNGAN VARIAN GEN NSP4 DENGAN MANIFESTASI KLINIK HOST PENDERITA INFEKSI ROTAVIRUS PADA PASIEN GASTROENTERITIS ANAK DI LAMPUNG	Lanjutan	60.000.000
16	Penelitian Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU)	Prof. Soetjipto, dr., MS., Ph.D.	0017025004	FK	Identifikasi Mutasi terkait Drug Resistance pada Gen Protease dan Reverse Transcriptase HIV-1 pada Pasien Treatment Naïve dan Treated dengan Berbagai Manifestasi Klinis di Kabupaten Buleleng, Bali	Lanjutan	60.000.000
17	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Tri Hartini Yuliatwati, dr., M.Ked.	0018077705	FK	Analisis Single Nucleotida Polymorphism Gen LEPR Q223R terhadap Petanda Obesitas pada Anak	Baru	57.500.000
18	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Dr. Wiwin Retnowati, S.Si., M.Kes. 2. Dr. Manik Retno Wahyunitisari, dr., M.Kes. 3. Dr. Juniastuti, dr., M.Kes.	0009046803 0021056602 0024067104	FK	TERAPI TUBERKULOSIS DENGAN INTERVENSI JALUR KEMATIAN MAKROFAG	Lanjutan	110.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
19	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Anis Irmawati, drg., M.Kes. 2. Dr. Intan Nirwana, drg., M.Kes. 3. Dr. Sindy Cornelia, drg., Sp.KGA(K) 4. Dr. Ari Tri Wanodyo Handayani, drg., M.Kes.	0027057401 0030045702 0023047402 0018087303	FKG	MEKANISME PENCEGAHAN KARSINOMA SEL EPITEL SKUAMOSOSA RONGGA MULUT MELALUI HAMBATAN PEMBENTUKAN SEL TRANSFORM AKIBAT LATIHAN FISIK INTENSITAS SEDANG INTERVAL	Lanjutan	140.000.000
20	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. David Buntoro Kamadjaja, drg., MDS., Sp.BM. 2. Roberto Manahan Yantje Simandjuntak, drg., MS., Sp.BM. 3. Dr. Ni Putu Mira Sumarta, drg., Sp.BM	0012026504 0014085303 0029037807	FKG	KAPASITAS PENYEMBUHAN OSTEOGENIK DEMINERALIZED FREEZE-DRIED BOVINE CORTICAL BONE MEMBRANE UNTUK DEFEK TULANG ALVEOLARIS	Baru	100.000.000
21	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Desiana Radithia, drg., Sp.PM. 2. Nurina Febriyanti Ayuningtyas, drg., M.Kes., Ph.D. 3. Hening Tuti Hendarti, drg., M.S., Sp.PM.	0007127701 0015028603 0023105302	FKG	Peran Protein HIV-1 TAT Sebagai Petanda Diagnostik dan Progresivitas Infeksi HIV/AIDS	Lanjutan	100.000.000
22	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Dian Agustin Wahjuningrum, drg., SpKGA(K). 2. Prof. Dr. Latief Mooduto, drg., MS., Sp.KG(K). 3. Ari Subiyanto, drg., M.Kes., Sp.KG(K).	0020087102 0007095203 0007015707	FKG	Optimasi Bone Scaffold Magnesium Terhadap Kemampuan Osteogenesis Sebagai Kandidat Alveolar Bone Replacement	Baru	110.000.000
23	Penelitian Strategis Nasional Institusi (PSNI)	1. Dr. Ernie Maduratna Setiawatie, drg., M.Kes., Sp.Perio.(K) 2. Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si.	0012026603 0008046902	FKG	PENGEMBANGAN BOVINE TOOTH GRAFT UNTUK REGENERASI JARINGAN SEBAGAI UPAYA KURATIF PENYAKIT GIGI DAN MULUT	Baru	120.000.000
24	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Ida Bagus Narmada, drg., M.Kes., Sp.Ort(K) 2. Prof. Dr. Diah Savitri Ernawati, drg., M.Si., Sp. PM. 3. Dr. Chiquita Prahasanti, drg., Sp. Perio(K)	0007015603 0029046007 0009095807	FKG	POTENSI HUMAN DENTAL PULP STEM CELLS(HDPSCs) UNTUK REGENERASI DEFEEK KELENJAR SALIVA TIKUS WISTAR (RATTUS NOVERGICUS) DENGAN DIABETES TIPE II	Baru	100.000.000
25	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Indah Listiana Kriswadini, drg., M.Kes. 2. Dr. Titiek Berniyanti, drg., M.Kes. 3. Prawati Nuraini, drg., M.Kes., SpKGA(K)	0030106303 0020105802 0009076307	FKG	VERIFIKASI PROTEIN SPESIFIK BIOFILM MIKROBA PADA PEMBUATAN KIT DETEKSI KEPARAHAN PENYAKIT INFEKSI	Baru	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
26	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Ira Arundina, drg., M.Si. 2. Ketut Suardita, drg., SpKG., Ph.D. 3. Dr. Indeswati Diyatri, drg., M.S.	0028107102 0026116803 0015036204	FKG	KULIT MANGGIS (Gracinia mangostanaL) SEBAGAI GROWTH FACTOR STEM SEL UNTUK TERAPI PERIODONTITIS	Lanjutan	100.000.000
27	Penelitian Kerjasama Luar Negeri (PKLN)	1. Irma Josefina Savitri, drg., Sp.Perio., Ph.D. 2. Udiyanto Tedjosasongko, drg., Ph.D., SpKGA(K) 3. Dr. Chiquita Prahasanti, drg., SpPerio(K)	0016117903 0001066809 0009095807	FKG	Seeking for The New Natural Compound for Preventive Medicine of Periodontal Disease by Regulating The Inflammatory Response in Gingival Epithelium	Lanjutan	275.000.000
28	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Iwan Hernawan, drg., M.S., Sp.PM. 2. Priyo Hadi, drg., M.S., Sp.PM. 3. Bagus Soebadi, drg., MHPEd., Sp.PM.	0011065306 0011025404 0014105303	FKG	VALIDITAS DETEKSI MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS PADA MUKOSA RONGGA MULUT PASIEN TUBERKULOSIS PARU	Baru	75.000.000
29	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Jenny Sunariani, drg., MS. 2. Dr. Christian Koswanto, drg., M.Kes. 3. Yuliati, drg., M.Kes.	0002075304 0015017501 0024077404	FKG	Kemampuan Memori Spasial, Kadar Kortikosteron dan Ekspresi T1R3 dan T1R1 pada Rasa Pengecap Manis dan Umami akibat Pemberian Makanan Dengan Tingkat Kekerasan Makanan yang Berbeda.	Baru	98.500.000
30	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Kun Ismiyatin, drg., M.Kes., SpKG(K) 2. Prof. Dr. Adioro Soetojo, drg., M.S., SpKG(K) 3. Dr. Retno Pudji Rahayu, drg., M.S.	0002046001 0010085102 0014115906	FKG	Mekanisme Immunomodulasi, Antioksidan dan Hambatan Konduksi Nyeri Aplikasi Topikal Epigallocatechin-3-Gallate pada Kavitas Gigi Tikus Model Pulpitis	Baru	100.000.000
31	Penelitian Kerjasama Luar Negeri (PKLN)	1. Prof. Dr. Latief Mooduto, drg., MS., SpKG(K) 2. Dr. Dian Agustin Wahjuningrum, drg., SpKG(K) 3. Ari Subijanto, drg., M.Kes. SpKG(K)	0007095203 0020087102 0007015707	FKG	Optimalization The Potency Of Anti-Osteoporosis of Apis Dorsata Honey For The New Natural Compound Preparation To Prevent Osteoporosis	Baru	150.000.000
32	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Maretaningtias Dwi Ariani, drg., M.Kes., Ph.D. 2. Andra Rizqiawan, drg., Ph.D., Sp.BMM 3. Dr. Sherman Salim, drg., MS., SpPros(K) 4. Yenny Yustisia, drg., M.Biotech	0017038004 0023098101 0026055203 0025037902	FKG	EKSPRESI BMP-2 DAN bFGF DARI APLIKASI EKSTRAK KULIT BUAH MANGGIS DAN KARBONAT APATIT: STRATEGI POTENSIAL UNTUK REGENERASI TULANG ALVEOLAR	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
33	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Muhammad Luthfi, drg., M.Kes. 2. Priyawan Rachmadi, drg., Ph.D. 3. Aqsa Sjuhada Oki, drg., M.Kes.	0006036704 0018046009 0003106903	FKG	PERAN DAN FUNGSI IMMUNE SYSTEM (INNATE DAN ADAPTIVE IMMUNITY) MELALUI PROLIFERASI SEL LIMFOSIT DAN EKSPRESI IL-10, IFN- γ , CD3, CD16, CD56, CD19, CD4, CD8 PADA SEVERE EARLY CHILDHOOD CARIES	Lanjutan	100.000.000
34	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Ni Putu Mira Sumarta, drg., Sp.BM(K) 2. Andra Rizqiawan, drg., Ph.D., Sp.BM 3. Dr. Purwo Sri Rejeki, dr., M.Kes.	0029037807 0023098101 0012067503	FKG	Biomekanik Fungsional Regenerasi Defek Kartilago Kondilus Mandibula dengan human Umbilical Cord Mesenchymal Stem Cell dan Platelet Rich Fibrin Scaffold	Baru	100.000.000
35	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Nike Hendrijantini drg., M.Kes., Sp.Pros (K) 2. Prof. Dr. Tuti Kusumaningsih, drg., M.Kes. 3. Rostiny, drg., M.Kes., Sp.Pros (K) 4. Pungky Mulawardhana, dr., SpOG	0006105908 0023105202 0020095402 0003068107	FKG	Human Umbilical Cord Mesenchymal Stem Cells (hUCMSCs) potential therapy for bone regeneration on osteoporotic mandibular bone with indicator increase expression TGF- β 1, RUNX-2 and osteoblas	Lanjutan	100.000.000
36	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Pratiwi Soesilawati, drg., M.Kes. 2. Prof. Dr. Harianto Notopuro, dr., M.S. 3. Yuliati, drg., M.Kes.	0022116903 0013124901 0024077404	FKG	UJI STABILITAS PROTOTYPE KIT DIAGNOSTIK HLA-DRB1 UNTUK DETEKSI PRESYMPTOMATIK KARIES GIGI PADA ANAK	Lanjutan	100.000.000
37	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prawati Nuraini, drg., M.Kes., SpKGA(K) 2. Dr. Indah Listiana Kriswandini, drg., M.Kes. 3. Dr. Soegeng Wahlujo, drg., M.Kes., SpKGA (K)	0009076307 0030106303 0010115405	FKG	ADHERENSI BIOFILM STREPTOCOCCUS MUTANS SETELAH DIPAPAR SUKROSA, LAKTOSA DAN XYLITOL	Baru	100.000.000
38	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. R. Darmawan Setijanto, drg., M.Kes. 2. Dr. Nyoman Anita Damayanti, drg., M.Kes. 3. Dr. Taufan Bramantoro, drg., M.Kes.	0005106109 0028026203 0022068403	FKG	DESAIN KEBIJAKAN POLA ASUH PEMELIHARAAN GIGI DAN MULUT IBU BALITA PRASEKOLAH UNTUK MENINGKATKAN KESEHATAN IBU DAN ANAK BERDASARKAN MODUL PERILAKU TERENCANA (PLANNED BEHAVIOUR)	Baru	90.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
39	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Retno Indrawati Roestamadji, drg., M.Si. 2. Prof. Seno Pradopo, SU., Ph.D., Sp.KGA(K) 3. Tiantiana, drg., M.Kes.	0012115903 0016075204 0006066007	FKG	Ekspres Peptide Antimikroba Human Beta Defensin -1,2,3 (HBD-1,2,3) Saliva sebagai Deteksi Dini Karies	Lanjutan	110.000.000
40	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Rini Devijanti Ridwan, drg., M.Kes. 2. Dr. Indeswati Diyatri, drg., M.S. 3. Dr. R. Darmawan Setijanto drg., M.Kes. 4. Wisnu Setyari Juliastuti, drg., M.Kes.	0016126404 0015036204 0005106109 0010075702	FKG	KEMAMPUAN ELECTROLYZED REDUCED WATER PADA PROSES INFLAMASI JARINGAN PERIODONTAL DENGAN PERIODONTITIS	Baru	87.500.000
41	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Rr. Asti Meizarini, drg., M.S. 2. Prof. Dr. Aryati, dr., MS., Sp.PK(K) 3. Devi Rianti, drg., M.Kes.	0005055910 0015086304 0007099308	FKG	PERAN DRESSING SENG OKSIDA - EKSTRAK RIMPANG KUNYIT SEBAGAI ANTI INFLAMASI DALAM MEKANISME PENYEMBUHAN LUKA TIKUS	Lanjutan	110.000.000
42	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Sri Wigati Mardi Mulyani, drg., M.Kes. 2. Dr. Eha Renwi Astuti, drg., M.Kes., SpRKG 3. Otty Ratna Wahyuni, drg., M.Kes.	0001016613 0013056102 0023105905	FKG	TERAPI XEROSTOMIA AKIBAT RADIASI DENGAN MENGGUNAKAN BONE MARROW MESENCHYMAL STEM CELLS (BMSCs)	Lanjutan	100.000.000
43	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Tamara Yuanita, drg., MS., Sp.KG (K) 2. Prof. Dr. Sri Kunarti, drg., MS., Sp.KG (K) 3. Nirawati Pribadi, drg., M.Kes., Sp.KG (K)	0025066005 0028035204 0015096305	FKG	PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT BUAH COKLAT (Theobroma cacao) SEBAGAI BAHAN IRIGASI INTRAKANAL YANG BIOKOMPATIBEL DAN POTENSIAL PADA PERAWATAN SALURA AKAR	Lanjutan	100.000.000
44	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Thalca Hamid, drg., MHPEd., Sp.Ort(K),. Ph.D. 2. Prof. Seno Pradopo, drg., S.U., Ph.D., Sp.KGA (K) 3. Udijanto Tedjosasongko, drg., Sp.KGA(K), Ph.D. 4. Satiti Kuntari, drg., M.S., Sp.KGA(K).	0014015302 0016075204 0001066809 0018075504	FKG	MODEL PEMBERDAYAAN IBU HAMIL UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN GIGI DAN RONGGA MULUT ANAK BALITA PADA KOMUNITAS MISKIN DI PROVINSI JAWA TIMUR	Baru	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
45	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Utari Kresnoadi, drg., MS., Sp.Pros(K) 2. Dr. A. Retno Pudji Rahayu, drg., M.Kes. 3. Maretaningtias Dwi Ariani, drg., M.Kes., Ph.D. 4. R. Soesanto, drg., M.Kes, Sp.BMM(K).	0011015403 0014115906 0017038004 0029045502	FKG	Potensi Kombinasi Propolis dan Graft terhadap Regenerasi Tulang pada Soket Pencabutan Gigi Tulang Alveol	Baru	92.250.000
46	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Abdul Shomad, S.H., M.H. 2. Prof. Dr. Tatiek Sri Djatmiati, S.H. M.S. 3. Dr. Bambang Suheryadi, S.H., M.Hum.	0020056704 0006035004 0028096801	FH	Rancangan Model Pemberdayaan Aparatur Desa Melalui Peningkatan Profesionalitas Dalam Pengelolaan Dana Desa	Baru	100.000.000
47	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Agus Widyantoro, S.H., M.H. 2. Dr. Sri Winarsi, S.H., M.H. 3. Indrawati, S.H., LL.M.	0011086205 0003066803 0020057706	FH	ASPEK HUKUM TRANSFORMASI PERUSAHAAN DAERAH MENJADI PERUSAHAAN UMUM DAERAH ATAU PERSEROAN DAERAH DALAM RANGKA PENGEMBANGAN INVESTASI DAERAH	Baru	100.000.000
48	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Aktieva Tri Tjitrawati, S.H., M.Hum. 2. Dr. Muhammad Tavip, S.H., M.Hum. 3. Dr. Tri Siwi Agustina., S.E., M.Si 4. Drs. Septi Ariadi, M.A.	0007016210 0025026504 0027087204 0023096303	FH	Skema Perlindungan Jaminan Sosial Kesehatan Integratif bagi Tenaga Kerja Indonesia di Luar Negeri	Baru	100.000.000
49	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Bambang Sugeng Ariadi Subagyo, S.H., M.H. 2. Prof. Dr. Agus Yudha Hernoko, S.H., M.H. 3. Dr. Zahry Vandawati Chumaida, S.H., M.H.	0029126801 0019046503 0003047302	FH	Implementasi Berlakunya Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 1 tahun 2017 Tentang Akses Informasi Keuangan untuk Kepentingan Perpajakan Sebagai Komitmen Indonesia dalam Pertukaran Informasi Keuangan Secara Otomatis (Automatic Exchange of Information/AEOI)	Baru	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
50	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Ellyne Dwi Poespasari, S.H., M.H. 2. Dr. Urip Santoso S.H., M.H. 3. Christiani Widowati, S.H. LL.M	0004037101 0006026404 0025048203	FH	PERKEMBANGAN DAN DINAMIKA PENYELESAIAN SENGKETA PEMBAGIAN HARTA WARIS PADA MASYARAKAT ADAT MINANGKABAU (SUMATERA BARAT)	Lanjutan	100.000.000
51	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Fifi Junita, S.H., M.H., LL.M., Ph.D. 2. Dr. Intan Innayatun Soeparna, S.H., M.Hum. 3. Yuniarti, S.H., M.H., LL.M.	0026067002 0005067513 0012058502	FH	INTERNASIONALISASI USAHA KECIL, MIKRO DAN MENENGAH (UMKN) MELALUI POLA SUBKONTRAK DALAM KERANGKA MASYARAKAT EKONOMI ASEAN (ASEAN ECONOMIC COMMUNITY)	Lanjutan	100.000.000
52	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Koesrianti, S.H., LL.M., Ph.D. 2. Dhiana Puspitawati, S.H., LL.M., Ph.D. 3. Dr. Dra.Ec. Tri Andjarwati, M.M.	0008096201 0003067409 0011045903	FH	Reformasi Struktur Hukum UMKMK yang berkeadilan bagi Peningkatan Daya Saing dalam Era Liberalisasi Perdagangan MEA	Lanjutan	100.000.000
53	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Lanny Ramli, S.H., M.Hum. 2. Prof. Thalca Hamid, drg., MHPEd., Sp.Ort(K),. Ph.D. 3. Nove Eka Variant Anna, S.Sos., MIMS	0021086603 0014015302 0008117802	FH	Peran Tokoh Masyarakat dan Mekanisme Reproduksi Sosial Praktek Sunat Anak Perempuan di Provinsi Jawa Timur	Lanjutan	105.000.000
54	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Lina Hastuti, S.H., M.H. 2. Dr. Enny Narwaty., S.H., M.H. 3. Dr. Dina Sunyowati., S.H., M.Hum.	0011026602 0011126404 0005106108	FH	URGENSI RATIFIKASI MARITIME LABOUR CONVENTION 2006 HARAPAN DAN TANTANGANNYA DALAM MEWUJUDKAN INDONESIA SEBAGAI POROS MARITIM DUNIA	Baru	100.000.000
55	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Dr. Mas Rahmah, S.H., M.H., LL.M. 2. Iman Prihandono, S.H., M.H., LL.M, Ph.D	0012097104 0004027605	FH	STRATEGI MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN DAN DIVERSIFIKASI PANGAN MELALUI PROTEKSI INDIKASI GEOGRAFIS UNTUK PRODUK UNGGULAN PERTANIAN DALAM MENUNJANG KETAHANAN PANGAN NASIONAL	Lanjutan	175.000.000
56	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Muchammad Zaidun, S.H., M.Si. 2. Dr. Mas Rahmah, S.H., M.H., LL.M. 3. Dr. Radian Salman, S.H., LL.M.	0029055203 0012097104 0019107706	FH	PENINGKATAN INVESTASI BIDANG INFRASTRUKTUR KEMARITIMAN MELALUI POLA KEMITRAAN PEMERINTAH DAN SWASTA (PUBLIC PRIVATE PARTNERSHIP)	Baru	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
					OLEH PEMERINTAH DAERAH DALAM MENDUKUNG KEMANDIRIAN DAN KETAHANAN MARITIM		
57	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Muhammad Hadi Shubhan, S.H., M.H., CN. 2. Prof. Dr. Lucianus Budi Kagramanto, S.H., M.H., M.M. 3. Dr. Urip Santoso, S.H., M.H.	0006047305 0006016004 0006026404	FH	Rancangan Model Optimalisasi Puskesmas Sebagai Fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama (FKTP) Untuk Meningkatkan Pelayanan Kesehatan Peserta BPJS	Lanjutan	180.000.000
58	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Radian Salman, S.H., LL.M. 2. Faizal Kurniawan, S.H., M.H., LL.M. 3. Zendy Wulan Ayu Widhi Prameswari, S.H., LL.M.	0019107706 0017028403 0024038305	FH	MODEL REGULASI DAERAH YANG RAMAH BAGI PENGEMBANGAN DAN REVITALISASI USAHA MIKRO, KECIL DAN MENENGAH	Baru	100.000.000
59	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Rr. Herini Siti Aisyah, S.H., M.H. 2. Prof. Dr. Nur Basuki Minarno, SH., M.Hum 3. Dr. Muhammad Hadi Shubhan, S.H., M.H., CN.	0025126902 0013106306 0006047305	FH	Rancangan Model Peningkatan Pelayanan Prima di Bidang Kesehatan di Era Otonomi Daerah	Baru	100.000.000
60	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Sri Winarsi, S.H., M.H. 2. Dr. Agus Sekarmadji, S.H., M.Hum. 3. Agus Widyantoro, S.H., M.H.	0003066803 0010086803 0011086205	FH	MODEL PENGELOLAAN DANA DESA BERDASARKAN PERSPEKTIF KEUANGAN NEGARA DALAM RANGKA PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DESA	Lanjutan	100.000.000
61	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Tatiek Sri Djatmiati, S.H., M.S. 2. Prof. Dr. Abd. Shomad, S.H., M.H. 3. Dr. Bambang Suheryadi, S.H., M.Hum.	0006035004 0020056704 0028096801	FH	Rancangan Model Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pengawasan Kebijakan Dana Desa	Baru	100.000.000
62	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Toetik Rahayuningsih, S.H., M.Hum. 2. Dr. Lanny Ramli, S.H., M.Hum. 3. Dr. Astutik, S.H., M.H.	0010046504 0021086603 0003036802	FH	MODEL PENEGAKAN HUKUM PIDANA DALAM KASUS PERTAMBAHAN DALAM RANGKA PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
63	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Trisadini Prasastinah Usanti, S.H., M.H. 2. Dr. Agung Sujatmiko, S.H., M.H. 3. Fiska Silvia Raden Roro, S.H., M.H., LL.M.	0026026701 0028026302 0029057706	FH	Analisis Risiko Hukum Atas Jaminan Sertifikat Hak Merek Dalam Transaksi Perbankan	Lanjutan	100.000.000
64	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Widhayani Dian Pawestri, S.H., M.H.	0006128703	FH	Rational Choice Theory Dalam Skema Divestasi Saham Pertambangan Mineral dan Batu Bara Berdasarkan Prinsip Perlindungan Kepentingan Nasional	Baru	41.000.000
65	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Yohanes Sogar Simamora, S.H., M.Hum. 2. Faizal Kurniawan, S.H., M.H., LL.M. 3. Erni Agustin, S.H., LL.M.	0027016105 0017028403 0010088302	FH	FORMULASI MODEL KONTRAK PUBLIC PRIVATE PARTNERSHIP ANTARA PEMERINTAH DENGAN BADAN USAHA ASING BERDASARKAN PRINSIP HUKUM PERDATA INTERNASIONAL UNTUK MENJAMIN PERCEPATAN PENYEDIAAN INFRASTRUKTUR INDONESIA	Baru	100.000.000
66	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Achmad Solihin, S.E., M.Si. 2. Dr. Ni Made Sukartini, S.E., M.Si., MDEC. 3. Achmad Sjafii, S.E., M.E.	0006076704 0030077303 0006066703	FEB	Demokrasi dan Partisipasi Masyarakat pada Pemilihan Umum Langsung di Indonesia	Baru	100.000.000
67	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Achsania Hendratmi, S.E., M.Si. 2. Dr. Muhammad Nafik Hadi Ryandono, S.E., M.Si. 3. Puji Sucia Sukmaningrum, S.E., CFP.	0730127503 0019117106 0021128401	FEB	Model Islamic Crowdfunding Berbasis Website Untuk Startup Business	Baru	90.000.000
68	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Ahmad Rizki Sridadi, S.H., M.M., M.H. 2. Iman Prihandono, S.H., Ph.D. 3. Bagus Oktafian Abrianto, S.H., M.H.	0029107601 0004027605 0003108802	FEB	ANALISIS KEBIJAKAN PASAR TENAGA KERJA ASING DALAM PERSPEKTIF PERDAGANGAN BEBAS ASEAN + 3	Baru	100.000.000
69	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Anis Eliyana, S.E., M.Si. 2. Prof. Dr. Mustain, M.Si. 3. Dr. Ahmad Rizki Sridadi, S.H., M.M., M.H.	0004026505 0020016006 0029107601	FEB	Program Pengembangan Sumber Daya Manusia Sadar Kelayakan Finansial (Feasible) dan Kelayakan Perbankan (Bankable) Pada Pelaku UMKM Makanan Provinsi Jawa	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
					Timur Melalui Penerapan "All Ways - Smart Application"		
70	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Drs. Ari Prasetyo, M.Si. 2. Dian Purnama Anugerah, S.H., M.Kn. 3. Ria Setyawati, S.H., M.H., LL.M. 4. Sinar Aju Wulandari, S.H., M.H.	0016017105 0015098103 0020088006 0017127103	FEB	Mitigasi Risiko melalui Asuransi Usaha Ternak Sapi di Indonesia Guna Menuju Swasembada Pangan	Baru	95.000.000
71	Penelitian Strategis Nasional Institusi (PSNI)	1. Prof. Badri Munir Sukoco, S.E., MBA., Ph.D. 2. Prof. Dr. Mohamad Nasih, S.E., M.T., Ak., CMA., CA. 3. Prof. Dr. Bambang Tjahjadi, S.E., MBA. 4. Dian Ekowati, S.E., M.Si., M.App.Com., Ph.D.	0021035212 0006086503 0004025702 0008067401	FEB	TRANSFORMASI STRATEGIS PTN BH MENUJU KELAS DUNIA: PERSPEKTIF STAKEHOLDER THEORY	Baru	130.000.000
72	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Badri Munir Sukoco, S.E., MBA., Ph.D. 2. Dr. Rahmat Setiawan, S.E., M.M. 3. Nurullaily Kartika, S.E., MBA.	0021035212 0026017901 0013128602	FEB	ANALISIS PESAING DAN RIVALITAS ANTAR STASIUN TELEVISI SWASTA DI INDONESIA: PERSPEKTIF COMPETITIVE DYNAMICS	Lanjutan	100.000.000
73	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dra.Ec. Dyah Wulan Sari, M.Ec.Dev., Ph.D. 2. Drs. Tri Haryanto, M.P., Ph.D. 3. Shochrul Rohmatul Ajija, S.E., M.Ec.	0007126806 0013116801 0025058603	FEB	Potensi Spillover Horizontal dan Vertikal dari Perusahaan Asing Terhadap Industri Pengolahan Domestik di Indonesia	Baru	105.000.000
74	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Fatin Fadhilah Hasib, S.EI., M.Si.	0003128204	FEB	Pengembangkan Strategi Baitul Maal Wat Tamwil (BMT).	Baru	41.000.000
75	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Fitri Ismiyanti, S.E., M.Si. 2. Dr. Drs.Ec. Andry Irwanto, MBA, Ak. 3. Anak Agung Gde Satia Utama, S.E., M.Ak.	0023097607 9990081920 0015108203	FEB	PENGARUH EMPLOYEE STOCK OWNERSHIP PLAN (ESOP) TERHADAP KINERJA PERUSAHAAN DENGAN PRODUKTIVITAS SEBAGAI VARIABEL MODERASI	Lanjutan	95.000.000
76	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	1. Dr. Gancar Candra Premananto, S.E., M.Si. 2. Dr. Sri Hartini, S.E., M.Si. 3. Jovi Sulistiawan, S.E., MSM.	0022077403 0025106502 0002128701	FEB	Marketing Ethics: Implementasi dan Konsekuensi Bisnis Pada Industri Kreatif di Indonesia	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
	(PTUPT)						
77	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Iman Harymawan, S.E., MBA., Ph.D. 2. Prof. Dr. Mohamad Nasih, S.E., M.T., Ak., CMA., CA. 3. Rumayya, S.E., M.Reg.Dev., Ph.D.	0020048403 0006086503 0009018302	FEB	Stock Price Crash Risk and Political Connections	Baru	100.000.000
78	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Indrianawati Usman, S.E., M.Sc. 2. Dr. Windijarto, S.E., MBA. 3. Sony Kusumasondjaja, S.E., M.Com., Ph.D.	0019086106 0014046304 0001057604	FEB	ACADEMIC EXCELLENCE AND TOTAL QUALITY SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN HIGH EDUCATION	Lanjutan	100.000.000
79	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dra. Mienati Somya Lasmana, M.Si., Ak. 2. Dr. Wiwiek Dianawati., M.Si., Ak. 3. Prof. Dr. Dian Agustia, S.E., M.Si., Ak., CMA., CA.	0017026202 0014126104 0020086105	FEB	PENGARUH PRAKTIK CREATIVE ACCOUNTING TERHADAP PELAKSANAAN TAX AVOIDANCE DI INDONESIA (PERSPEKTIF CORPORATE GOVERNANCE DAN CORPORATE SOSIAL RESPONSIBILITY)	Baru	100.000.000
80	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Muhammad Madyan S.E., M.Si., M.Fin. 2. Nisful Laila, S.E., M.Com. 3. Dra. Nurtjahja Moegni, M.Si.	0004017104 0007117101 0028125102	FEB	DAMPAK AKSES KREDIT LEMBAGA KEUANGAN MIKRO TERHADAP PENINGKATAN KESEJAHTERAAN RUMAH TANGGA: ANALISIS LONGITUDINAL DATA	Baru	100.000.000
81	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Ni Made Sukartini, S.E., M.Si., MDEC. 2. Dr. Achmad Solihin, S.E., M.Si. 3. Achmad Sjafii, S.E., M.E.	0030077303 0006076704 0006066703	FEB	Kaitan Antara Ketersediaan Infrastruktur Kesehatan Dengan Indikator Kesehatan Penduduk Desa Di Indonesia	Baru	95.000.000
82	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Noorlailie Soewarno, S.E., MBA., Ak. 2. Prof. Dr. Bambang Tjahjadi, S.E., MBA., Ak. 3. Dr. Isnalita, S.E., M.Si., Ak.	0025126402 0004025702 0022086605	FEB	Studi Eksplorasi Pemicu Biaya Kesehatan Dalam Rantai Nilai Hubungan Industri Farmasi dan Penyedia Layanan Kesehatan di Indonesia	Lanjutan	110.000.000
83	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Dra. Ec. Nuri Herachwati, M.Si., M.Sc.	0030066603	FEB	WORK LIFE BALANCE PADA GENERASI Y DI INDONESIA	Baru	45.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
84	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Nurul Istifadah, S.E., M.Si. 2. Dr. Heru Tjaraka, S.E., M.Si., Ak. 3. Dr. Wasiaturrahma, S.E., M.Si.	0010026704 0027096704 0019046802	FEB	Indeks Persaingan Usaha Industri Manufaktur Jawa Timur Berdasarkan Pendekatan SCP (Structure-Conduct-Performance)	Lanjutan	100.000.000
85	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Puput Tri Komalasari, S.E., M.Si., M.M.	0010037403	FEB	Peran Asimetri Informasi Terhadap Perilaku Kawan (Herding Behavior) Investor Individual: Uji Kausalitas Dalam Kerangka Game Theory	Baru	45.000.000
86	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Raditya Sukmana, S.E., M.A. 2. Dr. Imron Mawardi, S.P., M.Si. 3. Heru Pramono, S.Pi., M.Biotech.	0013047605 0701027104 0011098601	FEB	Model Sinergi BPRS dan BAZ Mojokerto Dalam Pemberdayaan UMKM	Lanjutan	90.700.000
87	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Ririn Tri Ratnasari, S.E., M.Si. 2. Drs. Sri Gunawan, M.Com., DBA. 3. Sylva Alif Rusmita, S.E., CIFP.	0026117504 0022126203 0023108705	FEB	Sertifikasi Makanan Halal untuk Meningkatkan Daya Saing Usaha Kecil dan Menengah Wilayah Indonesia Timur Menghadapi International Halal Tourism	Baru	100.000.000
88	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra.Ec. Sedianingsih, M.Si., Ak. 2. Dr. Ari Prasetyo, S.E., M.Si. 3. Hendarjatno, S.E., M.Si., Ak.	0017025905 0016017105 0015035308	FEB	Faktor yang Mempengaruhi Daya Tarik Kunjungan Kesehatan ke Surabaya Sebagai Kota Berbasis Medical Tourism	Lanjutan	100.000.000
89	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Sri Hartini, S.E., M.Si. 2. Dr. Masmira Kurniawati, S.E., M.Si. 3. Jovi Sulistiawan, S.E., MSM.	0025106502 0025037507 0002128701	FEB	WHITE OCEAN MIXED STRATEGY : INOVASI STRATEGI BISNIS UNTUK KEUNGGULAN BERSAING PADA PASAR GLOBAL	Baru	100.000.000
90	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Sri Herianingrum, S.E., M.Si. 2. Dr. Atina Shofawati, S.E., M.Si. 3. Dr. Leo Herlambang, S.E., M.M.	0007026907 0002097706 0728026902	FEB	Model Pemberdayaan Usaha Mikro Pada Baitul Maal Wat Tamwil (BMT) di Jawa Timur	Lanjutan	100.000.000
91	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Tika Widiastuti, S.E., M.Si. 2. Dr. Muhammad Nafik Hadi Ryandono, S.E., M.Si. 3. Dr. Irham Zaki, S.Ag., MEI.	0730128301 0019117106 0701087503	FEB	KEWIRAUSAHAAN SOSIAL ISLAM ORGANISASI PENGELOLA ZAKAT DALAM PEMBERDAYAAN SOSIO-EKONOMI MUSTAHIQ DI INDONESIA	Lanjutan	92.870.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
92	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Dr. Wasiaturrahma, S.E., M.Si. 2. Dr. Raditya Sukmana, S.E., M.A. 3. Shochrul Rohmatul Ajija, S.E., M.Ec.	0019046802 0013047605 0025058603	FEB	Analisis Performa Lembaga Keuangan Mikro di Indonesia	Baru	105.000.000
93	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Andang Miatmoko, M.Pharm.Sci., Ph.D., Apt. 2. Febri Annuryanti, M.Sc., Apt. 3. Esti Hendradi, M.Si., Ph.D., Apt.	0002108503 0012128401 0014115703	FF	Pengembangan dan uji biodistribusi kombinasi obat primakuin dan klorokuin yang dienkapsulasi dalam stealth liposome guna penanganan infeksi malaria fase hepatic	Baru	100.000.000
94	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Dra. Aniek Setiya Budiatin, M.Si., Apt. 2. Prof. Dr. Drs. Suharjono, M.S., Apt. 3. Samirah, S.Si., Sp.FRS., Apt. 4. Wenny Putri Nilamsari, S.Farm., Sp. FRS., Apt.	0012125911 9990234579 0020048001 0026018401	FF	Scaffold gelatin-chitosan sebagai sistem penghantaran diklofenak dan pengganti kartilago pada osteoarthritis	Lanjutan	100.000.000
95	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Bambang Prajogo, E.W., M.S., Apt. 2 Prof. Dr. Gunawan Indrayanto., Apt. 3. Dra. Rakhmawati	0017125602 0027034904 0012125604	FF	STUDI TOKSISITAS SUB KRONIS EKSTRAK ETANOL 70% DAUN Justicia gendarussa Burm. f. PADA TIKUS (DATA PENDUKUNG UJI KLINIK KONFIRMATORI)	Lanjutan	250.000.000
96	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Chrismawan Ardianto, S.Farm, M.Sc., Ph.D., Apt. 2. Mahardian Rahmadi, S.Si., M.Sc., Ph.D., Apt. 3. Dewi Wara Shinta, S.Farm., M.Farm.Klin., Apt.	0029028403 0014038102 0018108502	FF	POTENSI ERITROPOETIN SEBAGAI INDUKSI CELL SURVIVAL PADA NEURON SEBAGAI STRATEGI BARU PENGOBATAN STROKE	Baru	100.000.000
97	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Dewi Isadiartuti., M.Si., Apt. 2. Prof. Dr. Achmad Sjahrani, M.S., Apt. 3. Dra. Toetik Aryani, M.Si., Apt.	0020056509 0001045405 0011046107	FF	Peningkatan Kelarutan Asam Para-Metoksisinamat (APMS) Dengan Senyawa Pembentuk Kompleks Inklusi Siklodekstrin	Lanjutan	100.000.000
98	Penelitian Kerjasama Luar Negeri (PKLN)	1. Dewi Melani Hariyadi, S.Si., M.Phil., Ph.D. Apt. 2. Dra. Esti Hendradi, M.Si., Ph.D., Apt.	0026027801 0014115703	FF	DEVELOPMENT OF ALGINATE-BASED MICROSPHERES FOR LUNG DELIVERY IN CYSTIC FIBROSIS	Lanjutan	200.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
99	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dewi Melani Hariyadi, S.Si., M.Phil., Ph.D. Apt. 2. Mahardian Rahmadi, S.Si., M.Sc., Ph.D., Apt. 3. Dra. Esti Hendradi, M.Si., Ph.D., Apt.	0026027801 0014038102 0014115703	FF	Pengembangan Mikrosfer Eritropoetin - Alginat Sebagai Neuroprotektan dan Potensinya Pada Pasien Kanker Dengan Anemia	Lanjutan	100.000.000
100	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Dwi Setyawan, S.Si., M.Si., Apt. 2. Dr. Dra. Retno Sari., M.Sc., Apt. 3. Chrismawan Ardianto, S.Farm., M.Sc., Ph.D., Apt.	0030117104 0008106303 0029028403	FF	Kokristal Quersetin Dengan Kofomer - Asam Malonat dan Asam Suksinat Sebagai Upaya Peningkatan Laju Disolusi Invitro dan In Vivo	Lanjutan	100.000.000
101	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Elida Zairina, S.Si., M.P.H., Ph.D., Apt. 2. Dr. Yunita Nita, S.Si., M.Pharm., Apt. 3. Gusti Noorizka V.A., M.Sc., Apt. 4. Gesnita Nugraheni, S.Farm., M.Sc., Apt.	0007107801 0018067402 0013127103 0002128502	FF	Manajemen Terapi Obat Oleh Apoteker Pada Kasus Asma	Lanjutan	100.000.000
102	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Helmy Yusuf, S.Si., M.Sc., Ph.D. 2. Dr. Maria Lucia Ardhani Dwi Lestari, S.Si., M.Pharm.Sci. 3. Muh. Agus Syamsur Rijal, S.Si., M.Si., Apt.	0015077901 0026048006 0006076805	FF	Formulasi Vaksin Dengan Ovalbumin Sebagai Model Antigen Menggunakan Teknologi Liposom Kering Dalam Bentuk Sediaan Tablet Sublingual	Lanjutan	100.000.000
103	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Drs. Herra Studiawan, Apt., M.S. 2. Prof. Dr. Sukardiman, Apt., M.S. 3. Rr. Retno Widyowati, S.Si., Apt., M.Sc., Ph.D.	0003105704 0001096305 0005017701	FF	PENGEMBANGAN OBAT HERBAL ANTASIDA DARI EKSTRAK DAUN CENGKEH (EUGENIA CARYOPHYLLATA) DAN EKSTRAK DAUN JERUK (CITRUS AURANTIFOLIA)	Baru	90.000.000
104	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Juni Ekowati, M.Si., Apt. 2. Dr. Dra. Nuzul Wahyuning Diyah, M.Si., Apt. 3. Dr. Iwan Sahrial Hamid, drh., M.Si. 4. Andang Miatmoko, M.Pharm.Sci., Ph.D., Apt.	0006026703 0028126608 0013076801 0002108503	FF	Rekayasa Struktur Senyawa Fenolik Turunan Sinamat Untuk Meningkatkan Aktivasnya sebagai Anti platelet dan Anti kanker	Lanjutan	100.000.000
105	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi	1. Drs. Marcellino Rudyanto, Apt., M.Si., Ph.D. 2. Prof. Dr. Achmad Syahrani,	0018056604 0001045405	FF	Nano-Bio-Insektisida dari Limbah Cangkang Mete sebagai Pembasmi Larva Nyamuk Vektor Penyakit	Baru	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
	(PDUPT)	Apt., M.S. 3. Prof. Dr. Sri Subekti Bendryman, DEA., drh.	0017055202		Infeksi		
106	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Noorma Rosita, M.Si., Apt. 2. Prof. Dr. Widji Soeratri, DEA. 3. Dr. Dra. Tristiana Erawati Munandar, M.Si., Apt.	0025126506 0006105103 0018055803	FF	Efektivitas Ubiquinone dalam Sistem Penghantar Nanostructured Lipid Carriers (NLC) Sebagai Sediaan Kosmetika Anti fotoaging	Lanjutan	95.000.000
107	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Retno Sari, M.Sc., Apt. 2. Dr. Dwi Setyawan, MSi., Apt 3. Dr. rer.nat. Maria Lucia Ardhani Dwi Lestari, Apt.	0008106303 0030117104 0026048006	FF	Pengembangan Sistem Dispersi Padat Andrografolida Dengan Matriks Kitosan Dan Derivat Kitosan Sebagai Obat Antimalaria Dengan Teknologi Pelarutan-Semprot Kering (Karakterisasi, Uji Kelarutan Dan Uji Disolusi In Vitro)	Baru	90.000.000
108	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Rr. Retno Widjowati, S.Si., M.Pharm. Ph.D., Apt. 2. Dr. Dra. Wiwied Ekasari, M.Si., Apt. 3. Neny Purwitasari, S.Farm., M.Sc., Apt.	0005017701 0022016902 0019048006	FF	POTENSI TANAMAN JOTANG (SPILANTHES ACMELLA) SEBAGAI ANTIOSTEOPOROSIS: UJI AKTIVITAS PADA SEL OSTEOKLAS DAN OSTEOKLAS IN VITRO SERTA ISOLASI SENYAWA KANDUNGAN DIDALAMNYA	Lanjutan	99.500.000
109	Penelitian Kerjasama Luar Negeri (PKLN)	1. Suciati, S.Si., M.Phil., Ph.D., Apt. 2. Dr. Aty Widjowaruyanti, M.Si., Apt. 3. Tutik Sri Wahyuni, S.Si., M.Si., Ph.D., Apt.	0004117905 0026046210 0025107704	FF	UTILIZATION OF INDONESIAN MARINE BIODIVERSITY AS ANTICHOLINESTERASE AND ANTIANDROGENIC AGENTS	Baru	155.000.000
110	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Sugijanto, M.S., Apt. 2. Prof. Dr. Dra. Noor Erma Nasution, M.S., Apt. 3. Kholis Amalia Nofianti, S.Farm. M.Sc., Apt.	0021065401 0028115204 0025118601	FF	Biosorpsi Logam Berat Menggunakan Serbuk Cangkang dan Kitosan dari Limbah Kerang dan Rajungan di Kenjeran dalam Upaya Meningkatkan Keamanan Pangan Produk Perikanan.	Lanjutan	95.000.000
111	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Sugiyartono, MS., Apt. 2. Prof. Dr. Widji Soeratri, DEA., Apt. 3. Dr. Dewi Isadiartuti, M.Si., Apt.	0004105403 0006105103 0020056509	FF	OPTIMASI TEKNIK SPRAY DRYING DALAM PROSES MIKROENKAPSULASI Lactobacillus casei FNCC MATRIKS KOMBINASI KOPOLIMER ASAM METAKRILAT TIPE L DAN TIPE S	Baru	75.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
112	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Prof. Dr. Sukardiman, M.S., Apt. 2. Drs. Hadi Poerwono, M.Sc., Ph.D., Apt. 3. Lusiana Arifianti., S.Farm., M.Farm., Apt.	0001096305 0022086302 0016018102	FF	PENGEMBANGAN OBAT HERBAL FITOFARMAKA ANTIDIABETES DARI CAMPURAN EKSTRAK HERBA SAMBILOTO (ANDROGRAPHIS PANICULATA NEES) DAN EKSTRAK BIJI MAHONI (SWIETENIA MAHAGONI JACQ)	Lanjutan	225.000.000
113	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Sukardiman, Apt., M.S. 2. Drs. Herra Studiawan, Apt., M.S. 3. Lusiana Arifianti., S.Farm., Apt., M.Farm.	0001096305 0003105704 0016018102	FF	Pengembangan Fraksi Etil Asetat Daun Mindi (Melia azedarach) sebagai Obat Herbal Terstandar Antikanker	Baru	100.000.000
114	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Dra. Suzana, M.Si., Apt.	0027096504	FF	Sintesis, Doking Molekul Study dan Uji Antimikroba Senyawa Turunan N'-Benzilidena-4 hidroksibenzohidrazida	Baru	44.250.000
115	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Tri Widiandani, S.Si., Apt. SpFRS. 2. Prof. Dr. Siswandono, M.S., Apt. 3. Prof. Dr. Suko Hardjono, M.S., Apt.	0004128001 0002105207 9990029934	FF	AKTIVITAS ANTIKANKER PAYUDARA DENGAN EKSPRESI HER-2 BERLEBIH SECARA IN SILICO DAN IN VITRO DARI BEBERAPA SENYAWA TURUNAN ALILTIOUREA	Baru	100.000.000
116	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Tristiana Erawati Munandar, M.Si., Apt. 2. Dewi Melani Hariyadi, S.Si., M.Phil., Ph.D. Apt. 3. Dra. Tutiek Purwanti, M.Si. 4. Dr. Noorma Rosita ., M.Si., Apt	0018055803 0026027801 0010025705 0025126506	FF	Pengaruh Perbandingan Kadar Lemak Coklat dan Virgin Coconut Oil (VCO) terhadap Karakteristik dan Efektivitas Asam para Metoksisinamat dalam Sistem Nanostructured Lipid Carrier (NLC)	Baru	150.000.000
117	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Tutik Sri Wahyuni, S.Si., Apt., M.Si. Ph.D. 2. Dr. Aty Widyawaruyanti, Apt., M.S. 3. Prof. Dr. Achmad Fuad Hafid., Apt., M.S.	0025107704 0026046210 9990283893	FF	Aktivitas Anti-Hepatitis C Kombinasi Ekstrak dan Isolat Tanaman Ruta angustifolia Dengan Obat-Obat Antiviral.	Baru	100.000.000
118	Penelitian Tim Pascasarjana (PTP)	1. Dr. Umi Athiyah, MS., Apt. 2. Dr. Wahyu Utami, M.S., Apt. 3. Dr. Drs. Abdul Rahem, M.Kes., Apt.	0004075605 0012105805 0005026611	FF	IMPLEMENTASI MANAJEMEN PENGOBATAN KOMPREHENSIF PADA PROGRAM RUJUK BALIK UNTUK PENINGKATAN PEMBERDAYAAN PASIEN,	Baru	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
					OPTIMALISASI PENGOBATAN DAN KONTINUITAS PELAYANAN PENYAKIT KRONIS DI ERA CAKUPAN KESEHATAN MENYELURUH (UNIVERSAL HEALTH COVERAGE)		
119	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Dr. Dra. Wiwied Ekasari, Apt., M.Si. 2. Dra. Heny Arwaty, M.Sc., Ph.D. 3. Tutik Sri Wahyuni, S.Si., M.Si., Ph.D., Apt.	0022016902 0029026404 0025107704	FF	Efikasi dan Keamanan Ekstrak Etanol Daun Cassia spectabilis Sebagai Obat Antimalaria Dari Bahan Alam	Lanjutan	225.000.000
120	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Anwar Ma'ruf, drh., M.Kes. 2. Ratna Damayanti, drh., M.Kes. 3. Sundari Indah Wiyasihati, dr., M.Si.	0009056502 0026096603 0028058403	FKH	Protein Signal Transducers and Activators Transcription (STAT) sebagai Pemacu Pertumbuhan	Lanjutan	98.000.000
121	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Budi Utomo, drh., M.Si. 2. Dr. Emmanuel Djoko Poetranto, drh., M.S. 3. Fariani Syahrul, SKM, M.Kes.	0018055904 0024125403 0010026902	FKH	Polimorfisme Gen Growth Hormone (GH) dan FSH b-Sub Unit Pada Anak Sapi Madura Hasil Inseminasi Buatan Dengan Semen Limousin Sebagai Acuan Untuk Seleksi Genetik Bibit Unggul	Lanjutan	100.000.000
122	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Dewa Ketut Meles, drh., MS. 2. Prof. Dr. Imam Mustofa, drh., M.Kes. 3. Prof. Dr. Wurlina, drh., M.S.	0013125402 0027046003 0018095405	FKH	AKTIVITAS ALKALOID ACHYRANTHES ASPERA LINN PENYEBAB KEMATIAN SEL KANKER PAYUDARA TERHADAP TERBENTUKNYA APOPTOSOME PADA MITOKONDRIA DAN FRAGMENTASI CHROMOSOM	Lanjutan	100.000.000
123	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Eduardus Bimo Aksono Herupradoto, drh., M.Kes. 2. Dr. Kadek Rachmawati, drh., M.Kes. 3. Retno Bijanti, drh., M.S.	0020096605 0025076801 0028065408	FKH	KIT DIAGNOSTIK MASA DEPAN UNTUK DETEKSI Legionella sp ISOLAT LOKAL PADA SAMPEL BERISIKO SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN ADANYA NEW EMERGING DISEASE DI SURABAYA	Baru	100.000.000
124	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Emy Koestanti Sabdoningrum, drh., M.Kes. 2. Dr. Ir. Sri Hidanah, M.S. 3. Sri Chusniati, drh., M.Kes.	0010127002 0008036105 0017125703	FKH	Eksplorasi Ekstrak Meniran (Phyllanthus Niruri Linn) Sebagai Obat Herbal Terstandar terhadap Avian Pathogenic Escherichia coli Serotipe O2:K1 Resisten Antibiotik	Baru	110.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
					Bersifat Zoonosis		
125	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Erma Safitri, drh., M.Si. 2. Dr. Thomas Valentinus Widiyatno, drh., M.Si. 3. Dr. Willy Sandhika, dr., M.Si., Sp.PA(K)	0023076903 0017105809 0014036403	FKH	PROGRAM INDUCE PLURIPOTENT STEM CELLS (iPS) MELALUI METODE FISIS LOW OKSIGEN TENSION YANG APLIKATIF DAN AMAN TANPA PENYISIPAN GEN VEKTOR VIRUS	Lanjutan	220.000.000
126	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Hani Plumeriastuti, drh., M.Kes. 2. Dr. Mustofa Helmi Effendi, drh., DTAPH. 3. Budiarto, drh., M.P.	0008085905 0015016209 0028076103	FKH	REVITALISASI FUNGSI SEL BETA PANKREAS TIKUS PUTIH PENDERITA DIABETES MILITUS BUATAN DENGAN PENGGUNAAN SIMPLISIA KAYU MANIS (Cinnamomum burmanii) DAN KEMBANG BULAN (Tithonia diversifolia)	Baru	90.000.000
127	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Herry Agoes Hermadi, drh., M.Si. 2. Prof. Dr. R. Tatang Santanu Adikara, drh., M.S. 3. Sunaryo Hadi Warsito, drh., M.P.	0023085904 0016075304 0026037002	FKH	Isolasi, Identifikasi dan Produksi human Chorionic Gonadotropin (hCG) dari Urine Wanita Hamil untuk Memanipulasi Maturasi Invitro dan Ovulasi Invivo pada Sapi Madura	Lanjutan	100.000.000
128	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Indah Norma Triana, drh., M.Si. 2. Prof. Dr. Suherni Susilowati, drh., M.Kes. 3. Arimbi, drh., M.Kes.	0021025705 0026065905 0029085603	FKH	PERBAIKAN MUTU SEMEN BEKU DENGAN PENAMBAHAN L-ARGININ DALAM BAHAN PENGECER SUSU SKIM GUNA MENINGKATKAN POPULASI TERNAK KAMBING	Lanjutan	99.000.000
129	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Ismudiono, drh., M.S. 2. Dr. Tita Damayanti Lestari, drh., M.Sc. 3. Dr. Abdul Samik, drh., M.Si.	0016055206 0002106002 0005086405	FKH	Keberhasilan Penentuan Jenis Kelamin Cempae Hasil Inseminasi Buatan Menggunakan Semen Beku Berdasarkan Waktu Inseminasi Yang Berbeda Pada Kambing Etawah	Lanjutan	100.000.000
130	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Mirni Lamid, drh., M.P. 2. Dr. Moh. Anam Al Arif, drh., MP. 3. Muhamad Nur Ghoyatul Amin, S.TP., M.P., M.Sc.	0016016204 0026096209 0009079002	FKH	PRODUKSI ENZIM FITASE LOKAL UNTUK MENDEGRADASI DEDAK PADI DAN SUPLEMENTASI MINYAK IKAN LEMURU, KUNYIT UNTUK MENINGKATKAN PERFORMAN AYAM PEDAGING DAN PETELUR	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
131	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Mochamad Lazuardi, drh., M.Si. 2. Bambang Hermanto, dr., M.S. 3. Dr. Tjuk Imam Restiadi, drh., M.Si. 4. Dr. Soeharsono, drh., M.Si.	0018125804 0018035607 0009116110 0004026106	FKH	Isolasi dan Identifikasi Bioaktif Progesterone - Like Effect Ekstrak Methanol Daun Benalu Duku	Lanjutan	92.032.000
132	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Muchammad Yunus, drh., M.Kes., Ph.D. 2. Dr. Endang Suprihati, drh., M.S. 3. Agus Wijaya, drh., M.Sc., Ph.D.	0029126605 0021105804 0020086109	FKH	Peningkatan Kapasitas Poultry Coccidiosis Polyvalent Live Vaccine Melalui Penggunaan Formula Alhydrogel dan Coloris Agent (Peningkatan Daya Proteksi Pada Ayam Terhadap Infeksi Coccidia)	Lanjutan	100.000.000
133	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Nenny Harijani, drh., M.Si. 2. Dr. Mustofa Helmi Effendi, drh., DTAPH. 3. Budiarto, drh., M.P.	0002065804 0015016209 0028076103	FKH	Penanggulangan Antibiotics Resistant Bersumber Pangan Asal Hewan (PAH) Melalui Deteksi Dini Dengan Polymerase Chain Reaction	Lanjutan	100.000.000
134	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Nove Hidajati, drh., M.Kes. 2. Chairul Anwar, drh., M.S. 3. Setya Budhy, drh., M.Si.	0015116501 0021115603 0029015405	FKH	POTENSI PROTEIN GHRELIN ASAL TANAMAN SEBAGAI BAHAN PENGATURAN KESEIMBANGAN ENERGI UNTUK EFESIENSI PAKAN	Lanjutan	98.000.000
135	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Nunuk Dyah Retno Lastuti, drh., M.S. 2. Dr. Poedji Hastutiek, drh., M.Si. 3. Agus Sunarso, drh., M.Sc.	0018045303 0003116103 0008066705	FKH	Karakterisasi Genotipe dan Protein Imunogenik Sarcptes scabiei Sebagai Pengembangan Kit Vaksin Untuk Skabies Pada Kambing	Lanjutan	100.000.000
136	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Pudji Sianto, drh., M.Kes. 2. Prof. Dr. Rr. Sri Pantja Madyawati, drh., M.Si. 3. Dr. Trilas Sardjito, drh., M.Si.	0001055605 0010026308 0030055502	FKH	Probe Penentu Jenis Kelamin Pedet Pada Sapi Perah Berbasis Derajad Keasaman	Lanjutan	75.000.000
137	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Rochmah Kurnijasanti, drh., MSi. 2. Arimbi, drh., M.Kes. 3. Dr. Rahmi Sugihartuti, drh., M.Kes.	0019077004 0029085603 0021026702	FKH	OPTIMASI PRODUKSI METABOLIT SEKUNDER Streptomyces sp. ISOLAT TANAH LUMPUR LAPINDO, UJI BIOAUTOGRAFI DAN UJI AKTIVITAS ANTI TUBERKULOSIS PADA MENCIT	Lanjutan	110.000.000
138	Penelitian Terapan Unggulan	1. Prof. Romziah Sidik, drh., Ph.D. 2. Dr. Kadek Rachmawati, drh.,	0016125303 0025076801	FKH	Suplementasi Diet Konsentrat Kaya Omega-3 dan Mineral Lick Terhadap Keamanan Fungsi Hati,	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
	Perguruan Tinggi (PTUPT)	M.Kes. 3. Herinda Pertiwi, S.K.H, drh., M.Si.	0017059006		Ginjal dan Produk Daging Pada Hewan Ruminansia		
139	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Rr. Sri Pantja Madyawati, drh., M.Si. 2. Prof. Dr. Pudji Srianto, drh., M.Kes. 3. Dr. Wiwiek Tyasningsih, drh., M.Kes.	0010026308 0001055605 0028036207	FKH	IDENTIFIKASI BAKTERI DALAM SALURAN REPRODUKSI SAPI PERAH PASCA INSEMINASI BUATAN DI WILAYAH KUD YANG DIGUNAKAN SEBAGAI TEMPAT PRAKTEK KERJA LAPANGAN MAHASISWA PROGRAM PENDIDIKAN PROFESI DOKTER HEWAN (PPDH)	Lanjutan	98.000.000
140	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Setiawan Koedarto, drh., M.Sc. 2. Prof. Dr. Rahaju Ernawati, drh., M.Sc. 3. Sri Mumpuni Sosiawati, drh., M.Kes.	0028095203 0003105002 9990405927	FKH	PENDEKATAN PROTEOMIK DAN GENOMIK TERHADAP KARAKTER CACING <i>Moniezia</i> spp. SEBAGAI DASAR PENGEMBANGAN DIAGNOSIS HELMINTIASIS	Lanjutan	50.000.000
141	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Ir. Sri Hidanah, MS. 2. Retno Sri Wahjuni, drh., M.S. 3. Emy Koestanti Sabdoningrum, drh., M.Kes.	0008036105 0006035602 0010127002	FKH	Potensi Meniran (<i>Phyllanthus Niruri</i> Linn) sebagai Antibakteri untuk Pemberantasan <i>Mycoplasma Galisepticum</i> pada Kasus Chronic espiratory Disease (CRD) pada Ayam Pedaging	Lanjutan	100.000.000
142	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Sri Mulyati, drh., M.Kes. 2. Suzanita Utama, drh., M.Phil., Ph.D. 3. Prof. Mas'ud Hariadi, drh., M.Phil., Ph.D.	0006116105 0002106104 0005025103	FKH	REKAYASA PAKAN PENGENDALI BLOOD UREA NITROGEN UNTUK OPTIMALISASI PRODUKSI SUSU SAPI PERAH DAN KELAHIRAN ANAK TIAP TAHUN	Baru	85.000.000
143	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Suherni Susilowati, drh., M.Kes. 2. Indah Norma Triana, drh., M.Si. 3. Dr. Tri Wahyu Suprayogi, drh., M.Si.	0026065905 0021025705 0004016309	FKH	Kawin Suntik pada Kambing dengan Memperbaiki Mutu Semen Beku sebagai Upaya Memenuhi Kebutuhan Protein Hewani	Baru	100.000.000
144	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Suzanita Utama, drh., MPhil., Ph.D. 2. Dr. Tita Damayanti Lestari, drh., M.Sc. 3. Prof. Dr. Ismudiono, drh., M.S.	0002106104 0002106002 0016055206	FKH	PENINGKATAN FERTILITAS SAPI PERAH YANG BERPRODUKSI TINGGI AGAR BERANAK SETIAP TAHUN MELALUI UJI FERTILISASI IN VITRO	Baru	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
145	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Tatik Hernawati, drh., M.Si. 2. Dr. Sri Mulyati, drh., M.Kes. 3. Dr. Rimayanti, drh., M.Kes.	0029086005 0006116105 0003126305	FKH	Identifikasi Gen Promoter Osteopontin Sebagai Kandidat DNA Marker Fertilitas Spermatozoa Sapi Perah Friesian Holstein	Baru	140.000.000
146	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Tjuk Imam Restiadi, drh., M.Si. 2. Dr. Ir. Woro Hastuti Satyantini, M.Si. 3. Nusdianto Triakoso, drh., M.P.	0009116110 0007096103 0005056803	FKH	Potensi Insulin - Like Growth Faktor-I Serum Kuda Crossbred Kombinasi Pakan Isi Rumen Sapi Untuk Percepatan Pertumbuhan Ikan Gurame (OSPHRONEMUS GOURAMY)	Lanjutan	100.000.000
147	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Tri Wahyu Suprayogi, drh., M.Si. 2. Dr. Tatik Hernawati, drh., M.Si. 3. Dr. Soeharsono, drh., M.Si. 4. Dr. Rimayanti, drh., M.Kes.	0004016309 0029086005 0004026106 0003126305	FKH	Peningkatan Penyediaan Pangan Asal Hewan dengan Teknologi Penambahan L-Arginin dalam Media Fertilisasi Invitro Spermatozoa Kambing	Lanjutan	100.000.000
148	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Trilas Sardjito, drh., M.Si. 2. Oky Setyo Widodo, drh., M.Si. 3. Dr. Rochmah Kurnijasanti, drh., M.Si.	0030055502 0009029101 0019077004	FKH	PENGEMBANGAN MEDIA SPERMATOZOA SAPI SIMENTAL DALAM KONDISI BEKU DENGAN MEMANFAATKAN EKSTRAK TEH HIJAU SEBAGAI ANTIOKSIDAN UPAYA MEMENUHI KETAHANAN PANGAN NASIONAL	Baru	100.000.000
149	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Widjiati, drh., M.Si. 2. Dr. Epy Muhammad Luqman, drh., M.Si., Pavet 3. Dr. Benjamin Christoffel Tehupuring, drh., M.Si.	0015046204 0013126703 0015015505	FKH	Efektivitas Insulin Transferrin Selenium dan Bovine Serum Albumin pada Medium Kultur In vitro Terhadap Apoptosis Sel Tropoblas, Jumlah Blastosis dan Keberhasilan Transfer Embrio	Lanjutan	100.000.000
150	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Widya Paramita Lokapirnasari, drh., M.P. 2. Dr. Ir. Adriana Monica Sahidu, M.Kes. 3. Dr. Lilik Maslachah, drh., M.Kes.	0010116907 0016116105 0031036801	FKH	Diversifikasi Bakteri Asam Laktat Penghasil Bakriosin Sebagai Feed Additive Untuk Memodulasi Immunoglobulin dan Peningkatan Performan Produksi	Lanjutan	90.000.000
151	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Drs. Bagong Suyanto, M.Si. 2. Prof. Dr. Henri Subiakto, S.H., M.Si. 3. Drs. Koko Srimulyo, M.Si.	0006096604 0029036204 0028026604	FISIP	Pola dan Perilaku Konsumsi Kelas Menengah Urban di Era Masyarakat Postmodern	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
152	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Citra Hennida, S.IP, MA. 2. Dr. Santi Isnaini, S.Sos., M.M. 3. Dr. Lucy Dyah Hendrawati, S.Sos., M.Kes.	0025107906 0020097702 0004116804	FISIP	SASI SEBAGAI MODAL SOSIAL DALAM PENYELESAIAN KONFLIK TANAH ADAT ANTARA EKSPLORASI GAS BUMI BLOK MASELA DENGAN SUKU TANIMBAR DI MALUKU TENGGARA BARAT	Baru	110.000.000
153	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Dwi Windyastuti Budi Hendrarti, MA. 2. Airlangga Pribadi, S.IP., M.A., Ph.D. 3. Dr. Drs. Bintoro Widyanoro, M.Si.	0027096101 0030117603 0024126104	FISIP	Peningkatan Kualitas Demokrasi: Suatu Kajian Tentang Strategi Penanganan Ujaran Kebencian di Pilkada	Baru	100.000.000
154	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Erna Setijaningrum, S.IP., M.Si. 2. Dr. Aris Armuninggar, S.H., M.H. 3. Hario Megatsari, S.KM., M.Kes.	0003067002 0031126535 0012098204	FISIP	Pengembangan Care Service Bagi Kelompok Lanjut Usia di Perkotaan Berbasis "Perception - Expectation Gap"	Lanjutan	90.000.000
155	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dra. Myrtati Dyah Artaria, MA., Ph.D. 2. Dewi Ratna Sari, dr., M.Si. 3. Sakina, dr., M.Si.	0030016706 0028068303 0029048402	FISIP	Studi Antropometris Tumbuh Kembang Anak Etnis Jawa, Madura, Tionghoa, dan Arab di Kota Surabaya dalam Analisis Berbasis Gender	Baru	100.000.000
156	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dra. Rachmah Ida, M.Comm., Ph.D. 2. Prof. Drs. Kacung Marijan, M.A., Ph.D. 3. Drs. Suko Widodo, M.Si.	0024056901 0025036403 0004026405	FISIP	PREVALENSI PRAKTEK SUNAT PEREMPUAN DAN KONSTRUKSI BUDAYA ATAS SEKSUALITAS PEREMPUAN DI MADURA	Lanjutan	97.000.000
157	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Dra. Rahma Sugihartati, M.Si. 2. Prof. Dr. Drs. Subagyo, M.S. 3. Helmy Prasetyo Yuwinanto, S.Sos., M.KP.	0001046501 0026015301 0026057502	FISIP	Pengembangan Literasi Digital (Digital Literacy) dan Literasi Kritis (Critical Literacy) dalam Penggunaan Blog di Kalangan Mahasiswa	Lanjutan	93.000.000
158	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Dra. Rustinsyah, M.Si. 2. Drs. Djoko Adi Prasetyo, M.Si. 3. Ratna Azis Prasetyo, S.Sosio., M.Sosio.	0005125804 0016116209 0010018702	FISIP	Mengembangkan Modal Sosial Untuk Pengelolaan Jaringan Irigasi Pertanian Guna Mewujudkan Ketahanan Pangan Nasional	Lanjutan	100.000.000
159	Penelitian Kerjasama Luar	1. Dra. Sartika Soesilowati, M.A., Ph.D.	0030076404	FISIP	Assessing non Traditional Security Issues between Indonesia and	Lanjutan	155.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
	Negeri (PKLN)	2. Drs. Ignatius Basis Susilo, M.A. 3. Prof. Dr. Drs. Jusuf Irianto, M.Com.	0008085405 0006056506		Australia. Case Study: Food Security		
160	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Drs. Septi Ariadi, M.A. 2. Prof. Dr. Drs. Subagyo, M.S. 3. Dra. Udji Asiyah, M.Si.	0023096303 0026015301 0029015502	FISIP	Mekanisme Panopticism dan Resistensi Masyarakat Terhadap Sistem Pengobatan Modern : Studi Tentang Reaksi atas Praktik Dominasi Kuasa Dalam Dunia Medis	Baru	95.000.000
161	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Drs. Sudarso, M.Si. 2. Philipus Keban, S.IP., M.Si. 3. Drs. Sutrisno, M.S.	0014056804 0003057907 0010085408	FISIP	Model Pemberdayaan Perempuan Pesisir dalam Kesetaraan Pendidikan pada Masyarakat Miskin di Provinsi Jawa Timur	Lanjutan	100.000.000
162	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Sulikah Asmorowati, S.Sos., M.Dev.St., Ph.D. 2. Dian Yulie Reindrawati, S.Sos., M.M, Ph.D. 3. Ucu Martanto, S.IP., M.A.	0016057501 0007077604 0027037904	FISIP	Penerapan Social Business Sebagai Upaya untuk Mewujudkan Pembangunan Inklusif di Indonesia (Studi Kasus Program Penanggulangan Feminisasi Kemiskinan di Jawa Timur)	Lanjutan	100.000.000
163	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Dra. Sutinah, M.S. 2. Dr. Dra. Siti Aminah, M.A. 3. Putu Aditya Ferdian Ariawantara, S.IP., M.KP.	0016085807 0024026502 0001068602	FISIP	PERLINDUNGAN DAN TINDAK KEKERASAN YANG DIALAMI ANAK TERLANTAR DI LINGKUNGAN PANTI ASUHAN (LKSA) DI PROVINSI JAWA TIMUR	Lanjutan	90.000.000
164	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Dra. Emy Susanti, M.A. 2. Satiti Kuntari, drg., M.S. 3. Dra. Sartika Soesilowati, M.A., Ph.D.	0015035808 0018075504 0030076404	FISIP	Praktek Pernikahan Dini Anak Perempuan dalam Komunitas Miskin di Provinsi Jawa Timur (Studi Perspektif Gender untuk Model Perlindungan Anak)	Lanjutan	110.000.000
165	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Drs. Tri Joko Sri Haryono, M.Si. 2. Dr. Dra. Pinky Saptandari Endang Pratiwi, M.A. 3. Siti Mas'udah, S.Sos., M.Si.	0021045804 0026055805 0005087908	FISIP	MEMBANGUN KERJA LAYAK PEKERJA RUMAH TANGGA (PRT) SEBAGAI UPAYA PERLINDUNGAN PADA KELOMPOK MARGINAL	Lanjutan	100.000.000
166	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Tri Soesantari, M.Si. 2. Fitri Mutia, A.K.S., M.Si. 3. Yunus Abdul Halim, S.Si., M.Kom.	0017055905 0009107507 0023017506	FISIP	Upaya Pemberdayaan Perempuan Melalui Pengembangan Akses Bacaan Pada Organisasi Perempuan di Jawa Timur	Baru	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
167	Penelitian Tim Pascasarjana (PTP)	1. Prof. Dr. Afaf Baktir, M.S. 2. Dr. Sri Sumarsih, M.Si.	0014105603 0001106010	FST	Pustaka Metagenomik Kelenjar Digestif Siput: Reservoir Bagi Kloning Gen Untuk Over - Produksi Konsorsia Hidrolase Kandidat Antibiofilm	Lanjutan	110.000.000
168	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA. 2. Drs. Trisnadi W. C. Putranto, M.Si. 3. Prof. Dr. Drs. Bambang Irawan	0003086204 0015126305 0004055504	FST	Perubahan Struktur, Warna dan Fungsi Melanofor pada Sisik Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) setelah Dipapar dengan Kadmium: Sebagai Bioindikator Potensial Pencemaran Kadmium	Baru	94.000.000
169	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA. 2. Drs. Trisnadi W. C. Putranto, M.Si. 3. Prof. Dr. Bambang Irawan	0003086204 0015126305 0004055504	FST	Respon Fisiologis Pemaparan Tembaga (Cu) pada Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>): Evaluasi terhadap Regulasi Ionik, Osmotik, dan Metallothionein dalam Insang	Baru	98.000.000
170	Penelitian Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU)	Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA.	0003086204	FST	Pengaruh Logam Berat terhadap Regulasi Osmotik, Ionik, Stres Oksidatif, dan Perubahan Struktur Insang Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) yang Dipelihara pada Salinitas Berbeda	Lanjutan	60.000.000
171	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Alfa Akustia Widati, S.Si., M.Si.	0005058503	FST	Kajian Kaca Anti Air Berbasis Alkilsilan-Silika-Titania	Baru	57.471.750
172	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Alfinda Novi Kristanti, DEA. 2. Dr. Hery Suwito, M.Si. 3. Dr. Nanik Siti Aminah, M.Si.	0015116702 0003086304 0014056707	FST	SINTESIS SENYAWA TURUNAN 2-STYRYL CHROMONE DENGAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN dan ANTIKANKER MENGGUNAKAN METODE BARU	Baru	125.000.000
173	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Drs. Ali Rohman, M.Si., Ph.D. 2. Prof. Dr. Ni Nyoman Tri Puspaningsih, M.Si. 3. Dr. Pratiwi Pudjiastuti, M.Si.	0008076802 0015066305 0002056103	FST	Produksi Enzim beta-Xilosidase Hipertermofilik Dalam Sistem Mikroba Rekombinan	Baru	105.000.000
174	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Ir. Aminatun, M.Si. 2. Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si. 3. Dyah Hikmawati, S.Si., M.Si.	0028106810 0003126704 0028116902	FST	Sintesis dan Karakterisasi Komposit Hidroksiapatit - Kitosan Dengan Penambahan Kondroitin Sulfat dan CMC Sebagai Kandidat Scaffold Tulang	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FAKULTAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
175	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Auli Damayanti, S.Si., M.Si. 2. Asri Bekti Pratiwi, S.Si., M.Si. 3. Dr. Drs. Mohammad Imam Utoyo, M.Si.	0007117502 0022128303 0001036403	FST	OPTIMASI NEURO - FUZZY METHODS UNTUK IDENTIFIKASI SISTEM DINAMIK TAK LINIER MODEL PENYAKIT TIPE SEIR	Baru	75.000.000
176	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dwi Kusuma Wahyuni, S.Si., M.Si. 2. Dr. Wiwied Ekasari, M.Si., Apt. 3. Dr. Eko Prasetyo Kuncoro, S.T., DEA. 4. Prof. Drs. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D.	0015017706 0022016902 0030087506 0005076704	FST	ANALISIS MOLEKULER GEN YANG BERTANGGUNGJAWAB PADA BIOSISNTESIS SENYAWA ANTIMALARIA DARI KULTUR JARINGAN TEMPUYUNG (<i>Sonchus arvensis</i> L.)	Baru	140.000.000
177	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Eko Prasetyo Kuncoro, S.T., DEA. 2. Mochamad Zakki Fahmi, S.Si., M.Si., Ph.D. 3. Fadli Ama, S.T., M.T.	0030087506 0002078307 0706127502	FST	Material komposit berbahan dasar limbah tahu sebagai adsorben merkuri, timbal, kadmium, tembaga, dan seng: upaya pengendalian pencemaran air	Lanjutan	95.000.000
178	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Dr. Fatmawati, S.Si., M.Si. 2. Dr. Hengki Tasman, M.Si. 3. Dra. Utami Dyah Purwati, M.Si.	0007047306 0003027406 0026065506	FST	PEMODELAN DAN SIMULASI PENGENDALIAN OPTIMAL PENYEBARAN TUBERKULOSIS DENGAN STRUKTUR USIA DISKRIT	Lanjutan	175.000.000
179	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Hartati, M.Si. 2. Dra. Tjitjik Srie Tjahjandarie, Ph.D. 3. Dra. Aning Purwaningsih, M.Si.	0015115907 0006026502 0010036603	FST	Menuju Scale up Sintesis Katalis Berbasis Aluminosilikat Berpori Hierarkis dari Bahan Dasar Kaolin untuk Sintesis Fragrans Asetal/Ketal	Lanjutan	110.000.000
180	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Drs. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D. 2. Dr. Sucipto Hariyanto, DEA. 3. Tutik Nurhidayati, S.Si., M.Si.	0005076704 0009025604 0010097206	FST	Pemanfaatan Tanaman Tembakau (<i>Nicotiana tabacum</i>) Toleran Genangan Pada Cekaman Genangan Secara Periodik Sebagai Bahan Bioinsektisida Yang Ramah Lingkungan	Lanjutan	100.000.000
181	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Drs. Hery Suwito, M.Si. 2. Dr. Dra. Alfinda Novi Kristanti, DEA. 3. Dr. Dra. Miratul Khasanah, M.Si.	0003086304 0015116702 0004036705	FST	SINTESIS, AKTIVITAS ANTIMIROBA, ANTIKANKER, DAN KAJIAN DOCKING MOLEKULAR SENYAWA BARU TURUNAN (E)-7-STIRIL DIHIDRO TETRAZOLO[1,5- α] PIRIMIDIN MELALUI REAKSI BIGINELLI TERMODIFIKASI	Baru	105.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
182	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Imam Sapuan, S.Si., M.Si.	0018017205	FST	Sistem Akuisisi Data Untuk Memetakan Distribusi Resistansi dan Reaktansi Kapasitif Pada Tomografi Impedansi Elektrik	Baru	60.000.000
183	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Ira Puspitasari, S.T., M.T., Ph.D. 2. Febdian Rusydi, S.T., M.Sc., Ph.D. 3. Nasa Zata Dina, S.Kom., M.Kom., M.Sc.	0027108402 0006027909 0012039101	FST	Pengembangan Sistem Deteksi Dini Penyebaran Penyakit Menular dengan Pemanfaatan Data Nonklinik Online dan Teknologi berbasis Komunitas	Lanjutan	93.900.000
184	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Junairiah, S.Si., M.Kes. 2. Dr. Dra. Ni'matuzahroh 3. Dr. Ir. Lilis Sulistyorini, M.Kes.	0014077104 0001056806 0031036604	FST	Bioteknologi Produksi Senyawa Antibakteri dan Antifungi dari Kultur Kalus Sirih Hitam (Piper betle var Nigra) Spesies Asli Indonesia	Lanjutan	120.000.000
185	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Khusnul Ain, S.T, M.Si. 2. Dr. Ir. Soegianto Soelistiono, M.Si. 3. Drs. R. Arif Wibowo, M.Si.	0005077203 0025017002 0028096403	FST	Rancang Bangun Penganalisis Impedansi Bioelektrik Multifrekuensi sebagai Perangkat Diagnostik Gizi Buruk pada Balita	Lanjutan	125.000.000
186	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Liliek Susilowati, S.Si, M.Si. 2. Prof. Drs. Slammin, M.Comp.Sc., Ph.D. 3. Dr. Drs. Mohammad Imam Utoyo, M.Si.	0001127004 0020046701 0001036403	FST	Hubungan Dimensi Metrik dengan Pengembangan Konsep Dimensi Metrik	Lanjutan	130.000.000
187	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Dra. Miratul Khasanah, M.Si. 2. Dra. Usreg Sri Handajani, M.Si. 3. Dra. Aning Purwaningsih, M.Si.	0004036705 0029095603 0010036603	FST	Sensor Potensiometrik Kreatinin Berbasis Imprinting Zeolit untuk Deteksi Dini Kelainan Fungsi Ginjal	Lanjutan	95.000.000
188	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Drs. Miswanto, M.Si. 2. Prof. Dr. Marjono, M.Phil. 3. Dr. Ir. Sentot Achmadi, M.Si.	0002046803 0016116213 0715096404	FST	ANALISIS KESTABILAN DAN KONTROL OPTIMAL MODEL PREDATOR PREY DENGAN MULTI AGEN MELALUI FENOMENA SWARM	Baru	87.500.000
189	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Mochamad Zakki Fahmi, S.Si., M.Si., Ph.D. 2. Yatim lailun Ni'mah, M.Si., Ph.D. 3. Dr. Bambang Purwanto, dr.,	0002078307 0024058402 0028088001	FST	DESAIN DAN APLIKASI MULTIFUNGSI NANOPARTIKEL MAGNETOFLUORESENSI TERLINGKUPI ALBUMIN PADA PENANGGULANGAN KANKER	Lanjutan	250.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
		M.Kes.					
190	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Prof. Dr. Drs. Moh. Yasin, M.Si. 2. Samian, S.Si., M.Si. 3. Andi Hamim Zaidan, M.Si., Ph.D.	0003126704 0021066702 0022048302	FST	Optimasi Sensor Serat Optik Berbasis Modulasi Intensitas untuk Deteksi Laju Detak Jantung Tiruan (Artificial Heart)	Baru	90.000.000
191	Penelitian Kerjasama Luar Negeri (PKLN)	1. Prof. Dr. Drs. Moh. Yasin, M.Si. 2. Andi Hamim Zaidan, Ph.D	0003126704 0022048302	FST	Fibre Optic Sensor for Food Safety Applications	Baru	225.000.000
192	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Muji Harsini, M.Si. 2. Prof. Dr. Afaf Baktir, M.S. 3. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, M.Si.	0002056405 0014105603 0028047404	FST	SENSOR VOLTAMMETRI SENSITIF DAN SELEKTIF DOPAMIN BERBASIS ELEKTRODA POLIMELAMIN/ NANOPARTIKEL EMAS	Baru	100.000.000
193	Penelitian Tim Pascasarjana (PTP)	1. Dr. Drs. Mulyadi Tanjung, M.S. 2. Dra. Tjitjik Srie Tjahjandarie, Ph.D.	0022046503 0006026502	FST	Senyawa Baru Hibrid Alkaloid Adduct Diels-Alder dan Sikloadisi Dari Melicope quercifolia Sebagai Lead Compound Antikanker	Baru	175.000.000
194	Penelitian Strategis Nasional Institusi (PSNI)	1. Prof. Dr. Ni Nyoman Tri Puspaningsih, M.Si. 2. Prof. Dr Mirni Lamid, drh., M.P. 3. Drs. Sri Gunawan, DBA., M.Com.	0015066305 0016016204 0022126203	FST	PENGEMBANGAN KONSORSIUM EXCELZYME LOKAL UNTUK PENINGKATAN AKTIVITAS BIO-PRODUK DALAM APLIKASI PADA AGRO-INDUSTRI	Baru	180.000.000
195	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Nur Chamidah, S.Si., M.Si. 2. Badrus Zaman, S.Kom, M.Cs 3. Lailatul Muniroh, S.KM., M.Kes. 4. Drs. Budi Lestari, M.Si.	0006027202 0026017806 0025058010 0025106308	FST	Rancangan Grafik Standar Pertumbuhan Balita Jawa Timur Untuk Penentuan Standar Antropometri Penilaian Status Gizi Balita Pada Kartu Menuju Sehat Berdasarkan Pemodelan Regresi Semiparametrik Multirespon	Lanjutan	115.000.000
196	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Nuril Ukhrowiyah, S.Si., M.Si 2. Samian, S.Si., M.Si. 3. Yhosep Gita Yhun Yhuwana, S.Si., M.T.	0014047001 0021066702 0004097302	FST	Optimasi Akuisisi Data dan Pengembangan Metode Rekonstruksi yang Efisien pada Sistem Diffuse Optical Tomography untuk Deteksi Awal Adanya Kanker Payudara	Baru	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
197	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Prihartini Widiyanti, drg., M.Kes. 2. Reni Prastyani, dr., Sp.M., M.Kes. 3. Drs. Marcellino Rudyanto, M.Si., Ph.D., Apt.	0022027505 0030087405 0018056604	FST	HIDROGEL KORNEA BERBASIS KOLAGEN - GLIKOPOLIMER SEBAGAI ALTERNATIF SOLUSI UNTUK KEBUTAAN AKIBAT ULKUS KORNEA	Lanjutan	92.000.000
198	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Drs. Pujiyanto, M.S. 2. Prof. Dr. Moh. Yasin, M.Si. 3. Supadi, S.Si., M.Si.	0025036104 0003126704 0018097202	FST	Aplikasi Directional Coupler Berbasis Sistem Pergeseran Serat Optis Sebagai Pendeteksi Konsentrasi Ion Timbal, Aluminium dan Kadmium Dalam Air Secara Serempak	Lanjutan	100.000.000
199	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Purkan, S.Si., M.Si. 2. Wiwin Retnowati, S.Si., M.Kes. 3. Dr. Abdulloh, S.Si., M.Si.	0016117201 0009046803 0023047103	FST	Upaya Pengembangan Biodiesel Untuk Penyediaan Energi Terbarukan Menggunakan Microalga Chlorella sp Strain Lokal	Lanjutan	100.000.000
200	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Prof. Dr. Retna Apsari, M.Si. 2. Andi Hamim Zaidan, M.Si, Ph.D	0026066802 0022048302	FST	Fotodinamik Laser dengan Eksogen Fotosensitizer Klorofil Lokal Untuk Terapi Kanker Minimal Invasif	Lanjutan	225.000.000
201	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Retna Apsari, M.Si. 2. Prof. Dr. Anita Yuliati, drg., M.Kes. 3. Prof. Dr. Ir. Suhariningsih	0026066802 0009075803 0027065203	FST	Laser Induced Breakdown Spectroscopy Dengan Kombinasi Eksogen Fotosensitizer Lokal Untuk Terapi Penyembuhan Karies Gigi Minimal Invasif	Lanjutan	130.000.000
202	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Rimuljo Hendradi, S.Si., M.Si. 2. Indah Werdiningsih, S.Si., M.Kom. 3. Purbandini, S.Si., M.Kom. 4. Ir. Elly Ana, M.Si.	0002117101 0017028004 0012077103 0004126209	FST	Sistem Diagnosa Penyakit Anak di Bawah Lima Tahun (Balita) Menggunakan Principal Componen Analysis (PCA) dan Algoritma Apriori	Lanjutan	93.900.000
203	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Dra. Rosmanida, M.Kes. 2. Dr. Dra. Hamidah, M.Kes. 3. Drs. Salamun, M.Kes.	0028125404 0006106303 0010116120	FST	Karakterisasi dan Identifikasi Tumbuhan Yang Berpotensi Sebagai Breeding Site Vektor Demam Berdarah Dengue dan Chikungunya	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
204	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Drs. Saikhu Akhmad Husen, M.Kes. 2. Dr. Dra. Dwi Winarni, M.Si. 3. Drs. Salamun, M.Kes.	0014086305 0011076505 0010116120	FST	Potensi Antioksidan α dan γ Mangostin dari Ekstrak Kulit Buah Manggis (<i>Garcinia mangostana</i> , L) Untuk Perbaikan Kerusakan Hati dan Ginjal Pada Mencit Diabetik	Lanjutan	110.000.000
205	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Samian, S.Si., M.Si. 2. Andi Hamim Zaidan, M.Si.. Ph.D. 3. Supadi, S.Si., M.Si.	0021066702 0022048302 0018097202	FST	Rancang Bangun Sensor Ketinggian Zat Cair Menggunakan Fiber Coupler, Fiber Bundle Konfigurasi Sepasang dan Konsentris Sebagai Probe	Lanjutan	100.000.000
206	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Drs. Siswanto, M.Si. 2. Dr. Ir. Aminatun, M.Si. 3. Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.	0003056406 0028106810 0002016801	FST	Sintesis Hidroksiapatit dan Modifikasi Kompositnya Berbasis Bahan Alam Coral Untuk Aplikasi Implan tulang	Baru	100.000.000
207	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Siti Wafiroh, S.Si., M.Si. 2. Dr. Abdulloh, S.Si., M.Si. 3. Alfa Akustia Widati, S.Si., M.Si.	0012096801 0023047103 0005058503	FST	Produksi Membran Hollow Fiber Dari Serat Batang Pisang Coating TiO ₂ Untuk Degradasi Limbah Pewarna Tekstil	Lanjutan	80.000.000
208	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Sri Puji Astuti Wahyuningsih, M.Si. 2. Dr. Drs. Listijani Suhargo, M.Si. 3. Prof. Drs. Win Darmanto, M.Si., Ph.D.	0021026604 0017096204 0016066103	FST	Aktivitas Imunomodulasi dan Antioksidan Ekstrak Okra (<i>Abelmoschus esculentus</i>) sebagai Nutraceutical untuk Meningkatkan Imunitas	Lanjutan	120.000.000
209	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Sri Sumarsih, M.Si. 2. Dr. Fatimah, M.Kes. 3. Drs. Sofijan Hadi, M.Kes.	0001106010 0015107401 0014076502	FST	KONSTRUKSI BAKTERI LIPOLITIK UNGGUL DALAM PRODUKSI ENZIM LIPASE UNTUK APLIKASI INDUSTRI	Baru	100.000.000
210	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Drs. Suliyanto, M.Si. 2. Drs. Eko Tjahjono, M.Si. 3. Marisa Rifada, S.Si., M.Si.	0007096504 0007066009 0014038701	FST	PEMODELAN RISIKO KEJADIAN DIABETES MELLITUS DENGAN PENDEKATAN REGRESI LOGISTIK BINER NONPARAMETRIK	Baru	90.000.000
211	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si. 2. Dr. Abdurachman, dr., M.Kes. PA(K). 3. Winarno, S.Si., M.T.	0008046902 0011096602 0012098107	FST	OPTIMASI ILUMINASI LASER DIODE DAN OZON UNTUK EFEKTIVITAS FOTODINAMIK INAKTIVASI BIOFILM BAKTERI PENYEBAB INFEKSI	Lanjutan	100.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
212	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dra. Thin Soedarti, CESA. 2. Prof. Dr. Ir. Tini Surtiningsih, DEA. 3. Nur Indradewi Oktavetri, S.T., M.T.	0020096704 0010125104 0001108301	FST	BIOREMEDIASI LOGAM BERAT DAN CAMPURANNYA OLEH DIATOM LAUT Skeletonema sp	Lanjutan	110.000.000
213	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dra. Tjitjik Srie Tjahjandarie, Ph.D. 2. Dr. Mulyadi Tanjung, M.S. 3. Drs. Imam Siswanto, M.Si.	0006026502 0022046503 0025096801	FST	Pengembangan Senyawa Baru Alkaloid Furokuinolin Terisoprenilasi Dari Melicope moluccana T.G. Hartley Sebagai Lead Compound Antimalaria dan Antikanker	Lanjutan	200.000.000
214	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Windarto, S.Si., M.Si. 2. Dr. Eridani, M.Si. 3. Dra. Utami Dyah Purwati, M.Si.	0004117702 0001096904 0026065506	FST	Pengembangan Model Matematika Tipe Logistik dan Perbandingannya Dengan Model Empiris: Studi Kasus Dinamika Berat Unggas	Lanjutan	90.000.000
215	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Ir. Annis Catur Adi, M.Si. 2. Prof. Dr. Meryana Adriani, SKM, M.Kes. 3. Farapti, dr., M.Gizi.	0001036903 0017055904 0014048105	FKM	PENGARUH BERBAGAI TEKNIK PENGOLAHAN DAN PENAMBAHAN BAHAN PANGAN INGREDIENT (Serbuk Jamur, Minyak Zaitun, Serbuk Hati) TERHADAP MUTU NASI PADA BEBERAPA VARIETAS BERAS (Putih, Merah dan Hitam)	Baru	50.000.000
216	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Arief Hargono, drg., M.Kes.	0026017303	FKM	Evaluasi Surveilans Faktor Risiko Penyakit Kardiovaskular Berdasarkan Atribut Surveilans di Surabaya	Baru	57.500.000
217	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Lailatul Muniroh, SKM., M.Kes. 2. Farapti, dr., M.Gizi. 3. Indra Rahmawati, drh., M.Si.	0025058010 0014048105 0727048902	FKM	Identifikasi Senyawa Catechin Ekstrak Daun Kembang Bulan (Tithonia Diversifolia) Sebagai Anti Diabetes Dengan Induksi Streptozotocin (Stz) Dan Diet Tinggi Lemak Pada Tikus Putih (Rattus Norvegicus)	Baru	110.000.000
218	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Muji Sulistyowati, SKM., M.Kes.	0015117301	FKM	Model Teoretik Sekolah Berwawasan Kesehatan Sebagai Upaya Revitalisasi Usaha Kesehatan Sekolah (UKS)	Baru	55.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FAKULTAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
219	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Chatarina Umbul Wahyuni, dr., MS., MPH. 2. Muhammad Atoillah Isfandiari, dr., M.Kes. 3. Dr. Hari Basuki Notobroto, dr., M.Kes.	0016095405 0025037606 0025066504	FKM	Pengembangan Model Deteksi Dini Tuberkulosis Pada Dokter Praktek Mandiri Kota Surabaya	Baru	100.000.000
220	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Ratna Dwi Wulandari, SKM., M.Kes.	0018107504	FKM	Model Kesiapan Puskesmas Dalam Implementasi Akreditasi Berdasarkan Teori Organization Readiness For Change	Baru	53.500.000
221	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Santi Martini, dr., M.Kes. 2. Kurnia Dwi Artanti, dr., M.Sc. 3. Dr. Sri Widati, S.Sos., M.Si.	0027096603 0011048205 0016017707	FKM	Beban Penyakit Akibat Rokok di Jawa Timur	Baru	100.000.000
222	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Cholichul Hadi, M.Psi. 2. Dr. Drs. Duta Nurdibyanandaru, M.S. 3. Nono Hery Yoenanto, S.Psi., M.Pd.	0023036405 0021055405 0022066702	F.Psi.	STANDARDISASI PROCESSING SPEED ABILITY TES SEBAGAI BROAD ABILITY PEMBENTUK GENERAL INTELLIGENCE	Lanjutan	100.000.000
223	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Dewi Retno Suminar, M.Si. 2. Dr. Wiwin Hendriani, M.Si. 3. Rudi Cahyono, M.Psi.	0013036606 0002117802 0010098104	F.Psi.	Penyusunan Model Stimulasi Theory of Mind Sebagai Dasar Pengembangan Mental Diri Anak Sejak Dini	Lanjutan	100.000.000
224	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Fendy Suhariadi, M.T. 2. Ilham Nur Alfian, S.Psi., M.Psi. 3. Prof. Dr. Cholichul Hadi, M.Si.	0017016602 0001097603 0023036405	F.Psi.	Dual Process Motivational Model sebagai Determinan Ideological-Driven Prejudice, Ideologi dan Perilaku Politik	Baru	95.000.000
225	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Nurul Hartini, S.Psi., M.Kes. 2. Dr. Nur Ainy Fardana Nawangsari, S.Psi., M.Si. 3. Atika Dian Ariana, S.Psi., M.Sc.	0021047107 0027027203 0004038302	F.Psi.	Penguatan Literasi Kesehatan Mental Komunitas dan Keluarga untuk mendukung Program Anti Pasung di Jawa Timur	Lanjutan	100.000.000
226	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dra. Prihastuti, SU 2. Endah Mastuti, S.Psi., M.Si. 3. Herdina Indrijati, S.Psi., M.Psi.	0013075301 0027017405 0021037205	F.Psi.	Model intervensi i-safety program untuk menurunkan perilaku Internet Pornography Use pada remaja sebagai upaya awal untuk mencegah perilaku seksual pranikah	Baru	90.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
227	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Rahkman Ardi, M.Psych. 2. Triana Kesuma Dewi, S.Psi, M.Sc. 3. Dr. Wiwin Hendriani, M.Kes	0019058201 0002018302 0002117802	F.Psi.	Dampak Kepercayaan akan Eksklusivisme-Inklusivisme Agama terhadap Bentuk Interaksi dan Kepercayaan atas Pola Pengasuhan pada Aktivistis Organisasi Kemahasiswaan di Perguruan Tinggi Indonesia	Baru	105.000.000
228	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Drs. Seger Handoyo, M.Si. 2. Dr. Rahkman Ardi, S.Psi., M.Psych. 3. Sami'an, S.Psi., M.Psi. 4. Dewi Syarifah, S.Psi., M.Psi.	0016026602 0019058201 0004047702 0029098011	F.Psi.	Identifikasi Kekuatan Penentu dan Pendorong Perilaku Inovasi serta Intervensinya untuk Kemajuan Pengembangan Pariwisata di Nusa Tenggara Barat	Baru	100.000.000
229	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Tri Kurniati Ambarini, M.Psi., Psikolog. 2. Atika Dian Ariana, S.Psi., M.Sc. 3. Dr. Nurul Hartini, S.Psi., M.Kes.	0024048102 0004038302 0021047107	F.Psi.	Identifikasi Faktor Resiko Penyebab Status Mental Beresiko Gangguan Psikosis sebagai Dasar Pengembangan Program Preventif Pencegahan Kasus Psikosis di Indonesia	Baru	100.000.000
230	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Triana Kesuma Dewi, S.Psi., M.Sc. 2. Dr. Rahkman Ardi, M.Psych. 3. Primatia Yogi Wulandari, S.Psi., M.Si., Psikolog.	0002018302 0021047107 0003017904	F.Psi.	DEVELOPING A BREAST CANCER EARLY DETECTION PROGRAM FOCUSING ON BREAST SELF EXAMINATION	Baru	175.000.000
231	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Diah Ariani Arimbi, S.S., M.A., Ph.D. 2. Dra. Nur Wulan, M.A., Ph.D. 3. Puji Karyanto, S.S., M.Hum.	0004057002 0019127003 0002036903	FIB	KONTRADIKSI GLOBALISASI ANTARA PELESTARIAN LINGKUNGAN DAN KONSUMERISME: PERILAKU KONSUMSI MASYARAKAT PERKOTAAN – KELAS MENENGAH DALAM MENGELOLA LIMBAH PADAT DI SURABAYA	Lanjutan	92.000.000
232	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dra. Dwi Handayani, M.Hum. 2. Mochtar Lutfi, S.S., M.Hum. 3. Dr. Luita Aribowo, S.S., M.Hum.	0016026704 0004106803 0005087103	FIB	Pemertahanan Kearifan Lokal Pepatah-Petitih Sebagai Penguatan Sumber Daya Sosial Bagi Masyarakat Tengger	Lanjutan	100.000.000
233	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Drs. Eddy Sugiri, M.Hum. 2. Dr. Syamsul Sodiq, M.Pd. 3. Ali Yusuf, S.Ag., M.Pd.	0008055503 0013026601 0027087206	FIB	PENGUNAAN VARIASI BAHASA DALAM KHOTBAH SALAT JUMAT BERDASARKAN STRATIFIKASI SOSIAL JAMAAH DI MASJID-MASJID WILAYAH PROVINSI JAWA	Baru	97.500.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
					TIMUR: SUATU KAJIAN SOSIOLINGUISTIK		
234	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Edy Jauhari, M.Hum. 2. Dr. Drs. Dwi Purnanto, M.Hum. 3. Miftah Nugroho, S.S., M.Hum.	0010016306 0011116108 0025077703	FIB	Strategi Kesantunan Respon terhadap Kritik dalam Masyarakat Budaya Jawa Mataraman: Kajian Sosiopragmatik	Lanjutan	100.000.000
235	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Eni Sugiarti, S.S., M.Hum. 2. Shinta Devi Ika Shanti Rahayu, S.S., M.A. 3. Drs. Muryadi, M.IP.	0013117003 0011097704 0018026405	FIB	Dinamika Masyarakat Di Perbatasan Negara Indonesia-Timor Leste : Strategi Adaptasi Budaya Masyarakat Adat di Perbatasan Nusa Tenggara Timur - Timor Leste terhadap MODernisasi Birokrasi dan Pembangunan Sarana Prasarana di Perbatasan Negara	Baru	105.026.250
236	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Gayung Kasuma, S.S., M.Hum. 2. Rizki Andini, S.Pd., M.Litt., Ph.D. 3. Ikhsan Rosyid Mujahidul Anwari, S.S., M.A.	0011067304 0030047705 0009108105	FIB	"Jatidiri Wong Kito" dan Kearifan Lokal: Pola Adaptasi Budaya dan Dinamika Ekonomi Pengrajin Tenun Songket di Palembang, Sumatera Selatan	Baru	105.000.000
237	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Dr. Drs. Ida Bagus Putera Manuaba, M.Hum. 2. Dr. I Ketut Sudewa, M.Hum. 3. Dr. Dra. Adi Setijowati, M.Hum.	0008096406 0031126151 0013016007	FIB	Menggali Model Manajemen Organisasi Komunitas Sastra untuk Meningkatkan Produksi Sastra Menuju Pembangunan Karakter Bangsa	Lanjutan	150.000.000
238	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Listiyono Santoso, S.S., M.Hum. 2. Dr. Mohammad Adib, M.A. 3. Moch. Jalal, S.S., M.Hum.	0018077203 0028116005 0010086905	FIB	ETNOGRAFI KULINER NUSANTARA: PEMERTAHANAN, PELESTARIAN, DAN PENGEMBANGAN MASAKAN TRADISIONAL SEBAGAI INDUSTRI KREATIF BERBASIS KEARIFAN LOKAL	Lanjutan	100.000.000
239	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Deny Arnos Kwary, S.S., M.Hum., Ph.D. 2. Lastiko Endi Rahmanty, S.S., M.Hum.	0001017509 0011028303	FIB	RESEPSI WARIA DI JAWA TIMUR PADA ISU QUEER PARENTING DALAM FILM INDONESIA KONTEMPORER	Lanjutan	92.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
240	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Mochammad Ali, S.S., M.A., Min. 2. Drs. Jurianto, M.Ed. 3. Gede Wirata, S.H., S.Sos., M.A.P.	0010017205 0019056504 0810076301	FIB	Kemandirian Hidup Sehat Berbasis Kearifan Lokal pada Masyarakat Madura Melalui Ajhemo	Lanjutan	100.000.000
241	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Moses Glorino Rumambo Pandin, S.S. M.Si.	0011117006	FIB	Kajian Pengalaman Estetis Humor dalam Parikan Ludruk Jawa Timur	Baru	41.100.000
242	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Ni Wayan Sartini, M.Hum. 2. Prof. Drs. Ketut Artawa, M.A., Ph.D. 3. Dr. Drs. I Nyoman Sukiada, M.Hum.	0008116307 0024105607 0003035813	FIB	Menguak Nilai-nilai Kearifan Lokal dalam Wacana Ritual Pertanian Masyarakat Bali : Kajian Etnolinguistik	Lanjutan	100.000.000
243	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Purwantini, M.Hum. 2. Dr. Rina Ratih Sri Sudaryani, M.Hum. 3. Bramantio, S.S., M.Hum.	0021125402 0502046401 0004058106	FIB	Islam Modernis dalam Struktur Sosial Masa Pemerintahan Pascakolonial: Strategi Penanggulangan Kemiskinan Melalui Karya Sastra	Lanjutan	100.000.000
244	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Sarkawi, S.S., M.Hum. 2. Dr. Dra. Adi Setijowati, M.Hum. 3. Lina Puryanti, S.S., M.Hum.	0029067101 0013016007 0031017302	FIB	Berdamai dengan Kearifan Lokal: MENCARI MODEL PENDIDIKAN BAGI ANAK-ANAK PADA MASYARAKAT ADAT TANA TOA KABUPATEN BULUKUMBA SULAWESI SELATAN	Baru	100.000.000
245	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Dra. Sri Wiryanti Boedi Oetami, M.Si. 2. Drs. Tubiyono, M.Si. 3. Bea Anggraini, S.S., M.Hum.	0020055802 0029096007 0023096904	FIB	BAHASA PERGAULAN DI PULAU BAWEAN DALAM IMPLEMENTASI PERENCANAAN BAHASA LOKAL SEBAGAI IDENTITAS ETNOLINGUISTIK	Lanjutan	100.000.000
246	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dra. Sudar Itafarida, M.Hum. 2. Dr. Eduardus Bimo Aksono Herupradoto, drh., M.Kes. 3. Usma Nur Dian Rosyidah, S.S., M.A. 4. Erlita Rusnaningtias, S.S., M.A.	9990395074 0020096605 0001128007 0027117205	FIB	Penguatan Infrastruktur Sosial dan Budaya Masyarakat Surabaya dan Sidoarjo Melalui Collaborative Ecoliteracy untuk Mewujudkan Sustainable/ Eco City	Lanjutan	250.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
247	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Trisna Kumala Satya Dewi, M.S. 2. Drs. Heru Supriyadi, M.A. 3. Drs. Sholeh Dasuki, M.S.	0028026004 0017075504 0005106008	FIB	Mitos Pertanian "Dewi Sri": Model Pemertahanan dan Pengembangan Seni Pertunjukan Tradisi sebagai Perekat Sosial Masyarakat di Jawa-Madura	Baru	100.000.000
248	Penelitian Berbasis Kompetensi (PBK)	1. Dr. Ah. Yusuf, S.Kp., M.Kes. 2. Dr. Hanik Endang Nihayati, S.Kep.Ns., M.Kep. 3. Rr. Dian Tristiana, S.Kep.Ns., M.Kep.	0001016716 0016067610 0002058702	F.Kep.	Pengembangan Model Holistic dalam Perawatan Pasien Gangguan Jiwa	Lanjutan	115.000.000
249	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Esti Yunitasari, S.Kp., M.Kes. 2. Dr. Ah. Yusuf, S.Kp., M.Kes. 3. Andri Setiya Wahyudi, S.Kep., Ns., M.Kep.	0017067707 0001016716 0019068203	F.Kep.	PENGEMBANGAN MODEL PEMBERDAYAAN MASYARAKAT BERBASIS TRANSCULTURAL NURSING TERHADAP PEMBERIAN ASI EKSLUSIF PADA SUKU MADURA	Lanjutan	100.000.000
250	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Ferry Efendi, S.Kep.Ns., M.Sc., Ph.D. 2. Prof. Dr. Nursalam, M.Nurs (Hons) 3. Elida Ulfiana, S.Kep.Ns., M.Kep. 4. Rista Fauziningtyas, S.Kep. Ners. M.Kep.	0018028201 0025126601 0713107903 0717078702	F.Kep.	PILIHAN KARIR PERAWAT INDONESIA PASCA MIGRASI LUAR NEGERI: KAJIAN CROSS-SECTIONAL DAN LONGITUDINAL	Baru	100.000.000
251	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Mira Triharini, S.Kp., M.Kep.	0024047905	F.Kep.	Pengembangan Model Promosi Kesehatan Pada Ibu Hamil Dengan Determinasi Diri Dalam Perawatan Untuk Mencegah Anemia Di Surabaya	Baru	51.500.000
252	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Dr. Nursalam, M.Nurs (Hons) 2. Elida Ulfiana, S.Kep., Ns., M.Kep. 3. Ferry Efendi, S.Kep., Ns., M.Sc., Ph.D.	0025126601 0713107903 0018028201	F.Kep.	PENGARUH SLEEP HYGIENE DAN BRAIN GYM TERHADAP KENYAMANAN, SEKRESI β ENDORPHIN, MELATONIN DAN KUALITAS TIDUR PADA LANSIA	Baru	105.000.000
253	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Rizki Fitryasari PK, S.Kep.Ns., M.Kep.	0011028002	F.Kep.	Model Resiliensi Keluarga Berbasis Family-Centered Nursing dalam Merawat Pasien Skizofrenia	Baru	54.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
254	Penelitian Disertasi Doktor (PDD)	Yuni Sufyanti Arief, S.Kp., M.Kes.	0006067802	F.Kep.	Pengembangan Model Keperawatan Anak Berbasis Family Centered Empowerment Terhadap Kualitas Hidup Anak dengan leukemia	Baru	53.500.000
255	Penelitian Pasca Doktor (PPD)	Dr. Akhmad Taufiq Mukti, S.Pi., M.Si.	0008037404	FPK	Performa Morfologi, Reproduksi, dan Produksi Budidaya Ikan Nila Oreochromis niloticus Triploid Monoseks Jantan	Lanjutan	105.000.000
256	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Dr. Ir. Gunanti Mahasri, M.Si. 2. Dr. Ir. Kismiyati, M.Si. 3. Dr. Laksmi Sulmartiwi, S.Pi., M.P.	0009126004 0008085906 0003027202	FPK	UJI LAPANG PROTEIN MEMBRAN IMUNOGENIK Zoothamnium penaei SEBAGAI BAHAN PENGEMBANGAN IMUNOSTIMULAN UNTUK MENEKAN KEMATIAN UDANG VANAME (Litopenaeus vannamei) DI TAMBAK	Lanjutan	125.000.000
257	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT)	1. Prof. Ir. Moch. Amin Alamsjah, M.Si., Ph.D. 2. Prof. Dr. Sri Subekti, drh., DEA. 3. Kustiawan Tri Pursetyo, S.Pi., M.Vet.	0016017002 0017055202 0006118303	FPK	Rekayasa Teknologi Bioproduk Medium Density Fibreboard dari Limbah Rumput Laut Kappaphycus alvarezii dan Gracilaria verrucosa	Lanjutan	100.000.000
258	Penelitian Strategis Nasional Institusi (PSNI)	1. Ir. Muhammad Arief, M.Kes. 2. Prof. Dr. Ir. Hari Suprpto, M.Agr. 3. Ir. Sudarno, M.Kes.	0023086007 0016095807 0013075504	FPK	EVALUASI PENYEBAB KEMATIAN MASSAL KERAPU HIBRIDA (KERTANG) Epinephelus lanceolatus DAN PENCARIAN PENCEGAHANNYA DENGAN VAKSINASI ORAL MICRO ALGINATE PARTICLES	Lanjutan	100.000.000
259	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dr. Ir. Woro Hastuti Satyantini, M.Si. 2. Dr. Ir. Adriana Monica Sahidu, M.Kes. 3. Daruti Dinda Nindarwi, S.Pi., M.P.	0007096103 0016116105 0029098301	FPK	Pengembangan Bakteri Indigenus Tambak Udang Vaname (Litopenaeus vannamei) Sebagai Kandidat Probiotik	Lanjutan	105.000.000
260	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Andy Umardiono, S.Sos., M.Si. 2. Andriati, dr., SpKFR. 3. Nanang Haryono, S.IP., M.Si.	0024037201 0004016106 0722097901	F.Vok.	PENANGGULANGAN PENYAKIT TROPIS BERBASIS PERILAKU DAN BUDAYA LOKAL MASYARAKAT DI JAWA TIMUR	Baru	90.000.000

NO	SKEMA	TIM PENELITI	NIDN	FA KUL TAS	JUDUL	STATUS	DANA PENELITIAN
261	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Dian Yulie Reindrawati, S.Sos., M.M, Ph.D. 2. Nur Emma Suriani, S.Sos, M.Si. 3. Sulikah Asmorowati, S.Sos., M.Dev.St., Ph.D.	0007077604 0023127502 0016057501	F.Vok.	INOVASI INTEGRATED MARKETING COMMUNICATION (IMC) SEBAGAI STRATEGI PEMASARAN WISATA PANTAI SYARIAH SANTEN, BANYUWANGI	Baru	95.000.000
262	Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT)	1. Prof. Retno Handajani, dr., M.S, Ph.D. 2. Prof. Soetjipto, dr., MS., Ph.D. 3. Dr. Gwenny Ichsan Prabowo, dr., M.Kes.	0012104803 0017025004 0029096204	LPT	ANALISIS MUTASI DAN PREDIKSI PROTEIN GEN X VIRUS HEPATITIS B (VHB) (TAHUN PERTAMA) SERTA KADAR SITOKIN PRO DAN ANTI INFLAMASI (TAHUN KEDUA) PADA PENDERITA CHRONIC LIVER DISEASE (CLD) DI SURABAYA	Baru	100.000.000

Salinan sesuai dengan aslinya
Sekretaris Universitas,

KOKO SRIMULYO
NIP. 196602281990021001

Surabaya, 22 Januari 2018

REKTOR,

TTD

MOHAMMAD NASIH
NIP. 196508061992031002

**LAPORAN TAHUN TERAKHIR
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI
(PTUPT)**



**SENSOR POTENSIOMETRIK KREATININ BERBASIS *IMPRINTING*
ZEOLIT UNTUK DETEKSI DINI KELAINAN FUNGSI GINJAL**

TAHUN KE-2 DARI RENCANA 2 TAHUN

Dr. MIRATUL KHASANAH, M.Si	0004036705
ALFA AKUSTIA WIDATI, S.Si., M.Si	0005058503
Dra. USREG SRI HANDAJANI, M.Si	0029095603

**DIBIYAI OLEH:
DIREKTORAT RISET DAN PENGABDIAN MASYARAKAT
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
SESUAI DENGAN PERJANJIAN PENDANAAN PENELITIAN DAN
PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
NOMOR: 122/SP2H/PTNBH/DRPM/2018**

**UNIVERSITAS AIRLANGGA
NOVEMBER 2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Sensor Potensiometrik Kreatinin Berbasis Imprinting Zeolit untuk Deteksi Dini Kelainan Fungsi Ginjal

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Dr. Dra MIRATUL KHASANAH, M.Si
Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga
NIDN : 0004036705
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Kimia
Nomor HP : 08123077233
Alamat surel (e-mail) : miratul-k@fst.unair.ac.id

Anggota (1)
Nama Lengkap : ALFA AKUSTIA WIDATI S.Si, M.Si
NIDN : 0005058503
Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga

Anggota (2)
Nama Lengkap : Dra USREG SRI HANDAJANI M.Si
NIDN : 0029095603
Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 95,000,000
Biaya Keseluruhan : Rp 186,589,000



Mengetahui,
Dekan

(Prof. Win Darmanto, M.Si., Ph.D)
NIP/NIK 196106161987011001

Kota Surabaya, 12 - 11 - 2018
Ketua,

(Dr. Dra MIRATUL KHASANAH, M.Si)
NIP/NIK 196703041992032001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Inovasi

(Prof. H. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D.)
NIP/NIK 196705071991021001

RINGKASAN

Tingginya konsentrasi kreatinin di dalam tubuh seringkali dikaitkan dengan kelainan fungsi ginjal, sehingga diperlukan monitoring dan deteksi secara dini terhadap kadar kreatinin dalam tubuh. Metode yang umum digunakan dalam bidang kesehatan untuk mengukur kadar kreatinin adalah metode Jaffe secara spektrofotometri. Namun analisis kreatinin dengan metode ini memerlukan jumlah sampel yang banyak, memerlukan pereaksi kimia yang mahal, dan perlakuan sampel yang rumit. Tujuan penelitian yang dilakukan ini adalah mengembangkan metode deteksi kreatinin secara potensiometri melalui pengembangan sensor berbasis *imprinting* zeolit. *Imprinted* zeolit (IZ) dibuat dengan mencampurkan tetraetil ortosilikat (TEOS), tetrabutyl ortotitanat (TBOT), tetrapropilamonium hidroksida (TPAOH), dan akuades dengan rasio mol TEOS:TBOT:TPAOH:H₂O=1:0,017:0,24:21,1. Kreatinin ditambahkan ke dalam campuran dan selanjutnya diekstraksi dari struktur zeolit sehingga terbentuk cetakan yang diharapkan spesifik untuk kreatinin. Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa zeolit hasil sintesis merupakan zeolit jenis titanium silikalit 1 (TS-1) yang mempunyai struktur MFI (*Mobile Five I*). Elektroda karbon/IZ yang memiliki kinerja optimum terbuat dari karbon aktif, IZ, dan parafin dengan perbandingan massa 9:4:7. Dari penelitian didapatkan pH kerja larutan kreatinin sebesar 6-7, faktor Nernst sebesar 31,1 mV/dekade, jangkauan pengukuran 10⁻³-10⁻⁷ M, dengan linieritas kurva kalibrasi sebesar 0,9993, presisi 97,44-99,04%, dan batas deteksi metode 1,05x10⁻⁷ M. Waktu respon untuk konsentrasi kreatinin 10⁻⁷-10⁻³ M adalah 34-56 detik. Elektroda masih memberikan kinerja yang bagus hingga pemakaian 165 kali (selama 4 minggu). Berdasarkan nilai koefisien selektivitas, diketahui bahwa urea, asam urat, dan glukosa tidak mengganggu analisis kreatinin dalam berbagai konsentrasi. Aplikasi elektroda pasta karbon/IZ pada sampel serum menghasilkan nilai akurasi sebesar (77,9±3,8)%(n=5) terhadap metode spektrofotometri, sedangkan nilai *recovery* metode potensiometri adalah (86,9±4,1)% (n=3). Dengan demikian elektroda termodifikasi yang dikembangkan ini disarankan untuk digunakan sebagai kandidat sensor untuk analisis kreatinin dalam sampel serum di bidang medis.

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat dan karuniaNya, sehingga kami dapat melaksanakan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) Universitas Airlangga tahun 2018. Penelitian yang berjudul “**Sensor Potensiometrik Kreatinin Berbasis *Imprinting* Zeolit untuk Deteksi Dini Kelainan Fungsi Ginjal**” ini diharapkan menghasilkan metode alternatif untuk penentuan kadar kreatinin dalam serum disamping metode spektrofotometri yang umum digunakan di bidang medis, sehingga dapat memperkaya riset di bidang analisis yang menunjang bidang medis.

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kemenristek Dikti; Rektor dan Ketua Lembaga Penelitian dan Inovasi Universitas Airlangga, atas kesempatan dan pendanaan yang diberikan kepada kami untuk melaksanakan penelitian ini.
2. Dekan dan Ketua Departemen Kimia FST Universitas Airlangga yang telah memberikan fasilitas laboratorium selama penelitian ini berlangsung.
3. Sejawat dosen, laboran dan analis di lingkungan Departemen Kimia FST Unair yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.
4. Para mahasiswa bimbingan skripsi yang telah dengan tekun membantu melaksanakan penelitian ini.

Kami berharap semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi pihak terkait.

Surabaya, 12 November 2018
Tim peneliti

DAFTAR ISI

	hal
HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Analisis Kreatinin	3
2.2 Sensor Pasta Karbon Termodifikasi <i>Imprinting Zeolit</i>	4
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
3.1 Tujuan Penelitian	7
3.2 Manfaat Penelitian	7
BAB IV. METODE PENELITIAN	
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	9
4.2 Bahan dan Sampel Penelitian	9
4.3 Peralatan Penelitian	9
4.4 Prosedur Penelitian	9
4.5 Diagram Alir dan Target Luaran Penelitian	14
BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	
5.1 Hasil Penelitian dan Pembahasan	15
5.1.1 Sintesis zeolit, <i>non imprinted</i> zeolit (NIZ), dan <i>imprinted</i> zeolit (IZ)	15
5.1.2 Karakterisasi zeolit, NIZ, dan IZ	18
5.1.3 Hasil aktivasi karbon	21
5.1.4 Kurva standar, uji kinerja sensor dan validitas metode analisis	21
5.1.5 Aplikasi sensor pada sampel serum dan uji perbandingan metode	27
5.1.6 Waktu hidup elektroda	28
5.2 Luaran Yang Dicapai	28
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	30
6.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	34

DAFTAR TABEL

No Tabel	Judul Tabel	hal
5.1	Data bilangan gelombang spektra FTIR zeolit, NIZ, dan IZ	19
5.2	Data hasil pengukuran potensial elektroda pada larutan kreatinin	22
5.3	Data waktu respon elektroda pasta karbon/IZ terhadap larutan kreatinin	23
5.4	Data hasil pengukuran potensial kreatinin dan harga koefisien variasi	25
5.5	Perbandingan nilai K_{ij} hasil analisis menggunakan elektroda pasta karbon/IZ dan elektroda pasta karbon tanpa modifikasi	26
5.6	Data nilai akurasi dan <i>recovery</i> hasil analisis kreatinin pada serum darah	27
5.7	Data waktu hidup elektroda pasta karbon/IZ	28

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Judul Gambar	hal
2.1	Skema pembentukan imprinting zeolit	5
2.2	Skema teknik preparasi ZME (PDMS: polidimetilsiloksan); PS: polistiren; PEO: polietilen oksida	6
4.1	Konstruksi sensor pasta karbon/IZ	10
4.2	Diagram alir dan target luaran penelitian	14
5.1	Prediksi ikatan hidrogen yang terbentuk antara kreatinin dengan zeolit	17
5.2	Skema pembentukan <i>non-imprinted</i> zeolit dan <i>imprinted</i> zeolit	18
5.3	Pola difraksi sinar-X zeolit	18
5.4	Spektra FTIR kreatinin, zeolit, <i>non-imprinted</i> zeolit, dan <i>imprinted</i> zeolit	20
5.5	Foto elektroda pasta karbon/IZ	22
5.6	Kurva standar kreatinin (pH 7)	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Manuscript</i> yang dipublikasikan pada <i>Analytical and Bioanalytical Electrochemistry</i>	35
Lampiran 2	<i>Manuscript</i> yang disubmit ke seminar internasional CosCI 2018	45
Lampiran 3	<i>Manuscript</i> yang disubmit ke jurnal internasional <i>Open Chemistry</i>	55
Lampiran 4	<i>Draft</i> paten sederhana	65
Lampiran 5	Instrumen dan sarana pendukung penelitian	76
Lampiran 6	Personalia tenaga peneliti beserta kualifikasi/uraian tugasnya	77

BAB I PENDAHULUAN

Kreatinin merupakan hasil penguraian kreatin yang difiltrasi oleh glomerulus dan diekskresikan melalui urin. Pada umumnya, konsentrasi normal kreatinin dalam serum sekitar 0,6-1,2 mg/dL (Guo and Guo, 2005). Kadar kreatinin yang rendah dalam serum dapat menunjukkan status nutrisi yang rendah, sedangkan kadar kreatinin yang tinggi dapat menunjukkan adanya kerusakan pada ginjal, seperti nekrosis tubulus (penyebab gagal ginjal akut), glomerulonefritis (kerusakan pada glomerulus), dan sebagai petunjuk rendahnya kemampuan filtrasi glomerulus (Levey *et al.*, 1999).

Metode yang paling umum digunakan untuk penentuan kadar kreatinin dalam bidang kesehatan yaitu metode Jaffe. Metode ini memiliki selektivitas yang rendah dan kurang spesifik karena yang terukur bukan kadar kreatinin saja, tetapi juga keton, glukosa, asetoasetat, sefalosporin, piruvat, urea, asam urat, dan dopamin yang kemungkinan juga terdapat dalam sampel (Quon *et al.*, 2010, Mohabbati-Kelejahi *et al.*, 2012).

Beberapa tahun terakhir telah dikembangkan metode untuk analisis kreatinin, diantaranya yaitu analisis kreatinin yang dilakukan secara *flow injection-potentiometric* (Hassan *et al.*, 2005), voltametri menggunakan modifikasi *hanging mercury drop electrode* (HMDE)-*molecularly imprinted polymer* (MIP) (Lakshmi *et al.*, 2006) dan potensiometri menggunakan elektroda selektif ion (Elmosallamy, 2006). Metode yang dikembangkan dari penelitian tersebut umumnya tidak selektif, membutuhkan sampel dengan jumlah yang relatif banyak, memerlukan perlakuan yang rumit serta memiliki limit deteksi pada level 10^{-4} mol/L.

Untuk mengurangi kelemahan tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan modifikasi elektroda pasta karbon dengan *imprinting* zeolit untuk analisis kreatinin secara potensiometri. Potensiometri merupakan salah satu metode elektrokimia yang didasarkan pada penentuan potensial sel antara elektroda kerja dengan elektroda pembanding pada arus nol (Pundir *et al.*, 2013). Pada dasarnya, tidak semua analit dapat menghasilkan respon sinyal yang tinggi karena komponen elektroda yang digunakan memiliki konduktivitas yang rendah, sehingga tidak dapat menyampaikan respon potensial ke potensiometer. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan *imprinted*/cetakan zeolit dan karbon aktif dalam pembuatan elektroda yang berfungsi sebagai sensor pada potensiometri.

Pemilihan karbon sebagai material elektroda dikarenakan karbon merupakan material yang inert, memiliki luas permukaan yang besar, dapat bertindak sebagai adsorben dan memiliki konduktivitas yang tinggi (Pyun dan Lee, 2007; Yürüm *et al.*, 2009; Mukherjee *et al.*, 2014). Dengan demikian, karbon aktif ini diharapkan dapat meningkatkan sensitivitas pengukuran. Elektroda pasta karbon mudah dimodifikasi, murah, dan mudah diperbarui (Gholivand *et al.*, 2013), dengan demikian diharapkan memiliki waktu hidup yang lama.

Zeolit merupakan senyawa anorganik dengan struktur kristal berpori yang memiliki kerangka tiga dimensi dimana dengan struktur tersebut menjadikan zeolit mudah untuk dimodifikasi (Lestari, 2010). *Imprinting* zeolit adalah zeolit yang di dalam porinya terdapat cetakan molekul yang akan dikenali/dianalisis. Cetakan tersebut hanya akan sesuai dengan analit yang dicetakkan karena ukuran, bentuk dan sisi ikatan yang ditinggalkannya saat pencetakan. Pemanfaatan *imprinting* zeolit (IZ) sebagai material pemodifikasi sensor potensiometri untuk analisis asam urat dalam serum telah dipelajari (Khasanah *et al.*, 2013; 2016). Sensor termodifikasi IZ ini menunjukkan kinerja yang bagus terhadap asam urat.

Pada penelitian ini *imprinted* zeolit disintesis dari tetraetil ortosilikat (TEOS), tetrapropilamonium hidroksida (TPAOH), tetrabutyl ortotitanat (TBOT), air (Eimer *et al.*, 2008) dan analit kreatinin sebagai *template*. Selanjutnya kreatinin diekstraksi dari kerangka zeolit sehingga terbentuk cetakan yang spesifik untuk kreatinin. IZ dicampur dengan karbon aktif dan parafin padat dengan bantuan pemanasan sehingga terbentuk pasta. Pada penelitian ini digunakan kawat Ag sebagai penghantar listrik.

Karakterisasi terhadap *imprinted zeolit* dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer *fourier transform infrared* (FTIR), *x-ray diffraction* (XRD) dan *scanning electron microscope* (SEM). Optimasi komposisi elektroda dan pH larutan telah dipelajari pada tahun **pertama**. Kinerja sensor dipelajari melalui nilai waktu respon elektroda, jangkauan pengukuran, faktor Nernst, batas deteksi, presisi, dan waktu hidup elektroda pada pengukuran larutan standar kreatinin. Selektivitas sensor dipelajari melalui pengaruh keberadaan urea, asam urat dan glukosa pada analisis kreatinin. Uji keterpakaian metode dilakukan melalui aplikasi sensor pasta karbon/IZ untuk analisis kadar kreatinin dalam sampel serum, selanjutnya dilakukan uji perbandingan dengan hasil analisis menggunakan metode spektrofotometri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Kreatinin

Kreatinin mendapatkan perhatian sangat luas di kalangan biomedis dan bioanalisis karena peranannya yang sangat penting dalam proses metabolisme dalam tubuh. Kreatinin merupakan produk akhir metabolisme otot yang dilepaskan dari otot dan diekskresi dalam urin dengan kecepatan konstan. Kreatinin difiltrasi oleh glomerulus di dalam ginjal, sehingga kreatinin dapat digunakan sebagai penentu laju filtrasi glomerulus pada ginjal (Pandey and Mishra, 2004; Prasad *et al.*, 2008). Sering dijumpainya kasus abnormalitas kadar kreatinin dalam tubuh telah menyita perhatian peneliti dalam bidang biomedis dan biokimia analisis. Kadar kreatinin yang rendah dalam serum dapat menunjukkan status nutrisi yang rendah. Sedangkan kadar kreatinin yang tinggi dapat menunjukkan adanya kerusakan pada ginjal, seperti nekrosis tubulus (penyebab gagal ginjal akut), glomerulonefritis (kerusakan pada glomerulus), dan sebagai petunjuk rendahnya kemampuan filtrasi glomerulus (Levey *et al.*, 1999). Jika terdapat gangguan dalam ginjal, maka kadar kreatinin dalam serum akan meningkat dan kenaikan ini dapat digunakan sebagai indikator gangguan fungsi ginjal.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar kreatinin dalam darah diantaranya adalah aktivitas fisik yang berlebihan, diet kaya daging, serta mengkonsumsi obat tertentu seperti aldacton, sefalosporin (sefalozin, sefalotin), aspirin, dan co-trimexazole (Sukandar, 1997). Jenis kelamin dan usia juga mempengaruhi kadar kreatinin dalam darah. Kadar kreatinin dalam tubuh wanita sedikit lebih rendah dibandingkan pria karena massa otot wanita lebih rendah daripada pria. Nilai normal kadar kreatinin pada wanita sebesar 0,5-0,9 mg/dL, sedangkan pada pria sebesar 0,6-1,1 mg/dL. Apabila kadar kreatinin mencapai 1,5 mg/dL, maka diperlukan tes lebih lanjut untuk penilaian fungsi ginjal dan apabila kadar kreatinin lebih dari 5,9 mg/dL, maka hal itu menunjukkan adanya kerusakan berat pada ginjal (Madaras and Buck, 1996).

Kadar kreatinin dalam darah merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menilai fungsi ginjal karena kadar kreatinin dalam plasma dan ekskresinya di urin dalam 24 jam relatif konstan. Metode yang digunakan untuk analisis kreatinin di bidang biomedis saat ini adalah metode Jaffe. Prinsip dasar metode ini adalah reaksi antara kreatinin dalam suasana alkalis dengan asam pikrat dan membentuk kompleks berwarna kuning jingga.

Kompleks yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 485 nm (Falcó *et al.*, 2001; Quon *et al.*, 2010). Selain itu, ada juga metode enzimatik dan kinetik darah. Dasar metode enzimatik darah adalah adanya substrat dalam sampel akan bereaksi dengan enzim dan hasilnya dianalisis menggunakan fotometer. Sedangkan dasar metode kinetik relatif sama dengan metode Jaffe, hanya saja dalam pengukuran dibutuhkan sekali pembacaan dan alat yang digunakan pada metode ini dikenal dengan nama *autoanalyzer*.

Dari ketiga metode tersebut, yang banyak digunakan dalam bidang medis adalah metode Jaffe dimana metode ini dapat diaplikasikan pada serum atau plasma yang telah dideproteinasi dan tanpa deproteinasi. Untuk deproteinasi cukup banyak memakan waktu yaitu sekitar 30 menit, sedangkan jika tanpa deproteinasi hanya memerlukan waktu antara 2-3 menit.

Beberapa tahun terakhir telah dikembangkan metode voltametri untuk analisis kreatinin. Salah satunya yaitu analisis kreatinin secara voltametri lucutan menggunakan elektroda *hanging mercury drop* (HMDE) termodifikasi MIP (Lakshmi *et al.*, 2006) dan *glassy carbon* (Nurhidayatin, 2012). Hasil penelitian menunjukkan limit deteksi sebesar 0,445 ppb. Selain itu, telah dilakukan pengembangan metode potensiometri menggunakan elektroda selektif ion (Elmosallamy, 2006).

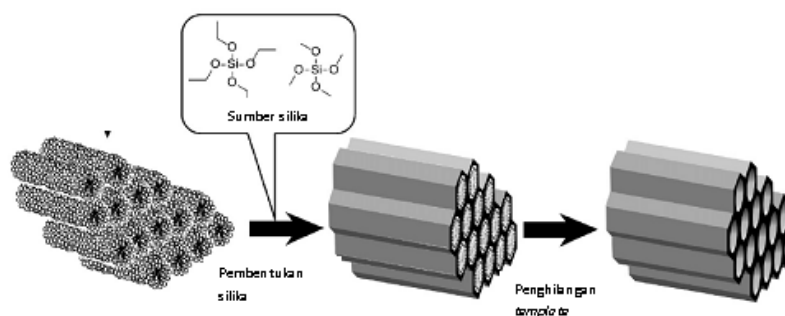
2.2. Sensor Pasta Karbon Termodifikasi *Imprinting* Zeolit

Elektroda kerja merupakan komponen terpenting dalam metode potensiometri karena sensitivitas dan selektivitas metode potensiometri salah satunya ditentukan oleh jenis elektroda kerja yang digunakan. Modifikasi terhadap elektroda seringkali dilakukan dengan tujuan untuk menambah selektivitas elektroda (mengurangi gangguan matriks dalam sampel yang dianalisis) dan meningkatkan sensitivitas pengukuran. Ada tiga macam cara modifikasi elektroda (El-Maali, 2004) yaitu melapisi elektroda dengan film melalui reaksi kimia secara *self-assembled monolayer (SAM)*, melapisi elektroda dengan lapisan polimer dengan cara elektropolimerisasi dan memodifikasi keseluruhan elektroda.

Modifikasi elektroda dengan cara yang ketiga memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan modifikasi permukaan elektroda. Di sini material *modifier* dicampur dengan material elektroda seperti pasta karbon. Permukaan elektroda dapat diperoleh dengan mudah dan cepat hanya dengan pemolesan atau pemotongan. Karbon yang dapat digunakan dapat bervariasi tergantung ukuran porinya, diantaranya karbon aktif dan karbon nanopori. Karbon aktif adalah serbuk karbon yang telah diaktivasi melalui cara kimia maupun fisika.

Karbon nanopori adalah karbon aktif yang memiliki ukuran pori kurang dari 100 nm. Karbon ini dapat digunakan sebagai material elektroda pada analisis secara elektrokimia (Petrova *et al.*, 2010). Pemanfaatan karbon aktif sebagai elektroda dalam bidang kimia dikarenakan karbon merupakan material yang inert, memiliki luas permukaan yang besar, dan memiliki konduktivitas yang tinggi (Pyun dan Lee, 2007).

Salah satu *modifier* yang dapat digunakan untuk modifikasi elektroda adalah sistem *imprinting zeolite* (IZ). Zeolit ter-*imprint* molekul analit dibentuk melalui interaksi silika dengan suatu *template* yaitu molekul target. Adanya *template* menyebabkan volume pori menjadi lebih selektif. Interaksi antara *template* dengan dinding zeolit adalah interaksi Coulomb, Van der Waals, dan ikatan hidrogen (Davis dan Burkett, 1995). Penghilangan *template* dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu metode ekstraksi pelarut dan kalsinasi. Metode ekstraksi pelarut jarang digunakan karena metode ini hanya mampu mengeluarkan *template* dari material tanpa menghilangkannya dari sistem sehingga dapat mengganggu proses aplikasi material. Metode yang banyak digunakan pada pembentukan cetakan adalah kalsinasi. Pemanasan suatu senyawa di atas titik didihnya akan menyebabkan senyawa tersebut berubah menjadi fasa uap. Pembentukan *imprinting zeolite* dijelaskan pada skema Gambar 2.1.

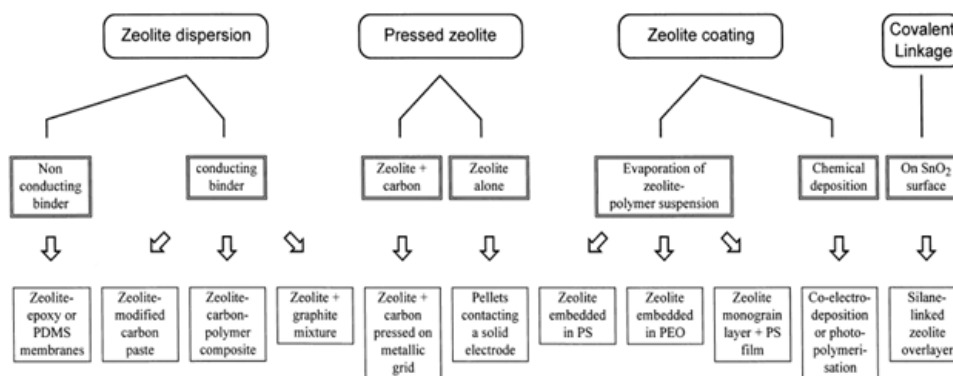


Gambar 2.1. Skema pembentukan *imprinting zeolite* (Vinu *et al.*, 2006)

Setelah terbentuk *imprinting zeolite*, tahapan berikutnya adalah preparasi *zeolite modified electrode* (ZME). Terdapat 4 teknik preparasi ZME yaitu dispersi partikel zeolit pada matriks padatan, kompresi zeolit pada substrat konduktif, pelapisan zeolit pada elektroda padat, dan interaksi kovalen partikel zeolit pada permukaan elektroda (Walcarius, 1999).

Sampai saat ini telah banyak dilakukan berbagai macam penelitian tentang ZME mulai dari teknik preparasi, jenis zeolit, modifikasi zeolit dengan senyawa atau logam lain, dan sebagainya. Skema teknik preparasi ZME dapat dilihat pada Gambar 2.2. Ardakani *et*

al., (2006) melakukan modifikasi elektroda grafit-ZME untuk analisis Cu(II). Modifikasi elektroda pasta karbon menggunakan zeolit alam (*natural zeolite modified carbon paste electrode*, NZMCPE) juga telah dikembangkan untuk menganalisis tembaga. Batas deteksi yang diperoleh adalah $1,5 \times 10^{-8}$ M (Alpat *et al.*, 2005). Elektroda pasta karbon termodifikasi zeolit terdoping Fe^{3+} untuk analisis triptofan dan asam urat telah dikembangkan oleh Babaei *et al.* (2008). Batas deteksi metode yang dikembangkan tersebut adalah 8×10^{-8} M untuk asam urat.



Gambar 2.2 Skema teknik preparasi ZME (PDMS : *polydimethylsiloxane*; PS : *polystyrene*; PEO : *polyethylene oxide*) (Walcarius, 1999)

Pemanfaatan *imprinted* zeolit (IZ) sebagai material pemodifikasi sensor potensiometri berbasis pasta karbon untuk analisis asam urat dalam serum juga telah dipelajari (Khasanah *et al.*, 2016). Sensor pasta karbon-IZ ini memiliki jangkauan pengukuran $10^{-5} - 10^{-2}$ M, faktor Nernst 28,6 mV/dekade, batas deteksi 0,015 mg/dL, presisi 98,6-98,8%, akurasi 95-105%, waktu respon 25-44 detik dan waktu hidup 10 minggu (127 kali pemakaian). Sensor yang dikembangkan ini memiliki selektivitas yang tinggi terhadap asam urat dalam matriks yang mengandung urea.

Sensor pasta karbon-IZ juga telah dikembangkan untuk analisis asam urat dalam urin dan serum secara potensiometri. Sensor tersebut menunjukkan jangkauan pengukuran $10^{-6} - 10^{-4}$ M, faktor Nernst 28,2 mV/dekade, batas deteksi 0,1 mg/dL, dan waktu respon 34-44 detik. Sensor yang dikembangkan ini memiliki selektivitas yang tinggi terhadap asam urat dalam larutan yang mengandung asam askorbat, kreatin dan kreatinin. Akurasi metode potensiometri untuk analisis asam urat dalam sampel urin sebesar $113,18 \pm 14,79\%$, sedangkan hasil uji perbandingan dengan metode spektrofotometri menunjukkan akurasi sebesar $94,47 \pm 14,64\%$ ($n=7$). Hasil uji perbandingan metode potensiometri dengan metode spektrofotometri untuk analisis asam urat dalam serum sebesar $(95,11 \pm 2,11)\%$ ($n=5$) (Khasanah *et al.*, 2017).

BAB III

TUJUAN DAN MAFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah mengembangkan sensor berbasis IZ yang sensitif untuk penentuan kadar kreatinin di dalam serum secara potensiometri, sehingga diperoleh metode alternatif untuk deteksi dini kreatinin disamping metode spektrofotometri yang selama ini digunakan di bidang medis. Dengan demikian akan mengurangi ketergantungan terhadap instrumentasi tertentu.

Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan pengembangan sensor yang sensitif dan selektif terhadap kreatinin melalui modifikasi elektroda pasta karbon dengan zeolit ter-*imprint* molekul kreatinin. Karbon dan zeolit sebagai material yang memiliki konduktivitas yang baik akan mempercepat waktu respon dan meningkatkan sensitivitas pengukuran. Dengan sistem *imprinting* ini akan dibentuk cetakan yang spesifik untuk molekul kreatinin, sehingga analisis terhadap kreatinin tidak diganggu oleh adanya matriks lain karena cetakan hanya akan sesuai terhadap spesi yang dianalisis yaitu kreatinin. Sensor yang dikembangkan ini diharapkan memiliki waktu hidup yang lama sehingga menguntungkan secara ekonomis.

Tujuan khusus penelitian **tahun kedua** (tahun terakhir) ini adalah sebagai berikut.

- a. Melakukan sintesis *imprinting* zeolit (IZ) dan mengkarakterisasinya.
- b. Melakukan pembuatan sensor pasta karbon/IZ dan menguji kinerjanya.
- c. Melakukan uji validitas metode potensiometri untuk analisis kreatinin.
- d. Mempelajari selektivitas sensor melalui uji pengaruh keberadaan urea, asam urat dan glukosa yang merupakan komponen dengan konsentrasi cukup tinggi dalam sampel serum.
- e. Mengaplikasikan sensor pasta karbon/IZ untuk analisis kreatinin dalam sampel serum dan melakukan uji perbandingan dengan hasil analisis menggunakan metode spektrofotometri (laboratorium klinis).

3.2 Manfaat Penelitian

Pengembangan sensor potensiometrik berbasis IZ ini diharapkan dapat menghasilkan metode baru yang sensitif, akurat dan selektif terhadap kreatinin. Dikembangkannya metode analisis kreatinin yang selektif dan akurat akan mengurangi resiko kesalahan diagnosis. Sensor yang sensitif dan mempunyai batas deteksi rendah (level nanogram) akan

dapat digunakan untuk mendeteksi kreatinin dengan kadar yang sangat rendah (deteksi dini) secara akurat dan membutuhkan sampel dengan jumlah yang sangat kecil (kurang dari 0,5 mL darah). Penggunaan sensor komposit ini akan semakin memperkecil biaya analisis (ekonomis) karena sensor dapat digunakan secara berulang-ulang dan dalam rentang waktu (*life time*) yang lama. Dengan menggunakan metode alternatif yang akurat dan ekonomis ini diharapkan dapat dilakukan diagnosis secara dini terhadap kadar kreatinin dalam tubuh pasien sehingga dapat diberikan *treatment* yang tepat pada penderitanya.

Hasil penelitian ini akan berdampak pada pengembangan metode elektroanalisis untuk mendeteksi senyawa lain yang kadarnya di dalam tubuh harus selalu dikontrol seperti kolesterol dan glukosa (gula darah). Dengan demikian dapat memperkaya riset di bidang elektroanalisis dan biomedis. Selain itu, dengan dikembangkannya metode elektroanalisis untuk deteksi kreatinin ini akan mengurangi ketergantungan terhadap satu jenis instrumentasi tertentu dan dapat membantu peningkatan sistem monitor pasien.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Instrumentasi Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga mulai bulan Februari-November 2018. Karakterisasi zeolit dilakukan di Laboratorium Energi ITS dan Universitas Negeri Malang.

4.2 Bahan dan sampel penelitian

Bahan penelitian

Bahan kimia yang digunakan adalah kreatinin, asam urat, glukosa, urea, tetraetil ortosilikat (TEOS), tetrapropilamonium hidroksida (TPAOH), tetrabutyl ortotitanat (TBOT), 2-propanol, urea, natrium asetat, asam asetat, natrium hidrogen fosfat, natrium dihidrogen fosfat, natrium hidroksida, ammonia, karbon *powder*, parafin *granule*, kawat Ag. Semua bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini berderajat kemurnian pro analisis. Air yang digunakan adalah akuabides.

Sampel penelitian

Sampel penelitian untuk uji coba aplikasi sensor berupa serum darah, diperoleh dari salah satu Laboratorium Klinik di wilayah Surabaya.

4.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat potensiometer *Cyberscan 510*, elektroda pembanding Ag/AgCl, pH-meter Metrohm tipe 744, *x-ray diffraction (XRD)*, *Fourier transform infra red (FTIR)*, *scanning electron microscope (SEM)*, adsorpsi-desorpsi N₂ (BET-BJH) *Quantochrome instrument versión 2.0*, mikropipet, *hotplate-magnetic stirrer*, tip mikropipet, serta peralatan pendukung lain.

4.4 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Sintesis dan karakterisasi *imprinting zeolite*

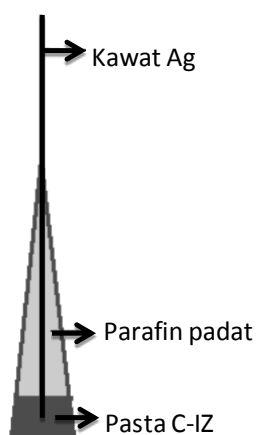
Zeolit disintesis dengan cara mencampurkan sebanyak 35 g TEOS ke dalam 0,9 g TBOT, kemudian diaduk selama 30 menit pada temperatur kamar. Sebanyak 20 g TPAOH

ditambahkan ke dalam campuran, kemudian diaduk selama 15 jam, sehingga campuran yang diperoleh mempunyai perbandingan mol $\text{TEOS} : \text{TiO}_2 : \text{TPAOH} : \text{H}_2\text{O} = 1 : 0,017 : 0,24 : 21,2$. Campuran yang terbentuk dipanaskan secara hidrotermal pada temperatur 80°C selama 4 hari. Sejumlah kreatinin ditambahkan ke dalam campuran hingga diperoleh rasio molar kreatinin/Si = 0,0306. Selanjutnya, campuran didiamkan selama 3 jam (Eimer *et al.*, 2008). Sebagai pembanding, dengan cara yang sama, dilakukan sintesis zeolit (tidak dilakukan penambahan kreatinin) dan *non imprinting zeolite* (kreatinin tidak diekstraksi dari zeolit). Selanjutnya, padatan hasil sintesis (zeolit, *imprinting zeolite* dan *non-imprinting zeolite*) yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, SEM dan adsorpsi-desorpsi N_2 (BET/BJH).

2. Pembuatan sensor pasta karbon/IZ

Pasta karbon nanopori dibuat dengan cara mencampurkan serbuk karbon aktif, IZ dan parafin padat dengan perbandingan massa 9:4:7, dengan bantuan pemanasan. Ke dalam tip mikropipet dimasukkan kawat Ag, selanjutnya diisi dengan parafin padat sebanyak $\frac{3}{4}$ bagian dan sisanya diisi dengan pasta yang terbuat dari campuran karbon aktif, IZ dan paraffin padat.

Setelah pasta memadat, ujung permukaan sensor kemudian digosok dengan kertas. Konstruksi sensor pasta karbon-IZ dapat dilihat pada Gambar 4.1. Selanjutnya sensor yang dibuat tersebut digunakan untuk mengukur larutan baku kreatinin konsentrasi 10^{-10} - 10^{-1} M dengan pH 7. Selanjutnya sensor pasta karbon-IZ direndam di dalam larutan baku kreatinin konsentrasi 10^{-5} M selama 24 jam untuk pengkondisian. Sebelum digunakan untuk analisis kreatinin, sensor dicuci dengan akuades melalui perendaman selama 5 menit.



Gambar 4.1 Konstruksi sensor pasta karbon/IZ

3. Pembuatan kurva baku kreatinin dan uji validitas metode

Dibuat sederetan larutan baku kreatinin dengan konsentrasi $10^{-10} - 10^{-1}$ M dengan pH 7 kemudian dianalisis secara potensiometri menggunakan sensor pasta karbon – IZ dan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali. Dibuat kurva hubungan antara log konsentrasi kreatinin dan besarnya potensial yang teramati untuk masing-masing konsentrasi kreatinin yang dianalisis. Selanjutnya data hasil pengukuran larutan baku tersebut digunakan untuk menguji waktu respon sensor dan validitas metode meliputi jangkauan pengukuran, linieritas kurva kalibrasi, faktor Nernst, presisi dan batas deteksi.

Waktu respon sensor dipelajari dengan cara mengukur waktu yang diperlukan oleh sensor untuk mengukur beda potensial masing-masing konsentrasi kreatinin sampai diperoleh nilai potensial yang konstan. Jangkauan pengukuran diartikan sebagai batas konsentrasi yang masih memberikan kurva linier yang memenuhi persamaan Nernst. Dalam potensiometri, faktor Nernst ditentukan dari nilai kemiringan (slope) pada kurva hubungan antara beda potensial (mV) dengan log konsentrasi kreatinin (M) (Cattrall, 1997). Titik potong ekstrapolasi regresi linier dan kurva non linier dihubungkan ke absis untuk menentukan batas deteksi. Presisi ditentukan dengan cara menghitung simpangan potensial hasil pengukuran berulang untuk masing-masing konsentrasi kreatinin (Taverniers *et al.*, 2004).

4. Uji selektivitas sensor

Untuk mengetahui selektivitas sensor dan melihat gangguan matriks pada analisis kreatinin, dilakukan uji pengaruh komponen yang umum terdapat dalam sampel serum dengan konsentrasi yang tinggi yaitu urea, asam urat dan glukosa masing-masing dengan konsentrasi bervariasi secara terpisah. Selektivitas sensor dinyatakan dengan nilai koefisien selektivitas (K_{ij}) yang dihitung berdasarkan teknik *match potential method* (MPM), sesuai persamaan 1.

$$K_{ij} = \frac{\Delta a_i}{a_j} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan a_i adalah konsentrasi ion analit dan a_j adalah konsentrasi ion matrik (Suyanta, 2013). Bila $K_{ij} > 1$, maka elektroda lebih merespon secara selektif larutan pengganggu kreatinin, yang dalam penelitian ini berarti urea, glukosa, dan asam urat dapat mengganggu elektroda pasta karbon/IZ, sedangkan apabila $K_{ij} < 1$, maka elektroda lebih merespon secara selektif terhadap kreatinin daripada larutan pengganggu (Cattrall, 1997). Apabila $K_{ij} = 1$

maka ion utama dan ion pengganggu memberikan respon yang sama terhadap elektroda, sedangkan apabila $K_{ij} = 0$, maka ion asing tidak mengganggu (Gupta *et al.*, 2010).

5. Aplikasi sensor untuk analisis kadar kreatinin dalam serum dan Uji perbandingan metode

Untuk melihat keterpakaian sensor dan metode yang dikembangkan, maka dilakukan aplikasi sensor untuk analisis kreatinin dalam sampel serum. Sampel serum diambil dari penderita/pasien (dari salah satu Labortorium Klinik di wilayah Surabaya). Sebanyak 100 μL sampel serum dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, ditambah dengan 2 mL buffer asetat pH 7, kemudian diencerkan dengan air sampai tanda batas. Selanjutnya sampel serum hasil preparasi tersebut dipindahkan ke dalam gelas beker dan dianalisis secara potensiometri menggunakan sensor pasta karbon-IZ. Dari data potensial yang diperoleh, selanjutnya dihitung konsentrasi asam urat dalam sampel serum. Konsentrasi yang diperoleh ini selanjutnya dibandingkan dengan konsentrasi yang diperoleh dari hasil analisis menggunakan spektrofotometri (data dari laboratorium klinik) dan dihitung akurasi berdasarkan persamaan 2.

$$A = \frac{C_{sp}}{K_s} \times 100 \% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana A=akurasi (%), C_{sp} adalah konsentrasi kreatinin dalam sampel serum hasil analisis dengan metode potensiometri, K_s adalah konsentrasi kreatinin hasil analisis menggunakan metode spektrofotometri (lab klinik) (Miller dan Miller., 1998).

Penentuan *recovery* dilakukan dengan menyiapkan tiga larutan, yaitu larutan sampel serum darah, larutan serum darah yang telah ditambahkan larutan kreatinin konsentrasi 10^{-4} M, dan larutan standar kreatinin konsentrasi 10^{-4} M. Larutan sampel serum darah dibuat dengan cara memipet 100 μL sampel serum, kemudian dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan 2 mL larutan bufer fosfat pH 7. Larutan kemudian diencerkan dengan akuades hingga tanda batas. Larutan serum darah yang mengandung larutan standar kreatinin 10^{-4} M dibuat dengan cara yang sama tetapi dengan penambahan 1,0 mL larutan kreatinin 10^{-3} M. Larutan standar kreatinin 10^{-4} M dibuat dengan cara memipet 1,0 mL larutan kreatinin 10^{-3} M, lalu dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan larutan bufer fosfat pH 7. Larutan kemudian diencerkan dengan akuades hingga tanda batas. Ketiga larutan tersebut diukur secara potensiometri menggunakan elektroda pasta karbon/*imprinted* zeolit dan nilainya disubsitusikan ke dalam persamaan regresi linier dari kurva standar sehingga diperoleh

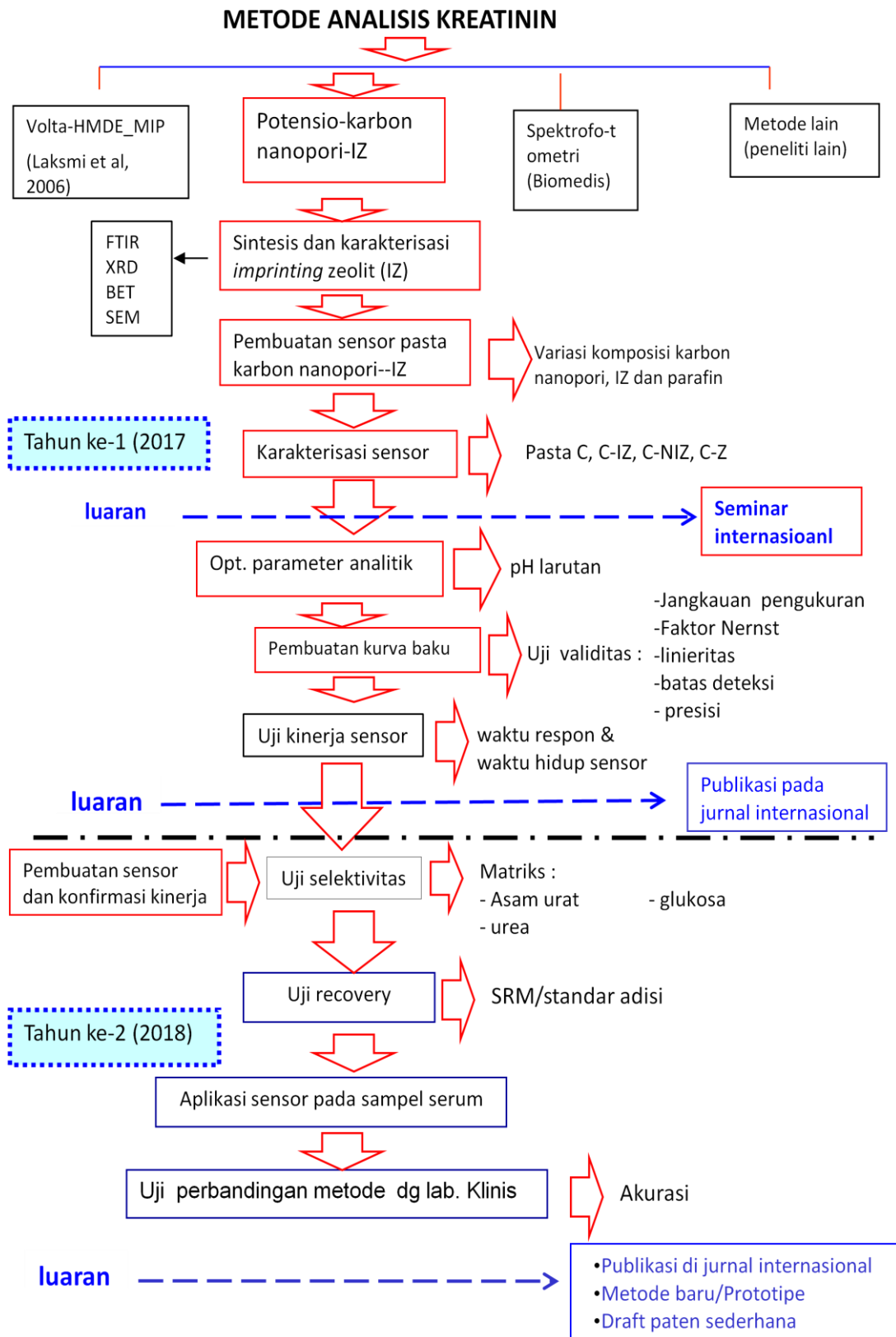
konsentrasi masing-masing larutan. Nilai *recovery* dihitung dengan mensubstitusikan konsentrasi ketiga larutan ke dalam persamaan 3.

$$R = \frac{C_{ss} - C_{sp}}{C_{std}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Dengan ketentuan R adalah *recovery* atau akurasi, C_{ss} adalah konsentrasi larutan sampel serum darah yang telah ditambah larutan standar kreatinin, C_{sp} adalah konsentrasi larutan kreatinin dalam serum darah, dan C_{std} adalah konsentrasi larutan standar kreatinin.

4.5 Diagram Alir (mengikuti alur warna merah) dan Target Luaran Penelitian

Tahapan penelitian dijabarkan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Diagram alir dan target luaran penelitian

BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1. Hasil Penelitian dan Pembahasan

5.1.1 Sintesis zeolit (Z), *non imprinted* zeolit (IZ) dan *imprinted* zeolit (IZ)

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis zeolit menggunakan metode yang dikembangkan oleh Eimer *et al.*(2008). Sintesis ini bertujuan untuk mendapatkan zeolit yang selanjutnya digunakan untuk memodifikasi elektroda pasta karbon sehingga dapat menghasilkan sensor yang selektif dan sensitif untuk mengukur kadar kreatinin secara potensiometri. Zeolit berfungsi sebagai cetakan (*imprinter*) kreatinin, sedangkan kreatinin berfungsi sebagai pembentuk cetakan (*template*). Zeolit hasil sintesis ini merupakan zeolit jenis titanium silikalit (TS-1) yang diharapkan mempunyai struktur MFI (*Mobile Five I*) dimana pada struktur tersebut, unsur titanium akan tersubstitusi ke dalam sebagian kerangka silikat (SiO_4). Zeolit tipe TS-1 dipilih untuk bahan modifikasi elektroda karena pori-pori zeolit mudah diatur ukurannya, sehingga nantinya ukuran dari pori-pori zeolit akan sesuai dengan ukuran molekul analit.

Pada penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan sebagai sumber silika yaitu tetraetil ortosilikat (TEOS) dan sumber titanium adalah tetrabutyl ortotitanat (TBOT). Tetrapropilamonium hidroksida (TPAOH) berfungsi sebagai pengarah struktur MFI yang berbentuk cincin ganda lima (Chen *et al.*, 2011) dan dapat juga berfungsi sebagai pemberi suasana basa yang berperan dalam proses kristalisasi. Air berfungsi sebagai pelarut. Zeolit ini dibuat dengan rasio mol TEOS:TBOT:TPAOH:H₂O=1:0,017:0,24:21,1.

Tahap pertama yang dilakukan dalam pembuatan zeolit adalah memasukkan larutan TBOT ke dalam 2-propanol secara cepat dan ditutup karena larutan TBOT sifatnya mudah terhidrolisis. Apabila TBOT sudah terhidrolisis menjadi TiO₂ yang strukturnya stabil, maka ikatan Ti-O-Si yang merupakan struktur dari TS-1 tidak dapat terbentuk (Thangaraj *et al.*, 1991). Larutan yang awalnya tidak berwarna setelah ditambah dengan TBOT hasilnya tetap tidak berwarna. Hal itu menunjukkan bahwa TBOT tidak terhidrolisis menjadi TiO₂ karena apabila sudah terhidrolisis, maka larutan berubah menjadi putih keruh. Proses selanjutnya yaitu campuran antara TBOT dengan 2-propanol dimasukkan ke dalam larutan TEOS dan diaduk selama 30 menit untuk menghomogenkan larutan dan mempercepat reaksi.

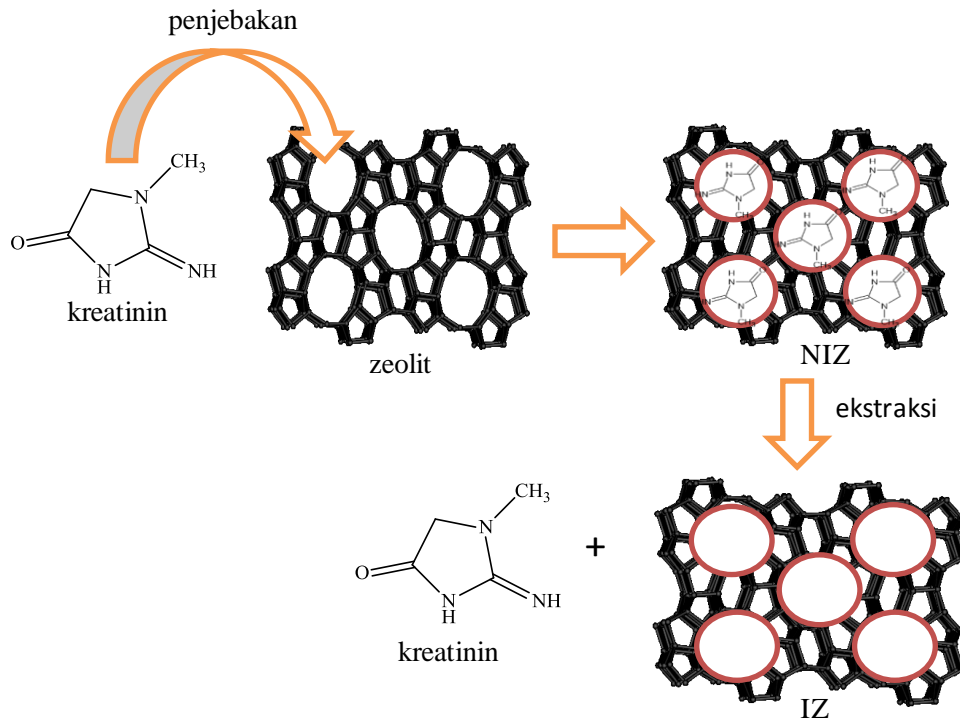
Campuran larutan selanjutnya ditambah dengan larutan TPAOH sedikit demi sedikit agar larutan dapat bereaksi sempurna sambil tetap diaduk. Pada saat penambahan TPAOH, larutan yang awalnya tidak berwarna mulai berubah warna menjadi gel berwarna putih.

Larutan yang sudah ditambah dengan TPAOH diaduk selama 15 jam. Proses pengadukan selama 15 jam ini disebut proses *aging* yang merupakan proses pembentukan inti kristal zeolit (nukleasi). Proses *aging* akan mengarahkan pemutusan dari monomer silika menjadi silika gel yang lebih kuat dengan pori yang diinginkan (Smitha *et al.*, 2006). Selama *aging* berlangsung, terjadi proses nukleasi kristal dimana kristal akan tumbuh semakin besar dan banyak (Meliala, 2012). Setelah 15 jam, terbentuk gel yang berwarna putih keruh. Campuran kemudian ditambah dengan air setetes demi setetes sambil tetap diaduk hingga gel yang terbentuk larut.

Proses selanjutnya yaitu proses hidrotermal dimana campuran yang sudah larut dimasukkan ke dalam botol polipropilena dan ditutup hingga rapat agar air yang sudah ditambahkan tidak menguap sehingga komposisi campuran di dalamnya tidak berubah. Botol polipropilena dipilih sebagai wadah dalam proses hidrotermal karena botol tersebut tahan terhadap panas hingga suhu 120°C. Campuran kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 80°C selama 4 hari. Suhu dijaga agar tetap konstan agar pada proses hidrotermal ini terjadi pertumbuhan kristal zeolit TS-1 secara sempurna. Di sini campuran larutan mengalami reaksi kondensasi dimana terjadi pemutusan dan penyusunan kembali ikatan Si, Ti-O-Si, dan Ti (Cundy and Cox, 2005). Setelah proses hidrotermal, terbentuk cairan berwarna putih susu. Larutan kemudian dibagi menjadi 3 bagian dimana 2/3 bagian dilakukan proses selanjutnya dan 1/3 bagian disentrifugasi.

Hasil dari sentrifugasi berupa dua lapisan dimana lapisan atas berupa larutan tidak berwarna dan lapisan bawah berupa endapan berwarna putih. Endapan dinetralkan menggunakan air hingga pH 7. Fungsi dari penetralkan yaitu untuk menghilangkan sisa-sisa bahan yang tidak ikut bereaksi dalam membentuk zeolit berstruktur MF1, misalnya sisa TPAOH. Endapan selanjutnya dipanaskan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam untuk menghilangkan air sehingga diperoleh padatan kering. Padatan ditumbuk hingga halus menggunakan mortar agat dan hasilnya berupa serbuk zeolit yang berwarna putih.

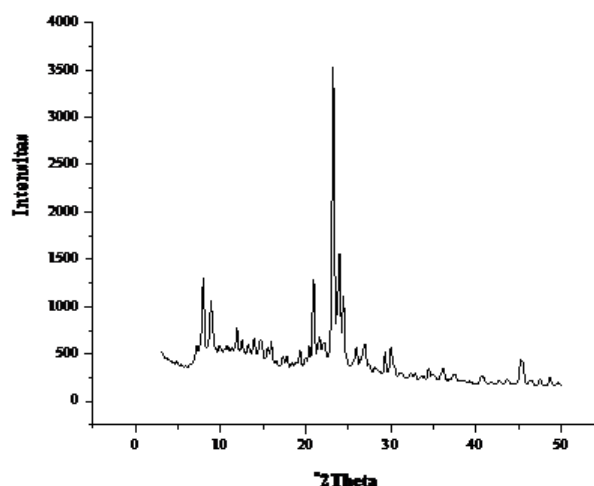
Non-imprinted zeolit merupakan zeolit yang di dalam pori-porinya mengandung *template* yaitu kreatinin. Larutan 2/3 bagian dari proses pembuatan zeolit ditambah sedikit demi sedikit larutan kreatinin dan diaduk. Pada saat penambahan kreatinin terbentuk larutan berwarna putih dengan rasio molar kreatinin/Si = 0,0306. Selanjutnya campuran didiamkan selama 3 jam dengan tujuan agar partikel-partikel kreatinin masuk ke dalam pori-pori zeolit dan menyesuaikan ukurannya dengan ukuran pori-pori zeolit. Pada tahap ini, terjadi ikatan hidrogen antara molekul kreatinin dengan zeolit melalui atom H yang terikat pada N dalam



Gambar 5.2 Skema pembentukan *non-imprinted* zeolit dan *imprinted* zeolit

5.1.2 Karakterisasi zeolit, NIZ dan IZ

Zeolit yang diperoleh dari prosedur sebelumnya selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD dan FTIR. Karakterisasi zeolit menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui jenis struktur kristal, ketidaksempurnaan kristal, ukuran dan kisi kristal. Karakterisasi ini dilakukan pada rentang $2\theta = 3-50^\circ$. Pola difraksi sinar-X yang diperoleh dari hasil karakterisasi zeolit dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 5.3 Pola difraksi sinar-X zeolit

Pada Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa terdapat spektra dengan intensitas yang tinggi pada daerah 2θ 7,96; 8,88; 23,22; 23,98 dan 24,44. Spektra tinggi pada daerah tersebut

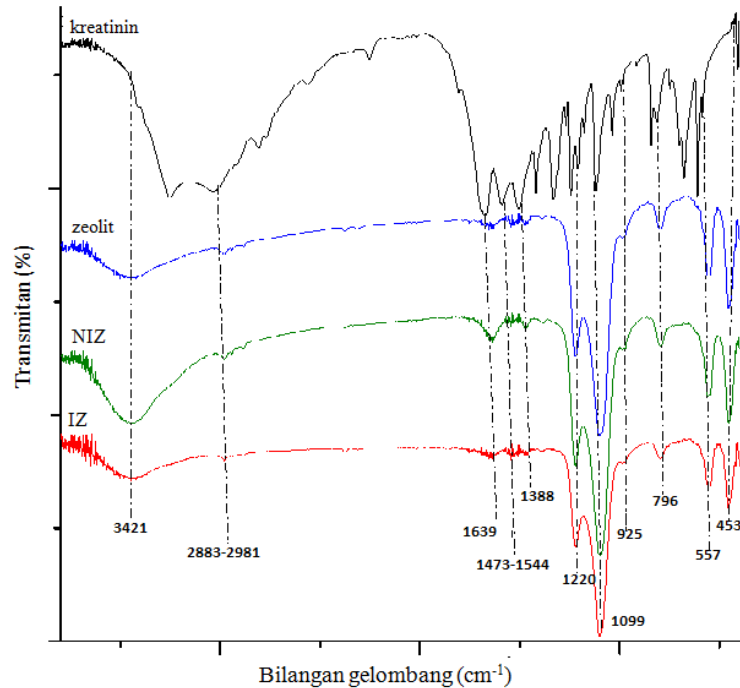
merupakan spektra yang khas dari zeolit TS-1 dengan struktur MFI (Qiu *et al.*, 2009). Pada daerah $2\theta = 24,44^\circ$, muncul satu spektra tinggi yang menunjukkan bahwa zeolit TS-1 berbentuk simetri ortorombik (Ke *et al.*, 2007). Spektra yang muncul dari karakterisasi XRD menunjukkan bahwa zeolit TS-1 telah berhasil disintesis.

Pada penelitian ini juga telah dilakukan karakterisasi terhadap zeolit, NIZ, dan IZ menggunakan FTIR untuk mengetahui dan membandingkan gugus fungsi antara zeolit, NIZ, dan IZ. Data bilangan gelombang dari hasil analisis FTIR dapat dilihat pada Tabel 5.1, sedangkan spektra FTIR kreatinin, zeolit, NIZ, dan IZ ditampilkan pada Gambar 5.4.

Tabel 5.1 Data bilangan gelombang spektra FTIR zeolit, NIZ, dan IZ

Bilangan gelombang (cm^{-1})			Gugus Fungsi
Zeolit	NIZ	IZ	
3421	3421	3431	-Vibrasi ulur –OH dari SiOH, TiOH, H ₂ O, dan TPAOH -Vibrasi ulur –NH dari kreatinin
2883-2981	2883-2979	2883-2981	Vibrasi ulurasimetri dan simetri –C-H dari TPAOH
1639	1629	1639	- Vibrasi tekuk –OH dari SiOH, TiOH, H ₂ O, dan TPAOH - Vibrasi ulur C=O dari kreatinin
1473-1544	1477	1481-1544	Vibrasi tekuk CH ₂ dari TPAOH
1388	1334-1382	-	Vibrasi tekuk CH ₃ dari TPAOH
1220-1099	1220-1099	1220-1099	Vibrasi ulur asimetri Si-O-Si
985	972	985	Vibrasi ulur Si-O-Ti
796	796	796	Vibrasi ulur simetri Si-O-Si
557	557	557	Vibrasi cincin ganda lima dari struktur MFI
453	453	457	Vibrasi tekuk Si-O-Si

Pada hasil analisis kreatinin, muncul dua spektra pada bilangan gelombang 3249 dan 3024 cm^{-1} yang merupakan spektra dari gugus fungsi N-H ulur amina primer. Sedangkan pada bilangan gelombang 1666 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C=O dari kreatinin yang merupakan gugus karbonil dari suatu amida kreatinin. Hasil karakterisasi zeolit menggunakan FTIR ini menunjukkan adanya spektra pada bilangan gelombang 453, 557, 796, 985 dan 1.099 cm^{-1} merupakan spektra khas dari zeolit TS-1 yang berstruktur MFI. Spektra pada bilangan gelombang 1099 cm^{-1} yang umumnya diikuti bilangan gelombang 1220 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur asimetri Si-O-Si. Spektra pada 985 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur Si-O-Ti yang mengindikasikan bahwa titanium telah tersubstitusi ke dalam kerangka zeolit.



Gambar 5.4 Spektra FTIR kreatinin, zeolit, *non-imprinted* zeolit, dan *imprinted* zeolit

Spektra pada bilangan gelombang 796 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur simetri Si-O-Si (Qiu *et al.*, 2009). Bilangan gelombang 453 cm^{-1} merupakan vibrasi tekuk dari Si-O-Si (Qiu *et al.*, 2009), serta pada 557 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi asimetri cincin ganda lima dari struktur MFI tipe zeolit TS-1 (On *et al.*, 2001). Pada bilangan gelombang 2981-2883, 1473-1544, dan $1334\text{--}1388\text{ cm}^{-1}$ merupakan puncak khas dari TPAOH, sedangkan pada bilangan gelombang 3421 cm^{-1} merupakan vibrasi ulur-OH.

Hasil analisis dengan FTIR dari *non-imprinted* zeolit (NIZ) menunjukkan bahwa spektra NIZ tidak jauh berbeda dengan zeolit maupun IZ. Namun, pada bilangan gelombang 3421 cm^{-1} , puncak spektranya lebih lebar dibandingkan pada zeolit. Hal itu dikarenakan selain adanya vibrasi ulur -OH dari NIZ, juga ada vibrasi ulur -NH dari kreatinin. Selain itu pada bilangan gelombang 1629 cm^{-1} terdapat vibrasi ulur C=O dari kreatinin. Hal ini menunjukkan bahwa kreatinin telah masuk ke dalam struktur zeolit. Pada bilangan gelombang $1334\text{--}1382\text{ cm}^{-1}$ dan 1629 cm^{-1} , puncaknya terlihat lebih tajam bila dibandingkan dengan zeolit. Hal itu dikarenakan adanya vibrasi gugus fungsi dari struktur kreatinin yang masuk ke dalam struktur zeolit.

Spektra FTIR dari IZ hampir sama dengan spektra zeolit. Hal ini dikarenakan adanya proses ekstraksi kreatinin yang telah dilakukan pada proses sintesis IZ, sehingga puncak serapan kreatinin sudah tidak muncul pada spektra IZ. Hilangnya gugus -NH kreatinin ditunjukkan oleh puncak pada 3431 cm^{-1} yang sudah tidak melebar lagi. Selain itu pada

daerah 1639 cm^{-1} dan $1481\text{-}1544\text{ cm}^{-1}$, puncaknya sudah tidak tajam lagi. Hal tersebut dapat menunjukkan bahwa kreatinin telah berhasil terekstrak.

5.1.3 Hasil aktivasi karbon

Pada penelitian ini proses preparasi karbon dilakukan dengan cara aktivasi terhadap serbuk karbon. Aktivasi karbon bertujuan untuk mendapatkan luas permukaan karbon yang lebih besar, selain itu juga untuk meningkatkan konduktivitas karbon sehingga saat diaplikasikan dalam pembuatan elektroda dapat mengalirkan arus listrik dengan baik.

Tahap aktivasi karbon diawali dengan merendam serbuk karbon dengan larutan H_3PO_4 0,1 N selama 24 jam dengan tujuan untuk membuka pori-pori karbon sehingga luas permukaannya menjadi lebih besar. Asam fosfat berfungsi sebagai aktivator karbon yang bertindak sebagai *dehydrating agent* yang kuat sehingga dapat memperbaiki pori dalam struktur karbon. Selanjutnya karbon disaring menggunakan corong *buchner* dan dicuci dengan akuades untuk menghilangkan sisa asam fosfat yang menempel pada karbon. Pencucian karbon dilakukan hingga pH netral dan hilangnya ion fosfat yang ditandai dengan tidak terbentuknya endapan putih Ag_3PO_4 pada filtrat hasil pencucian karbon setelah ditetesi larutan AgNO_3 1,7%. Karbon yang telah dicuci dan terbebas dari sisa asam fosfat selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 40 menit untuk menghilangkan air pada proses pencucian.

Karbon yang telah dikeringkan selanjutnya direndam dalam larutan n-heksana selama 24 jam. Perendaman karbon menggunakan larutan n-heksana bertujuan untuk melarutkan pengotor organik nonpolar yang tidak larut dalam asam fosfat. Setelah proses perendaman tersebut karbon disaring dari larutan n-heksana, kemudian dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 300°C selama 30 menit.

Luas permukaan karbon aktif ditentukan dengan menggunakan teknik adsorpsi metilen biru. Pada penelitian ini didapatkan luas permukaan karbon aktif setelah preparasi yaitu seluas $490,25\text{ m}^2/\text{g}$. Menurut Ramadani *et al.* (2017), karbon aktif memiliki struktur amorf dengan luas permukaan $300 - 35.000\text{ m}^2/\text{g}$.

5.1.4 Kurva standar, uji kinerja sensor dan validitas metode analisis

5.1.4.1 Kurva standar kreatinin

Elektroda pasta karbon/IZ dibuat dengan perbandingan massa serbuk karbon aktif, IZ dan paraffin padat dengan perbandingan 9:4:7. Konstruksi elektroda ditampilkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Foto elektroda pasta karbon/IZ

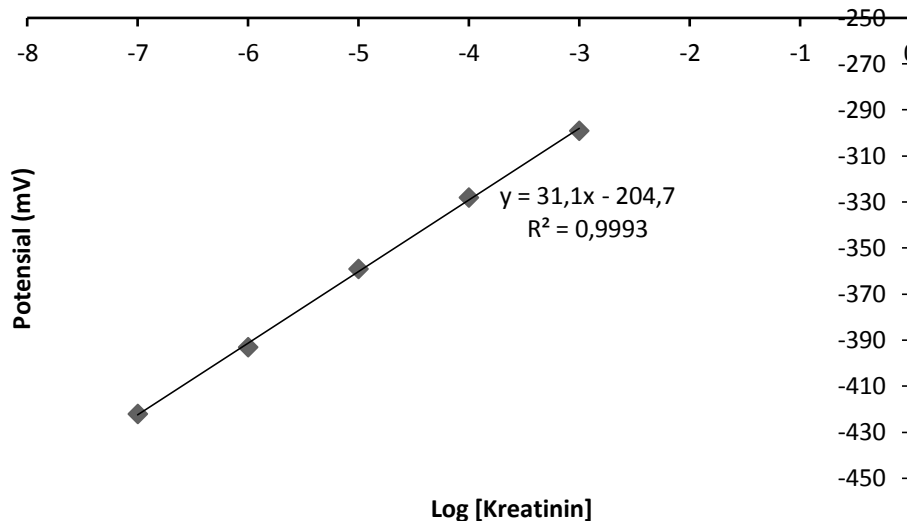
Selanjutnya elektroda tersebut direndam dalam larutan standar kreatinin 10^{-5} M selama 24 jam untuk pengkondisian. Sebelum digunakan untuk analisis, elektroda dicuci dengan akuades melalui perendaman selama 5 menit.

Pada penelitian ini, kurva standar kreatinin dibuat dari hasil pengukuran potensial elektroda pada larutan kreatinin konsentrasi 10^{-1} – 10^{-10} M dengan pH 7 menggunakan elektroda E6 yang merupakan elektroda dari hasil optimasi komposisi elektroda. Data hasil pengukuran potensial larutan kreatinin dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Data hasil pengukuran potensial elektroda pada larutan kreatinin

Konsentrasi Kreatinin (M)	Potensial (mV)
10^{-1}	-305
10^{-2}	-284
10^{-3}	-299
10^{-4}	-328
10^{-5}	-359
10^{-6}	-393
10^{-7}	-422
10^{-8}	-416
10^{-9}	-433
10^{-10}	-423

Dari data tersebut kemudian dibuat kurva hubungan antara log konsentrasi kreatinin dengan potensial yang terukur. Pada kurva hanya diambil titik-titik konsentrasi berurutan yang memberikan garis lurus dimana linieritasnya mendekati 1 dan memiliki faktor Nernst dalam kisaran $29,5 \pm 2$ mV/dekade yaitu 31,1 mV/dekade. Kurva standar kreatinin dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Kurva standar kreatinin (pH 7)

5.1.4.2 Kinerja sensor dan validitas metode analisis

Kinerja elektroda dan validitas metode analisis dapat dinyatakan dengan nilai waktu respon dan waktu hidup elektroda, jangkauan pengukuran, faktor Nernst, limit deteksi, presisi, akurasi dan selektivitas. Waktu respon merupakan waktu yang diperlukan elektroda untuk merespon analit dalam larutan. Waktu respon dihitung saat elektroda kerja dimasukkan ke dalam larutan sampai dengan terbacanya respon potensial yang stabil (Atikah and Fardiyah, 2013). Waktu respon yang didapatkan dari hasil pengukuran kreatinin menggunakan elektroda pasta karbon/IZ pada pH 7 dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Data waktu respon elektroda pasta karbon/IZ terhadap larutan kreatinin

Konsentrasi (M)	Waktu (detik)
10^{-10}	290
10^{-9}	280
10^{-8}	243
10^{-7}	170
10^{-6}	159
10^{-5}	156
10^{-4}	140
10^{-3}	135
10^{-2}	114
10^{-1}	92

Dalam penelitian ini, diperoleh data bahwa semakin besar konsentrasi maka semakin cepat waktu respon elektroda karena konsentrasi yang semakin meningkat juga akan meningkatkan jumlah dan pergerakan molekul, sehingga molekul semakin cepat mengalami perpindahan dari larutan ke elektroda, begitu pula sebaliknya (Suwarno, 2008).

Jangkauan pengukuran adalah rentang konsentrasi yang masih memberikan garis lurus pada kurva hubungan log konsentrasi dengan potensial dan masih memenuhi persamaan Nernst (Bakker *et al.*, 1997). Suatu elektroda dapat dikatakan bagus apabila memiliki jangkauan pengukuran yang luas (Taylor *et al.*, 1994). Elektroda memiliki jangkauan pengukuran sebesar $10^{-3} - 10^{-7}$ M.

Berdasarkan hasil dari kurva standar, didapatkan faktor Nernst sebesar 31,1 mV/dekade. Faktor Nernst ditunjukkan dari kemiringan (*slope*) persamaan regresi linier dimana persamaan regresi linier dari kreatinin yaitu $y = 31,1x - 204,7$, sedangkan linieritas kreatinin didapat dari nilai r persamaan regresi linier yaitu 0,9993. Nilai faktor Nernst ini telah memenuhi persamaan Nernst dan menjelaskan bahwa kreatinin merupakan molekul divalen.

Batas deteksi umumnya menyatakan besarnya kadar analit terkecil dalam sampel yang masih dapat diukur atau dideteksi dengan baik oleh suatu metode. Batas deteksi dapat ditentukan dengan menarik garis perpotongan antara garis linier dan garis nonlinier dari kurva standar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batas deteksi yang dihasilkan sebesar $1,05 \times 10^{-7}$ M. Hasil tersebut menunjukkan bahwa elektroda karbon/IZ baik untuk digunakan karena memiliki batas deteksi yang rendah. Apabila digunakan untuk mengukur sampel, maka sampel dengan konsentrasi kecil sudah bisa terukur sehingga bila diaplikasikan pada sampel riil maka tidak membutuhkan jumlah yang banyak.

Batas deteksi yang dihasilkan dari elektroda pasta karbon/IZ ini lebih baik bila dibandingkan dengan pengukuran kreatinin secara potensiometri menggunakan elektroda selektif ion yang dibuat dari 2-nitrofenil oktil eter (NPOE) sebagai *plasticizer*, dibenzo-30-crown-10 (DB30C10) dan potassium tetrakis (p-klorofenil)borat (PTp-CIPB) sebagai ionofor dan *anionic site*. Pada penelitian tersebut menghasilkan batas deteksi sebesar $1,1 \times 10^{-5}$ mol/L (Elmosallamy, 2006).

Khasanah *et al* (2018) telah melaporkan hasil pengembangan elektroda pasta karbon/IZ menggunakan zeolit tipe LTA. Elektroda dibuat melalui pencampuran serbuk karbon aktif, imprinted zeolit dan paraffin padat dengan perbandingan massa 9:3:8. Elektroda memiliki jangkauan pengukuran 10^{-7} - 10^{-5} M, waktu respon kurang dari 50 detik, dan batas deteksi sebesar $7,9 \times 10^{-8}$ M). Keberadaan urea dalam sampel tidak mengganggu penentuan kadar kreatinin. Aplikasi elektroda pada sampel serum menunjukkan akurasi sebesar 80,3-100,4% (n=5).

Validitas metode analisis secara umum juga dapat dinyatakan dengan nilai presisi dan akurasinya. Presisi merupakan keterulangan sinyal hasil analisis terhadap larutan yang konsentrasinya sama dan dilakukan pengulangan pengukuran dalam interval waktu yang pendek. Pada penelitian ini presisi dinyatakan dengan nilai koefisien variasi (KV) hasil pengukuran yang dilakukan pada tiga larutan kreatinin berbeda, namun konsentrasi dari ketiga larutan sama. Berdasarkan hasil pengukuran larutan kreatinin 10^{-7} - 10^{-3} M maka didapatkan KV sebedar 0,96% hingga 2,56%. Suatu metode analisis dikatakan memiliki presisi yang bagus apabila untuk pengukuran konsentrasi 10^{-3} - 10^{-7} M menghasilkan nilai KV 5,3% - 21% (Taverniers *et al.*, 2004). Semakin kecil nilai KV, maka semakin teliti elektroda yang digunakan untuk mengukur potensial kreatinin. Data pengukuran potensial kreatinin dan harga KV dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Data hasil pengukuran potensial kreatinin dan harga koefisien variasi

Konsentrasi (M)	Potensial (mV)			SD	KV (%)
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3		
10^{-7}	-340	-332	-323	8,50	2,56
10^{-6}	-313	-316	-310	3,00	0,96
10^{-5}	-285	-280	-278	3,61	1,28
10^{-4}	-254	-251	-245	4,58	1,83
10^{-3}	-224	-227	-220	3,51	1,57

Selektivitas elektroda juga dapat menggambarkan kinerja suatu elektroda. Selektivitas merupakan kemampuan elektroda/metode dalam mengukur analit secara cermat dengan adanya komponen lain. Pada penelitian ini, selektivitas elektroda dinyatakan dengan nilai koefisien selektivitas yang dihitung dengan metode *match potential methods* (MPM). Komponen yang diduga mengganggu analisis kreatinin menggunakan sensor yang dikembangkan ini adalah urea, asam urat dan glukosa yang ketiganya berada bersama-sama dengan kreatinin dalam sampel serum dan berdasarkan struktur kimianya berpotensi membentuk ikatan hidrogen dengan sisi ikatan pada *imprinting* zeolit. Pada penelitian ini dipelajari nilai koefisien selektivitas sensor pasta karbon termodifikasi IZ dan sensor pasta karbon tanpa modifikasi. Nilai koefisien selektivitas ditampilkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Perbandingan nilai K_{ij} hasil analisis menggunakan elektroda pasta karbon/IZ dan elektroda pasta karbon tanpa modifikasi

Larutan	Konsentrasi	K_{ij}	
		Elektroda termodifikasi	Elektroda pasta karbon
Urea	10^{-6}	$7,66 \times 10^{-5}$	3,5865
	10^{-5}	$8,41 \times 10^{-5}$	3,5805
	10^{-4}	$9,09 \times 10^{-5}$	6,3011
	10^{-3}	$1,18 \times 10^{-4}$	7,4320
Asam urat	10^{-6}	$2,45 \times 10^{-3}$	1,4078
	10^{-5}	$4,61 \times 10^{-3}$	1,4514
	10^{-4}	$5,17 \times 10^{-3}$	1,7116
	10^{-3}	$5,37 \times 10^{-3}$	2,1456
Glukosa	10^{-6}	$3,07 \times 10^{-6}$	1,6201
	10^{-5}	$3,37 \times 10^{-6}$	1,6909
	10^{-4}	$6,03 \times 10^{-6}$	2,2225
	10^{-3}	$9,27 \times 10^{-6}$	2,7901

Ketiga senyawa yang diduga mengganggu analisis kreatinin menggunakan elektroda pasta karbon/IZ ternyata menghasilkan koefisien selektivitas kurang dari 1 untuk masing-masing konsentrasi, artinya baik urea, asam urat, dan glukosa pada masing-masing konsentrasi tersebut tidak mengganggu analisis kreatinin secara potensiometri menggunakan elektroda pasta karbon/IZ. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sensor pasta karbon/IZ lebih selektif terhadap kreatinin daripada urea, asam urat, dan glukosa. Hal ini dikarenakan sisi aktif yang dimiliki oleh elektroda termodifikasi IZ hanya mengenali molekul kreatinin. Gugus fungsi senyawa pengganggu yang mirip dengan kreatinin tidak berinteraksi dengan sisi aktif pada *imprint* kreatinin yang terdapat pada elektroda, sehingga tidak mengganggu analisis kreatinin. Tetapi pada analisis menggunakan elektroda pasta karbon yang tanpa dimodifikasi dengan IZ, pada masing-masing konsentrasi senyawa menunjukkan bahwa elektroda tersebut tidak selektif terhadap kreatinin. Elektroda memberikan respon juga pada urea, asam urat, dan glukosa. Hal ini ditunjukkan nilai koefisien selektivitas lebih dari satu. Semakin tinggi konsentrasi senyawa pengganggu maka semakin besar gangguan yang ditimbulkan (K_{ij} semakin tinggi).

5.1.5 Aplikasi sensor pada sampel serum dan uji perbandingan metode

Aplikasi elektroda digunakan untuk uji keterpakaian elektroda melalui uji akurasi dan *recovery*. Akurasi ditentukan dengan cara membandingkan kadar hasil analisis secara potensiometri dengan data hasil analisis secara spektrofotometri yang dilakukan oleh laboratorium klinik. Pada Tabel 5.6 juga terlihat bahwa elektroda pasta karbon/IZ untuk analisis kreatinin secara potensiometri pada sampel serum darah menunjukkan nilai akurasi sebesar 73,7% - 79,2%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa metode potensiometri menggunakan elektroda pasta karbon/IZ yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki akurasi yang lebih rendah dari rentang keberterimaan akurasi suatu metode analisis kimia, yaitu 80% - 100% (Taverniers *et al.*, 2004). Akurasi yang kurang baik kemungkinan dapat disebabkan karena adanya senyawa pengganggu dalam serum darah.

Tabel 5.6 Data nilai akurasi dan *recovery* hasil analisis kreatinin pada serum darah

Larutan	Konsentrasi (M)		Akurasi (%)	<i>Recovery</i> (%)
	Potensiometri	Spektrofotometri*)		
Kreatinin 10^{-4} M	$4,73 \times 10^{-5}$	-	-	-
Serum darah 1	$5,12 \times 10^{-5}$	$6,46 \times 10^{-5}$	79,2	-
Serum darah 1 + kreatinin 10^{-4} M	$1,00 \times 10^{-4}$	-	-	82,1
Serum darah 2	$7,43 \times 10^{-5}$	$1,00 \times 10^{-4}$	73,7	-
Serum darah 2 + kreatinin 10^{-4} M	$1,37 \times 10^{-4}$	-	-	88,9
Serum darah 3	$9,56 \times 10^{-5}$	$1,18 \times 10^{-4}$	81,0	-
Serum darah 3 + kreatinin 10^{-4} M	$1,38 \times 10^{-4}$	-	-	89,6

*) data dari laboratorium klinik

Penentuan *recovery* dilakukan dengan mengukur larutan serum darah, larutan serum darah yang mengandung kreatinin dengan konsentrasi 10^{-4} M, dan larutan kreatinin dengan konsentrasi 10^{-4} M. Nilai potensial yang terukur disubstitusikan dalam persamaan regresi linier pada kurva standar kreatinin sehingga diperoleh konsentrasi dari masing-masing larutan. Dari data yang tercantum dalam Tabel 5.6 terlihat bahwa hasil analisis serum darah secara potensiometri menggunakan elektroda pasta karbon/IZ menunjukkan tingkat *recovery* yang baik dan memenuhi kriteria keberterimaan *recovery* metode analisis kimia menurut AOAC yaitu 80% - 110% (Taverniers *et al.*, 2004, sehingga metode ini sudah memenuhi syarat sebagai metode alternatif dalam bidang medis.

5.1.6. Waktu hidup sensor

Waktu hidup sensor dipelajari dengan cara mengaplikasikan elektroda pasta karbon/IZ untuk pengukuran larutan standar kreatinin dan diamati kinerja elektroda tersebut. Waktu hidup dihitung mulai saat elektroda memberikan kinerja optimum hingga mengalami penurunan kinerja secara signifikan. Berdasarkan pengukuran potensial elektroda karbon/IZ setiap minggunya, didapatkan faktor Nernst dan linieritas seperti pada Table 5.7.

Tabel 5.7 Data waktu hidup sensor pasta karbon/IZ

Minggu ke-	Jumlah pengukuran	Jangkauan pengukuran (M)	Faktor Nernst (mV/dekade)	Lineritas kurva(r)
1	40	10^{-7} - 10^{-3}	30,5	0,9604
2	85	10^{-7} - 10^{-3}	31,1	0,9930
3	128	10^{-7} - 10^{-3}	29,8	0,9851
4	165	10^{-7} - 10^{-3}	27,1	0,9944
5	177	10^{-7} - 10^{-3}	25,2	0,9769
6	183	10^{-7} - 10^{-3}	9,8	0,7826

Dari Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa dari hasil pengukuran setiap minggu terdapat perubahan faktor Nernst dan linieritas. Pada minggu ke-6 terjadi penurunan faktor Nernst dan linieritas yang cukup drastis. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran potensial sudah tidak akurat lagi, sehingga dapat disimpulkan bahwa elektroda sudah tidak layak digunakan lagi. Pada dasarnya waktu hidup elektroda bergantung pada pH elektroda dan sifat mekanik membran elektroda dimana sifat mekanik tersebut dipengaruhi oleh kelenturan membran. Semakin sering digunakan, maka permukaan elektroda akan mengalami perubahan. Permukaan elektroda menjadi tidak rata dan membentuk lubang karena sejumlah komponen elektroda dapat larut. Semakin banyak yang larut, jumlah zat yang berfungsi sebagai *template* akan semakin sedikit, sehingga selektivitasnya berkurang dan menghasilkan faktor Nernst yang tidak sesuai dengan kurva standar.

5.2. Luaran yang Dicapai

Hingga laporan ini ditulis, luaran yang telah dicapai untuk periode 2017-2018 berupa artikel ilmiah sebagai berikut.

1. Khasanah, M., Handajani, U.S., Widati, A.A., Abdulloh, 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. (manuscript terlampir)

2. Manuscript yang disubmit pada kegiatan The 2nd Collaboration Seminar of Chemistry and Industry 2018, dengan judul: “Imprinted Zeolite Modified Carbon Paste Electrode as a Selective Potentiometric Sensor for Creatinine Detection” (terlampir)
3. Manuscript yang disubmt ke jurnal internasional (Open Chemistry), dengan judul: “Imprinted Zeolite Modified Nanoporous Carbon Paste Electrode as Potentiometric Sensor for Creatinine” (terlampir)
4. Draft paten sederhana dengan judul “Sensor Berbasis *Imprinted* Zeolit Untuk Aplikasi Analisis Kreatinin” (terlampir)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Zeolit hasil sintesis merupakan zeolit tipe titanium silikat 1 (TS-1) dengan struktur MFI
2. Elektroda pasta karbon/IZ yang terbuat dari campuran karbon, IZ dan paraffin dengan perbandingan massa 9:4:7 menunjukkan kinerja sebagai berikut: jangkauan pengukuran 10^{-7} - 10^{-3} M, faktor Nernst 31,1 mV/dekade, batas deteksi $1,05 \times 10^{-7}$ M, waktu respon 34-56 detik, koefisien variasi (KV) 0,96%-2,56 %.
3. Elektroda pasta karbon /IZ yang telah dikembangkan menunjukkan selektivitas yang bagus terhadap kreatinin dalam larutan yang mengandung urea, asam urat atau glukosa dengan berbagai konsentrasi.
4. Aplikasi elektroda pasta karbon/IZ pada sampel serum menghasilkan nilai akurasi sebesar $(77,9 \pm 3,8)\%$ ($n=5$) terhadap metode spektrofotometri, serta *recovery* sebesar $(86,9 \pm 4,1)\%$ ($n=3$). Dengan demikian elektroda termodifikasi yang dikembangkan ini disarankan untuk digunakan sebagai kandidat sensor untuk analisis kreatinin dalam sampel serum di bidang medis

7.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan dari hasil penelitian ini adalah perlu dipelajari lebih lanjut tentang selektivitas sensor terutama pengaruh keberadaan komponen lain dalam sampel serum/urin, selain urea, asam urat, dan glukosa (gula), baik dalam bentuk tunggal maupun campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpat, S. K., Yuksel, U, and Akcay, H., 2005, **Development of a novel carbon paste electrode containing a natural zeolite for the voltammetric determination of copper**, *Electrochemistry Communication*, 7: 130-134.
- Ardakani, M. M., Akrami, Z., Kazemian, H., and Zare, H. R., 2005, **Electrocatalytic characteristics of uric acid oxidation at graphite-zeolite modified electrode doped with iron (III)**, *Electroanal. Chem.*, 586: 31-38.
- Atikah, Wijanarko, A. and Fardiyah, Q., 2013, **Pengaruh Ion Asing Terhadap Kinerja Elektroda Selektif Ion (ESI) Cd (II) Tipe Kawat Terlapis Berbasis D2EHPA Serta Aplikasinya pada Penentuan Kadar Kadmium dalam Air Sungai**, *Kimia Student Journal*, 2: 546-552.
- Bakker, E., Bühlmann, P., and Pretsch, E., 1997, **Carrier-Based Ion-Selective Electrodes and Bulk Optodes, 1 General Characteristic**, *Chemical Reviews*, 97: 3083-3132.
- Babaei, A., Zandehdel, M., Khalilzadeh, B., and Taheri, A., 2008, **Simultaneous determination of triptofan, uric acid and ascorbic acid at iron (III) doped zeolite modified carbon paste electrode**, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 66: 226-232.
- Cattrall, R.W., 1997, *Chemical Sensors*, Oxford University Press, New York.
- Chen, L.H., Li, X.Y., Tian, G., Li, Y., Rooke, J.C., Zhu, G.S., Qiu, S.L., Yang, X.Y., and Su, B.L., 2011, **Highly Stable and Reusable Multimodal Zeolite TS-1 Based Catalysts with Hierarchically Interconnected Three-Level Micro-Meso-Macroporous Structure**, *Angewandte Chemie*, 123: 11352-11357.
- Cundy, C. S. dan Cox, P. A., 2005, **The Hydrothermal Synthesis of Zeolites: Precursors, Intermediates and Reaction Mechanism-Review**, *Microporous and Mesoporous Materials*, 82: 1-78.
- Davis, M. E. and Burkett, S. L., 1995, **Towards the rational design and synthesis of microporous and mesoporous silica-containing materials**, *Zeolite*, 12 (2): 40-47.
- Eimer, G.A., Diaz, I., Sastre, E., Casuscelli, G.S., Crivello, M.E., Herrero, E.R., and Perez-Pariente, J., 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.
- El-Maali, N. A., 2004, **Voltammetric analysis of drugs**, *Biochemistry*, 64, 99-107.
- Elmosallamy, M.A.F., 2006, **New Potentiometric Sensors for Creatinine**, *Analytica Chimica Acta*, 564: 253-257.
- Falcó, P.C., Genaro, L.A.T., Lloret, S.M., Gomez, F.B., Cabeza, A.S., and Legua, C.M., 2001, **Creatinine Determination in Urine Samples by Batchwise Kinetic Procedure and Flow Injection Analysis Using the Jaffé Reaction: Chemometric Study**, *Talanta*, 55: 1079-1089.
- Fessenden, R.J. and Fessenden, J.S., 1982, *Kimia Organik Jilid 1 Edisi Ketiga* (Penterjemah Aloysius Hadyana Pudjaatmaka Ph.D.), Erlangga, Jakarta.
- Gholivand, M.B., Malekzadeh, G., Torkashvand, M., 2013, **Determination of Lamotrigine by Using Molecularly Imprinted Polymer-Carbon Paste Electrode**, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 692: 9-16.
- Guo, M.D. and Guo H.X., 2005, **Voltammetric Behaviour Study of Creatinine at Phosphomolybdic-Polypyrrole Film Modified Electrode**, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 585: 28-34.
- Gupta, F. K., Jain, R., Pal, M. K., 2010, **Mn²⁺ Selective Electrode Based on 3-(6-Aminopyridin-2-Ylimino-1,3-Diphenylpropylidene)Pyridine-2,6Diamine**, *Electrochemical Science*, 5: 1164-1178.

- Hassan, S.S.M., Elnemma, E.M., and Mohamed, A.H.K., 2005, **Novel Biomedical Sensors for Flow Injection Potentiometric Determination of Creatinine in Human Serum**, *Electroanalysis*, 17: 2246-2253.
- Lakshmi, D., Prasad, B.B., and Sharma, P.S., 2006, **Creatinine Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer-Modified Hanging Mercury Drop Electrode**, *Talanta*, 70: 272-280.
- Lestari, D.Y., 2010, **Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara**, *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010*, 978: 1-6
- Levey, A.S., Boshch, J.P., Lewis, J.B., Greene, T., Rogers, N., and Roth, D., 1999, **A More Accurate Method to Estimate Glomerular Filtration Rate from Serum Creatinine: a New Prediction Equation**, *Annals of Internal Medicine*, 130: 461-470.
- Khasanah, M., Harsini, M., and Widati, A.A., 2013, **Imprinting zeolite modified glassy carbon as a voltammetric sensor for uric acid**, *Indo. J. Chem*, 13 (2): 108-113.
- Khasanah, M., Widati, A.A., and 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.
- Khasanah, M., Harsini, M., Widati, A.A., 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 (6): 1039-1044.
- Khasanah, M., Handajani, U.S., Widati, A.A., Abdulloh, 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.
- Ke, X., Xu, L., Zeng, C., Zhang, L., and Xu, N., 2007, **Synthesis of Mesoporous TS-1 by Hydrothermal and Steam-Assisted Dry Gel Conversion Techniques with The Aid of Triethanolamine**, *Microporous and Mesoporous Materials*, 106: 68-75.
- Madaras, M.B. and Buck, R.P., 1996, **Miniaturized Biosensors Employing Electropolymerized Permselective Films and Their Use for Creatinine Assays in Human Serum**, *Analytical Chemistry*, 68: 3832-3839.
- Meliala, P., 2012, **Pengaruh Rasio Mol Si/Al untuk Mengakselerasi Proses Gel Aging Menggunakan Jet Bubble Column pada Rute Pembuatan Zeolit ZSM-5**, *Skripsi*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Mohabbati-Kalejahi, E., Azimirad, V., Bahrami, M., Ganbari, A., 2012, **A Review on Creatinine Measurement Techniques**, *Talanta*, 97: 1-8.
- Mukherjee, S., Gangradey, R., Guru, S., Nayak, P., Agrawal, J., Tripathi, V.S., 2014, **Degassing Measurement studies Carried Out for Various Forms of Activated Carbon**, *Procedia Materials Science*, 6: 265-271.
- Nurhidayatun, L., 2012, **Analisis Kreatinin secara Voltammetri Lucutan Menggunakan Elektroda Lapisan Merkuri pada elektroda Glassy Carbon**, *Skripsi*, Universitas Airlangga, Surabaya.
- On, D.T., Lutic, D., and Kaliaguine, S., 2001, **An Example of Mesoporous Zeolitic Material: UL-TS-1**, *Microporous and Mesoporous Materials*, 44-45: 435-444.
- Pandey, P.C. and Mishra, A.P., 2004, **Novel Potentiometric Sensing of Creatinine**, *Sensors and Actuators B*, 99: 230-235.
- Prasad, B.B., Patel, A.K., and Sharma, P.S., 2008, **Development of a Creatinine Sensor Based on a Molecularly Imprinted Polymer-Modified Sol-Gel Film on Graphite Electrode**, *Electroanalysis*, 20: 2102-2112.

- Petrova, B., Tsyntsarski, B., Budinova, T., Petrov, N., Ania, C.O., Parra, J. B., Mladenov, M., and Tzvetkov, P., 2010, Synthesis of Nanoporous Carbons from Mixtures of Coal Tar Pitch and Furfural and Their Application as Electrode Materials, *Fuel Processing Technology* 91 : 1710–1716.
- Pundir, C.S., Yadav, S., and Kumar, A., 2013, **Creatinine Sensors-Review**, *Trends in Analytical Chemistry*, 50: 42-52.
- Pyun, S. and Lee, G., 2007, **Synthesis and Characterization of Nanoporous Carbon and Its Electrochemical Application to Electrode Material for Supercapacitors**, *Modern Aspect of Electrochemistry*, No 41, Springer, New York.
- Qiu, F., Wang, X., Zhang, X., Liu, H., Liu, S., and 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.
- Quon, H., Grossman, C.E., King, R.L., Putt, M., Donaldson, K., Kricka, L., Finlay, J., Zhu, T., Dimofte, A., Malloy, K., Cengel, K.A., and Busch, T.M., 2010, **Interference with the Jaffé Method for Creatinine Following 5-aminolevulinic acid Administration**, *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 7: 268-274.
- Ramadani, N. dan Kurniawati P., 2017., **Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas**, *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya 2017*, D III Analisis Kimia, FMIPA, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Smitha S, Shajesh P, Aravind P. R., Rajesh K. S., Pillai, P. K., dan Warriar K. G. K., 2006, **Effect Aging Time and Concentration of Aging Solution on The Porosity Characteristic of Subcritically Dried Silica Aerogels**, *Microporous and Mesoporous Materials*, 91: 286-292.
- Sukandar E., 1997, *Tinjauan Umum Nefropati Diabetik in Nefropati Klinik*, Edisi Kedua, ITB, Bandung.
- Suwarno, I.N., 2008, **PembuatandanPencirianElektrodeSelektif Ion Magnesium TipeKawatTerlapis**, *Skripsi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Suyanta, 2013, *Potensiometri*, UNY Press, Yogyakarta.
- Taverniers, I., Loose, M.D., and Bockstaele, E.V., 2004, **Trends in Quality in The Analytical Laboratory. II. Analytical Method Validation and Quality Assurance**, *Trends in Analytical Chemistry*, 23: 535-552.
- Taylor, L.R., Papp, R.B., and Pollard, B.D., 1994, *Instrumental Methods for Determining Elements, Selection, and Application*, VCH Publishers, Inc, New York.
- Thangaraj, A., Kumar, R., Mirajkar, P., and Ratnasamy, P., 1991, **Catalytic Properties of Crystalline Titanium Silicates: I. Synthesis and Characterization of Titanium-Rich Zeolite with MFI Structure**, *Journal of Catalysis*, 130: 1-8.
- Walcarius, A., 1999, **Zeolite-Modified Electrodes in Electroanalytical Chemistry-Review**, *Analytica Chimica Acta*, 384: 1-16.
- Vinu, A., Mori, T., Ariga, K., 2006, **New Families of Mesoporous Materials**, *Science and Technology of Advanced Materials*, 7, 753-771.
- Yürüm, Y., Taralp, A., and Veziroglu, T.N., 2009, **Storage of Hydrogen in Nanostructured Carbon Materials-Review**, *International Journal of Hydrogen Energy*, 34: 3784-3798.

LAMPIRAN

Full Paper

Construction and Performance of Creatinine Selective Electrode based on Carbon Paste-Imprinting Zeolite

Miratul Khasanah*, Usreg Sri Handajani, Alfa Akustia Widati, Abdulloh Abdulloh and Ria Risty Rindarti

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga Mulyorejo Kampus C Universitas Airlangga, Surabaya 60115, Indonesia

*Corresponding Author, Tel.: +628123077233; Fax: +62315922427

E-Mail: miratul-k@fst.unair.ac.id

Received: 29 January 2018 / Received in revised form: 24 March 2018 /

Accepted: 10 April 2018 / Published online: 30 April 2018

Abstract- Carbon paste-modified imprinted zeolite electrodes as a potentiometric sensor for creatinine detection have been constructed. The modified electrodes were fabricated by mixing activated carbon, imprinted zeolite, and paraffin. The electrode that was prepared with a respective mass ratio of 45:15:40 showed the best performance in creatinine detection. In addition, the electrode showed a fast response time (less than 50 s), a wide range of measurement (10^{-7} – 10^{-5} M), and a low limit of detection (7.9×10^{-8} M). The presence of urea in the solution did not interfere in the detection of creatinine. The proposed creatinine-selective sensor exhibited good reproducibility, accuracy, and a long lifetime. The creatinine-selective electrode based on carbon paste-imprinted zeolite can be potentially used for creatinine detection in the medical field.

Keywords- Creatinine selective electrode, Imprinted zeolite, Potentiometry

1. INTRODUCTION

Creatinine is a product of muscle metabolism, which is excreted through urine. The normal level of creatinine in blood is about 0.6 until 1.2 mg/dL. A lower than normal creatinine concentration may indicate poor nutrition [1], while a high level of creatinine can be a warning for kidney malfunction such as glomerulonephritis, tubular necrosis, and low

filtration of glomerulus [2].

In clinical detection, creatinine concentration is commonly determined using the Jaffe method through reaction between creatinine and picric acid [3]. This method is not specific because not only creatinine, but also ketone, glucose, bilirubin, acetoacetic, and cephalosporin are detected [4]. Chromatography has also been used for creatinine detection; however, this method is time-consuming [5]. Other methods such as flow injection potentiometry [6] and voltammetry using a molecularly imprinted polymer (MIP)-modified hanging mercury drop electrode (HMDE) method [7,8] have been developed for creatinine detection. Detection of creatinine by voltammetry using an electrode based on poly(melamine-co-chloranil)-modified HMD exhibited high selectivity [7]. Unfortunately, this electrode had a short lifetime (can be used only once). The electrode preparation process also depends on polymer solubility. For a low-solubility polymer, electrode fabrication is difficult. A MIP synthesized from aniline as a monomer with ammonium peroxydisulfate as the initiator and creatinine as a template has been used to modify HMDE for voltammetric detection of creatinine. This method yielded high accuracy and sensitivity, but had low precision [9].

Potentiometry is one of the electrochemical methods that determines the difference in cell potential (EMF) between the working and reference electrodes under zero current. Some researchers have developed potentiometric sensors to analyze creatinine [10,11]. However, not all the analytes yielded a high signal response because of the use of low-conductivity electrodes. In this research, a high-response and highly selective electrode is proposed for creatinine detection by potentiometry. A carbon paste electrode was modified with imprinted zeolite to construct the potentiometric electrode. The imprinted zeolite was used to increase the conductivity of the electrode, because of which a high signal response was obtained.

Zeolite is a crystalline TO_4 (T is a tetrahedral unit such as Al, Si, or Ti) with channels and three dimensional framework. The unique properties of zeolite as a porous material have been employed for pore selectivity. The shape and pore size of zeolite are designed to ensure conformity between zeolite pore and the target molecule. Our previous research had produced an imprinted zeolite, whose pores were selective toward uric acid. Titanium silicalite-1 and LTA zeolite have been proposed as selective materials for modification of carbon paste and glassy carbon electrode, which exhibited high selectivity in uric acid detection by potentiometry and voltammetry [12,13].

In this work, we studied the optimum composition of carbon and imprinted zeolite in the preparation of an electrode for creatinine detection by potentiometry. The electrode properties were discussed with respect to response time, Nernst factor, limit of detection, range of measurement, selectivity, precision, and accuracy.

2. EXPERIMENTAL

2.1. Materials

Creatinine anhydrous (Sigma Aldrich, 98%), SiO₂ (Ludox, 40%), sodium aluminate (Sigma Aldrich, 50%), glacial acetic acid (Merck, 100%), sodium acetate (Merck, 99%), sodium dihydrogen phosphate dihydrate (Merck, 97%), urea (Merck, 98%), sodium hydrogen phosphate dihydrate (Merck, 99%), silver wires with 100% of purity, solid paraffin, carbon powder, and distilled water. All chemicals were used as received without any further purification.

2.2. Instruments

The potentiometric was performed on Cyberscan 510 using reference electrode Ag/AgCl. The structure of zeolite was examined using XRD JEOL JDX-3530. The surface area and pore diameter of carbon was measured by N₂ adsorption-desorption using Quantachrome Instruments version 2.0.

2.3. Preparation of carbon paste electrode-imprinted zeolite

Firstly, we synthesized zeolite using mole ratio about 4 Na₂O: 1 Al₂O₃: 1.8 SiO₂: 270 H₂O [14]. Sodium aluminate as alumina source was mixed with water and SiO₂. The mixture was stirred and annealed at 100 °C. After 45 h, the obtained mixture was added creatinine with ratio creatinine: Si=0.0306. The mixture was aged for 3 h to trap the creatinine into zeolite pores. Moreover, the mixture was filtered using centrifugation with hot water till neutral. The purpose of this step was creatinine leave prints in the zeolite framework. The residue was dried at 80 °C. The resulted powder was called imprinting zeolite.

Carbon paste electrode-imprinted zeolite was prepared using Ag wires as connector between electrode and potentiometer. A ¼ part of micropipette tube was filled using melted paraffin. After that, we mixed activated carbon-paraffin-imprinted zeolite, and heated at 50 °C to result the paste texture. The formed paste was then filled into ¼ part of micropipette tube.

2.4. Optimization of electrode

To obtain the optimum condition of electrode, we investigated the composition of electrode and pH of creatinine sample. The variation of electrode composition was displayed in Table 1. The prepared electrodes were used to measure potential of electrode in the 10⁻²–10⁻⁸ M of creatinine standard solution. The optimum electrode was determined by value Nernst factor, linearity on EMF versus log concentration plot and range of concentration. The pH of creatinine solution was varied to study the influence of acidity/basicity towards electrode performance. The pH was varied of 4, 5, 6, 7, and 8 by adding buffer solution. The

pH that performed constant potential was determined as optimum pH.

Table 1. The composition of activated carbon, imprinting zeolite and solid paraffin in the preparation of carbon paste electrode-imprinted zeolite

Electrode	Composition (%weight)		
	Activated carbon	Imprinted zeolite	Solid Paraffin
E1	60	0	40
E2	55	5	40
E3	50	10	40
E4	45	15	40
E5	40	20	40

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Influence of electrode composition and pH on potentiometric response of the creatinine-selective electrode

To clarify the structure of zeolite, we characterized the obtained sample by XRD. The diffractogram of the synthesized zeolite is depicted in Figure 1. The XRD profile confirms the structure of zeolite LTA. The diffractogram shows peaks at $2\theta=7.14, 10.10, 12.40, 16.04, 21.58, 23.90, 27.02, 29.84,$ and 34.07° , among which the peak at 12.40° is associated with the cubic structure of zeolite LTA [15].

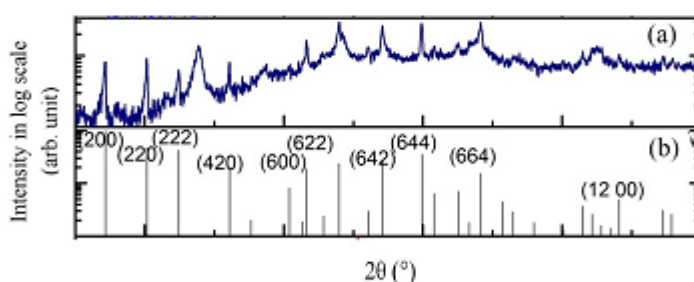


Fig. 1. XRD profile of (a) prepared zeolite LTA and (b) JCPDS of zeolite LTA (01-073-2340)

The working electrodes were prepared by mixing activated carbon, imprinted zeolite, and paraffin. Activated carbon was prepared by the activation method using 10^{-1} M H_3PO_4 . It is well known that activated carbon exhibits high chemical stability and conductivity, and has a large surface area and pore diameter of about $877.463 \text{ m}^2/\text{g}$ and 3.835 nm , respectively. Imprinted zeolites were used to increase the selectivity of the electrode because they present selective sites for creatinine molecules. Paraffin was added to bind the composite of carbon and imprinted zeolite

The performance of the electrode was determined by the estimation of linearity, range of measurement, and Nernst factor. The Nernst factors of the resulting electrodes were 4.6–8.5 mV/dec, which were lower than the theoretical value. The obtained linearity was also lower than 1 at about 0.49–0.71. To increase the sensitivity of the method, KCl was added into the solution as it can ionize in water and improve the conductivity of the solution. After KCl addition, the Nernst factor and linearity increased, as can be seen in Figure 2. Among the synthesized electrodes, E4 displayed the highest Nernst factor and linearity. Therefore, for further study, E4 was used as the electrode.

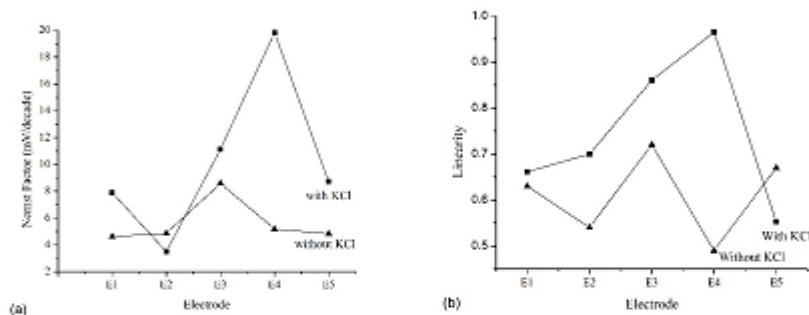


Fig. 2. (a) Nernst factor and (b) regression linearity of different electrode compositions

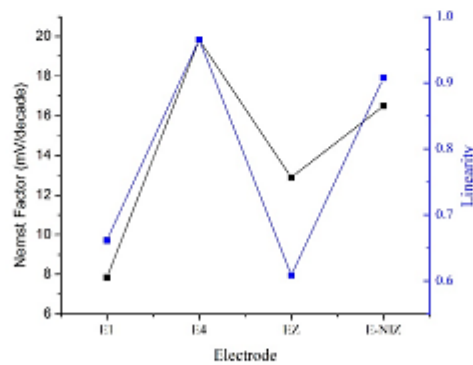


Fig. 3. Nernst factor and linearity of E1, E4, EZ, and E-NIZ electrodes

The concentration of imprinted zeolite affected the amount of active sites of the electrode. E4 with a carbon, imprinted zeolite, paraffin mass ratio of 45:15:40 showed the best performance as a sensor in creatinine detection by the potentiometry method, while E5 that contained a higher amount of imprinted zeolite exhibited a low Nernst factor and linearity.

This is probably due to the formation of a rigid membrane, which resulted in the low response of the electrode toward the analyte.

To evaluate the effect of creatinine template on the performance of the electrode, we compared the working performances of E1 (without imprinted zeolite), E4, carbon paste-zeolite (EZ), and carbon paste-non-imprinted zeolite electrodes (E-NIZ). E4 exhibited better linearity and a higher Nernst factor than EZ and non E-NIZ did. This is because EZ did not have a creatinine-selective template, while in E-NIZ, creatinine was trapped in the zeolite framework and could not effectively move from the solution to the electrode. A comparison of the performances of these electrodes is displayed in Figure 3.

The electrode performance in H^+ sensing was also investigated. The performance of the optimal electrode was measured in solutions with varying pH (4, 5, 6, 7, and 8). The pH changed the Nernst factor. At pH 7, the resulting Nernst factor was about 52 mV/dec. Compared to other pH, the electrode showed a constant potential at pH 7. Creatinine has two dissociation constants, $pK_{a1}=4.8$ and $pK_{a2}=9.2$. However, since pK_{a2} is less than 7, the second protonation of H^+ is difficult. It can be concluded that creatinine was analyzed as a monovalent molecule. Furthermore, creatinine detection at pH 7 is advantageous and effective because it is similar to the blood and urine pH, and thus, does not require pH treatment in the sample preparation.

3.2. Calibration graph of creatinine

A standard curve of creatinine was plotted from the electrode potential data of the creatinine measurements and log creatinine concentrations of 10^{-8} – 10^{-4} M at pH 7 using the E4 electrode.

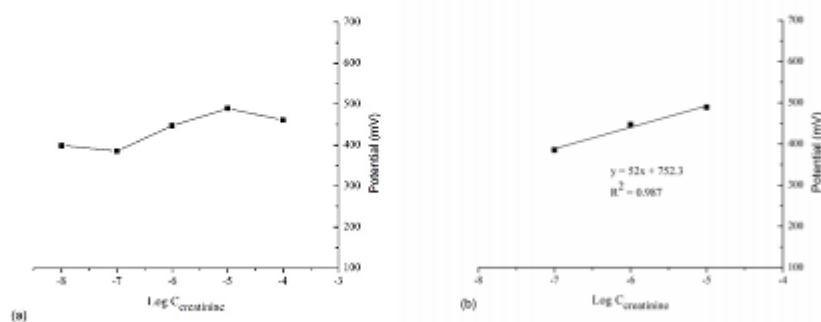


Fig. 4. (a) Plot of $\log C_{\text{creatinine}}$ vs. electrode potential and (b) linear curve of creatinine-selective electrode for 10^{-7} – 10^{-5} M creatinine solution

From the data, we created the correlation curve of log of creatinine concentration ($\log C_{\text{creatinine}}$) and potential (EMF) (Figure 4a). The $\log C_{\text{creatinine}}$ from -5 to -7 displayed the regression equation $y=52x+752.3$, with $R^2=0.987$ (Figure 4b). From this equation, the obtained Nernst factor was 52 mV/dec, which is close to the theoretical Nernst factor of monovalent compound. In other words, the linear concentration range of the prepared electrode was 10^{-7} – 10^{-5} M.

The limit of detection is derived from intersection of the linear ($y=52x+752.3$) and non-linear ($y=38x^2+556x+2415$) functions in the plot of $\log C_{\text{creatinine}}$ vs. potential (mV). The limit of detection was calculated as 7.9×10^{-8} M, while the detection limit of the commonly used method for creatinine detection in the medical field (spectrophotometric method) is in the order of 10^{-5} M [16].

3.3. Performances of creatinine-selective electrode based on carbon paste and imprinted zeolite

In this study, the response time, reproducibility, accuracy, selectivity, and lifetime of the fabricated electrode were investigated. The response time of an electrode is the time required by the electrode to detect an analyte, and is considered from the time of immersion of the electrode into the solution until the observation of a stable potential [17]. The response time increased with decreasing in creatinine concentration. At a higher concentration, molecules move faster from the solution to the electrode. Table 2 displays the variation in the response time of the electrode with creatinine concentration.

Table 2. The response time of electrode for 10^{-7} – 10^{-5} M of creatinine

Concentration (M)	Response time (second)
10^{-7}	47
10^{-6}	38
10^{-5}	29

The reproducibility was determined by measuring the electrode performance in three creatinine solutions under the same conditions and concentration. The concentration of creatinine in the solution varied in the range of 10^{-7} – 10^{-5} M. The proposed electrode demonstrated high reproducibility with a relative standard deviation less than 2.56%. The prepared electrodes also met the required sensor criteria of the Association of Official Analytical Chemists. It states that the maximum relative standard deviation of a sensor should not exceed 15% for concentrations ranging from 10^{-7} M to 10^{-5} M [18].

In clinical laboratories, spectrophotometry is the commonly used method for creatinine detection. Table 3 shows the accuracies of the proposed potentiometric method using the

carbon paste-imprinted zeolite electrode and the spectrophotometry method in the detection of creatinine solution. The developed electrode shows an accuracy of 80.3–100.4%, while the accuracy of the method that is acceptable for concentrations of the order of 10^{-7} – 10^{-5} M is 80–120% [18]. Association of Official Analytical Chemists declares the criterions of analysis method. An analytical method is considered eligible for use in quantitative analysis if it meets certain criteria, including relative standard deviation and accuracy. According to the method accuracy and relative standard deviation, the developed carbon paste-modified imprinted zeolite electrode can be used as an alternative sensor for creatinine detection in the medical field.

Table 3. The accuracy of potentiometric method compared with spectrophotometry in the measurement of creatinine solution

Number of sample	Concentration (M)		Accuracy (%)
	Potentiometry	Spectrophotometry ^{*)}	
1	3.74×10^{-4}	4.66×10^{-4}	80.3
2	4.77×10^{-4}	5.05×10^{-4}	94.5
3	7.07×10^{-4}	7.04×10^{-4}	100.4
4	3.91×10^{-4}	4.55×10^{-4}	85.9
5	4.52×10^{-4}	4.97×10^{-4}	90.9

^{*)} data from local clinical laboratory

Selectivity, expressed by the selectivity coefficient, K_{ij} , is the main parameter for performance evaluation of the prepared electrode. The coefficient of selectivity was investigated to study the selectivity of the electrode in creatinine solution, which also contained urea, which has a similar structure as that of creatinine and is present in high concentrations in blood and urine.

Table 4. The selectivity coefficient of carbon paste-imprinting zeolite electrode in 10^{-5} M creatinine

Interference	Concentration (M)	K_{ij}
Urea	10^{-6}	0.085
	10^{-5}	0.126
	10^{-4}	0.106

The calculated selectivity coefficient values are presented in Table 4. It can be seen that the carbon paste-imprinted zeolite electrode exhibits high selectivity toward creatinine (i)

than toward urea (j), which is indicated by a K_{ij} value less than 1. The electrode lifetime was determined to investigate the stability of the electrode after being used several times. The electrodes demonstrated a long lifetime of about 7 weeks (used for 160 times).

4. CONCLUSION

Creatinine-selective electrodes demonstrated high repeatability in the concentration range of 10^{-7} – 10^{-5} M. The lifetime of 7 weeks (used 160 times) indicated that the electrodes are suitable for routine detection of medical samples. The detection limit of the developed electrode was much lower than that of the spectrophotometric method, and no interference was observed by the presence of urea. Therefore, the potentiometric method using the developed electrode can be potentially used to determine creatinine levels. Further, the proposed electrode showed an accuracy of 80.3–100.4% ($n=5$). It can be concluded that the method can be applied for creatinine detection in urine or serum samples.

Acknowledgment

The authors thank the Ministry of Research, Technology and Higher Education, Indonesia for the financial support of this investigation through Universitas Airlangga RUPT Grant No. 597/UN3.14/LT/2017 and Chemistry Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga for the laboratory facilities provided.

REFERENCES

- [1] K. J. Tietze, *Clinical skills for pharmacists a patient-focused approach*, Missouri: Mosby, Inc (2003).
- [2] L. A. Stevens, and S. A. Levey, *Ann. Intern. Med.* 141 (2004) 959.
- [3] H. Quon, C. E. Grossman, R. L. King, M. Putt, K. Donaldson, L. Kricka, J. Finlay, A. D. Zhu, K. Malloy, K. A. Cengel, and T. M. Busch, *Photodiagnosis Photodyn. Ther.* 7 (2010) 268.
- [4] I. I. Gencheva, and A. L. Ruseva, *J. Biomed. Clin. Res.* 8 (2015) 35.
- [5] A. C. Sewell, H. C. Murphy, and R. A. Iies, *Clin. Chem.* 48 (2002) 357.
- [6] S. S. M. Hassan, E. M. Elnemma, and A. H. K. Mohamed, *Electroanal.* 17 (2005) 2246.
- [7] D. Lakshmi, B. B. Prasad, and P. S. Sharma, *Talanta* 70 (2006) 272.
- [8] B. B. Prasad, K. Tiwari, M. Singh, P. S. Sharma, A. K. Patel, and S. Srivastava, *J. Chromatogr. A* (2008) 1198.
- [9] M. Khasanah, G. Supriyanto, and A. P. Azhar, *Media Kimia FST 1* (2013) 7.
- [10] P. C. Pandey, and A. P. Novel, *Sens. Actuators B* 99 (2004) 230.
- [11] C. S. Pundir, S. Yadav, and A. Kumar, *Trends Anal. Chem.* 50 (2013) 42.

- [12] M. Khasanah, M. Harsini, A. A. Widati, *Indones. J. Chem.* 13 (2013) 108.
- [13] M. Khasanah, M. A. A. Widati, and S. A. Fitri, *AIP Conf. Proceed.* 1718 (2016) 07003.
- [14] A. Maldotti, L. Andrenalli, A. Mollinari, G. Varani, G. Cerichelli, and M. Chiarini, *Green. Chem.* 3 (2000) 42.
- [15] M. M. J. Treacy, and J. B Higgins, *Collection of Simulated XRD Powder Pattern for Zeolites*, Published on behalf of the Structure Commission of the International Zeolite Association (2001).
- [16] D. A. Walsh, and E. Dempsey, *Anal. Chim. Acta* 459 (2002) 187.
- [17] M. A. F. Elmosallamy, *Anal. Chim. Acta* 564 (2006) 253.
- [18] I. Taverniers, M. D. Loose, and E. V. Bockstaele, *Trends Anal. Chem.* 2 (2004) 535.

Imprinted Zeolite Modified Carbon Paste Electrode as a Selective Potentiometric Sensor for Creatinine Detection

M. Khasanah, A.A. Widati, K. B. Utami, U.S. Handajani

Chemistry Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga
Kampus C, Jl. Mulyorejo Surabaya 60115, Indonesia

* miratul-k@fst.unair.ac.id

Abstract. Carbon paste modified imprinted zeolite electrodes as a potentiometric sensor for creatinine detection has been developed. Zeolite used in this study is a type of TS-1 synthetic zeolite that was synthesized with mole ratio of creatinine/Si of 0.0306. The modified electrode was prepared by mixing activated carbon, imprinted zeolite, and paraffin with mass ratio of 9:4:7. The proposed electrode showed measurement range of $10^{-6} - 10^{-3}$ M with linearity (r) of 0.999, Nernst factor of 25.97 mV/decade, and the detection limit of 1.47×10^{-6} M. The response time of the electrode was 34-56 s, while its life time was 6 weeks (190 times usage). The urea, uric acid, and glucose with various concentrations did not interfere to potentiometric creatinine analysis using the proposed electrode. Application of the carbon paste/imprinted zeolite electrode for creatinine analysis in three spiked blood serum samples showed recovery of $(86.9 \pm 4.1)\%$, while comparison test with spectrophotometry method showed accuracy of $(79.3 \pm 1.8)\%$.

Keyword :creatinine, potentiometry, imprinted zeolite, selectivity coefficient

1. Introduction

Creatinine levels in the blood are often used as an indicator of kidney function, because creatinine concentration in plasma and urinary excretion in 24 hours is relatively constant [1]. Normal creatinine levels in the blood range from 0.6 to 1.2 mg / dL [2]. Creatinine levels that are doubled from normal levels indicate a 50% decrease in kidney function [3]. The commonly method used to analyze creatinine levels in the blood is the photometric-based Jaffe Reaction method [4], however the presence of several other components in the blood such as glucose, pyruvate, urea, uric acid, and dopamine disrupts creatinine analysis using the method [5]. Several types of sensors and biosensors have been developed to detect creatinine levels in urine (6-8).

In recent years, some methods for creatinine analysis have been developed, such as voltammetry using a hanging mercury drop electrode modified molecularly imprinted polymer (MIP) [9-10]. In general, the developed electrodes showed high selectivity to creatinine in samples containing NaCl, urea, creatine, glucose, phenylalanine, tyrosine, histidine and cytosine. However, this method has a low selectivity level in solutions containing tryptophan and histidine [9]

The developed method is generally requires a relatively large sample and complicated sample pretreatment. [11] have conducted a MIP modified carbon paste electrode as a sensor on voltammetric creatinine analysis These electrodes have high selectivity in samples containing urea. Flow injection-potentiometric using biosensor [12] and potentiometry using carbon paste-MIP [13] and various electrodes [14] have been used for creatinine detection. The Nernst factor obtained from this study was 23.2 mV/decade, the measuring range of 10^{-6} – 10^{-3} M, lower detection limit of 5.49×10^{-6} M, and the upper detection limit of 1.07×10^{-3} M [13].

Imprinted zeolite (IZ) TS-1 type has also been used previously as electrode material to increase performance of potentiometric sensors. In the previous study have been reported that imprinted zeolite can increase the selectivity of carbon paste electrodes for the analysis of uric acid [15-16]. The presence of ascorbic acid, creatine and creatinine did not affect the analysis of uric acid using carbon the electrode. A zeolite LTA has also been used for creatinine potentiometric sensor material. Creatinine analysis using the electrodes was not disturbed by the presence of urea [17].

This recent study aimed to develop carbon paste based imprinted zeolite electrodes for potentiometric sensor of creatinine. Zeolite used in this study is a synthesis zeolite titanium silicate-1 (TS-1) type synthesized from a mixture of TEOS, TBOT, TPAOH, and H₂O [18]. The electrode was prepared by mixing activated carbon, solid IZ with a mass ratio of 9: 4. Performance of the electrode studied are measurement (linear dynamic)range, Nernst factor time response, and life time of the electrode. Selectivity was studied through the influence of the presence of urea, uric acid and glucose in the sample. The three compounds have functional groups similar to creatinine and are together with creatinine in the blood. The similar functional group may interact with the active side of the creatinine imprint, so that it can interfere to creatinine analysis. Accuracy and recovery of the potentiometry method were carried out by applying carbon paste-IZ electrodes for creatinine analysis in blood serum samples and compared the results with data from clinical laboratories.

2.Experimental Method

Materials and instrumentation

Materials and chemicals used in this study are creatinine monohydrate (Fluka, 98%), tetraethyl orthosilicate (TEOS, Merck, 99%), tetrabutyl orthotitanate (TBOT, Merck, 98%), tetrapropylammonium hydroxide (TPAOH, Merck, 40%), sodium hydroxide (NaOH, Merck, 99%), sodium dihydrogen phosphate dihydrate (Merck, 99%), nitric acid (Merck, 65%), sodium hydrogen phosphate dihydrate (Merck, 99%), 2-propanol (Merck, 99%), urea (Merck, 98%), glucose (Sigma Aldrich, 99%), uric acid (Sigma Aldrich, 99%), silver wires with 100% of purity, solid paraffin, carbon powder, and distilled water. All chemicals used are pro analytical grade (p.a). The sample used was blood serum obtained from local clinical laboratory in Surabaya. The potentiometric was performed on Cyberscan 510 using Ag/AgCl as reference electrode.

Preparation of carbon and imprinted zeolite

The preparation of carbon was carried out by chemical method using 0.1 N phosphoric acid and n-hexane, physical method by heating at 300 °C for 30 minutes. Imprinted zeolite preparation is preceded by the synthesis of non-imprinted zeolite (NIZ). NIZ was synthesized by mixing TEOS: TiO₂: TPAOH: H₂O with a mole ratio of 1: 0.017: 0.24: 21.2 [18]. The mixture was put into a polypropylene bottle and heated in an oven for 3 days at 80°C. Creatinine then was added to the mixture till molar ratio of creatinine/Si was 0.0306. The mixture was aged for 3 hours to trap creatinine into the pore of zeolite. Creatinine trapped in the zeolite framework was extracted repeatedly using hot water (70°C) with a volume ratio of 1:1, with centrifugation each for 10 minutes. IZ was separated from the filtrate and heated in an oven for 24 hours at 80°C. The solid IZ formed is then used to modify the carbon paste electrode.

Fabrication of carbon paste-IZ electrode

The carbon paste-IZ electrode was prepared with put Ag wire in a 1 mL micropipette tip. An Ag wire serves as connector between carbon paste-IZ electrode and potentiometer. Then, the micropipette tip was filled with melted solid paraffin up to three quarters. The remaining part of the micropipette tip was filled with a paste made from mixture of activated carbon, paraffin, and IZ with ratio of 9:4:7. The surface of carbon paste-IZ electrode was scrubbed using the HVS to be smooth and immersed in the creatinine solution 10⁻² M for conditioning it.

Performance of the carbon paste-IZ electrode

The performance of the electrode was tested by applying it to measure the potential of creatinine standard solution concentration of 10⁻⁸ - 10⁻² M pH 7 with the addition of phosphate buffer. Measurements were made by potentiometry with Ag/AgCl as reference electrode. A relationship curve between potential (mV) and log creatinine concentration log along the linear and non-linear regression lines were determined. As comparison, also carried out measurement using bare carbon paste electrodes (E-C), zeolite modified carbon paste (E-Z) and non imprinted zeolite modified carbon paste (E-NIZ) and observed range of measurements and Nernst factors produced. The response time of electrode was determined by calculating the time required by the electrodes in response to the analyte until provide the potential value. The electrode life time is calculated from the electrode has a good performance until it has decreased significantly

Electrode selectivity in this study is expressed by the selectivity coefficient (K_{ij}) which is determined by the matched potential methods (MPM) (equation 1)[19]. The effect of urea, glucose and uric acid in creatinine analysis using potentiometry using carbon-IZ paste electrodes was determined by measuring the potential of urea, uric acid, and glucose with concentrations of 10⁻⁶ - 10⁻³ M using Ag/AgCl as reference electrode. The observed potential values were then substituted into the linear regression equation of creatinine solution to obtain the main ion (creatinine) concentration (activity).

$$K_{ij} = \frac{\Delta a_i}{a_j} \dots\dots\dots(1)$$

With the provision Δa_i is the difference in the main ion activity and a_j is the activity of the disturbing ion.

Accuracy and recovery of the method were studied through apply the electrode to determine creatinine in the blood serum sample. Accuracy (A_{cc}) is determined by comparing the concentration obtained from the potentiometric analysis (C_s) with the spectrophotometric analysis (C) in a clinical laboratory. Accuracy is calculated using equation 2.

$$\text{Acc} = \frac{C_s}{C} \times 100 \% \dots\dots\dots(2)$$

Recovery (R) was determined by measuring the potential of blood serum, spiked blood serum, and creatinine standard solution certain concentration. The measured potential was substituted in the creatinine linear regression to obtain creatinine concentration of each solution. Recovery is calculated using equation 3.

$$R = \frac{C_{ss} - C_{sp}}{C_{std}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Where C_{ss} = concentration of spiked sample, C_{sp} = sample concentration, C_{st} concentration of standard solution added.

2. Results and Discussion

Preparation of carbon and characterization of zeolite

Activation of carbon was carried out chemically and physically. The test results of carbon surface area using methylene blue adsorption method obtained a value of 490.25 m²/g. Activated carbon has an amorphous structure with a surface area of 300 - 35,000 m²/g [20].

Characterization of zeolite with XRD aims to determine the type of crystal structure, crystal imperfections, size and crystal lattice. This characterization was carried out in the range 2θ of 3-50°. The diffraction pattern of zeolite can be seen in **Figure 1**. It can be seen that high-intensity peaks are in the region of 2θ 8.18°; 9.07°; 23,28°; 23,37°; and 24.08°. The peak of the diffractogram is a typical peak of the zeolite with MFI structure [21]. The peaks that emerge from the XRD characterization indicate that the zeolite TS-1 has been successfully synthesized.

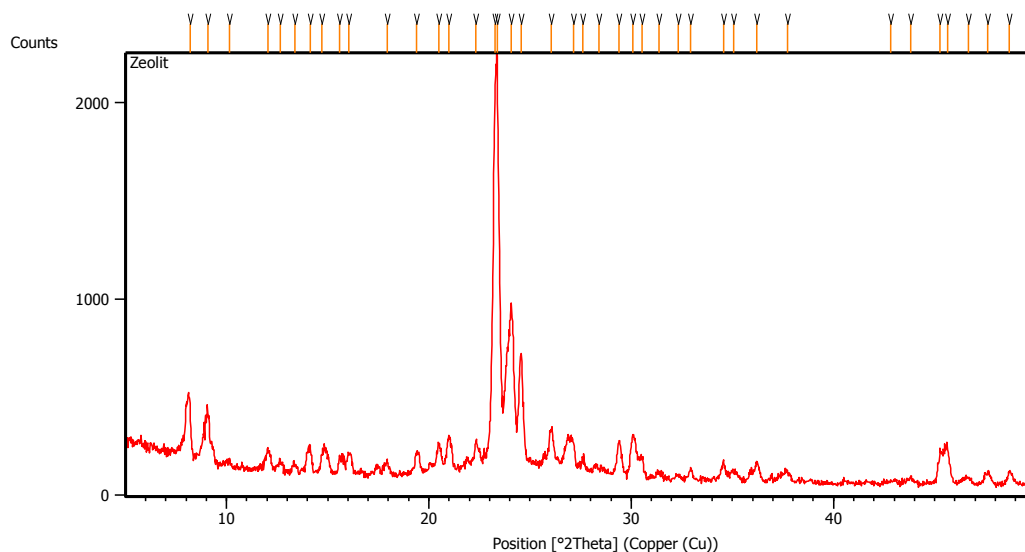


Figure 1 Diffraction pattern of TS-1 zeolite

Preparation and performance of the carbon paste-IZ electrode

The preparation of the electrode begins with making a paste consisting a mixture of activated carbon, IZ and paraffin in a ratio of 9: 4: 7 and heated until the paraffin melts and forms a paste. Then the paste is inserted into the micropipette tip and Ag wire is used as a connector between carbon paste with a potentiometer.

In this study, the creatinine standard curve was made from the measurement of the electrode potential in 10⁻⁸-10⁻² M creatinine solution with pH 7. The measurements were carried out potentiometrically using a carbon / IZ paste electrode with a reference electrode Ag/AgCl. The plot of electrode potential and log concentration of creatinin was displayed

in Figure 2 (a), while the creatinine standard curve can be seen in **Figure 2(b)**. From the creatinine standard curve in Figure 2b, can be seen that the measurement range and Nernst factor obtained from this research method are 10^{-6} - 10^{-3} M and 25.97 mV per decade, respectively. Creatinine is divalent molecule [22] and theoretically has a Nernst factor of 29.5 mV per decade. Thus the Nernst factor generated from this study is classified as sub-Nernstian.

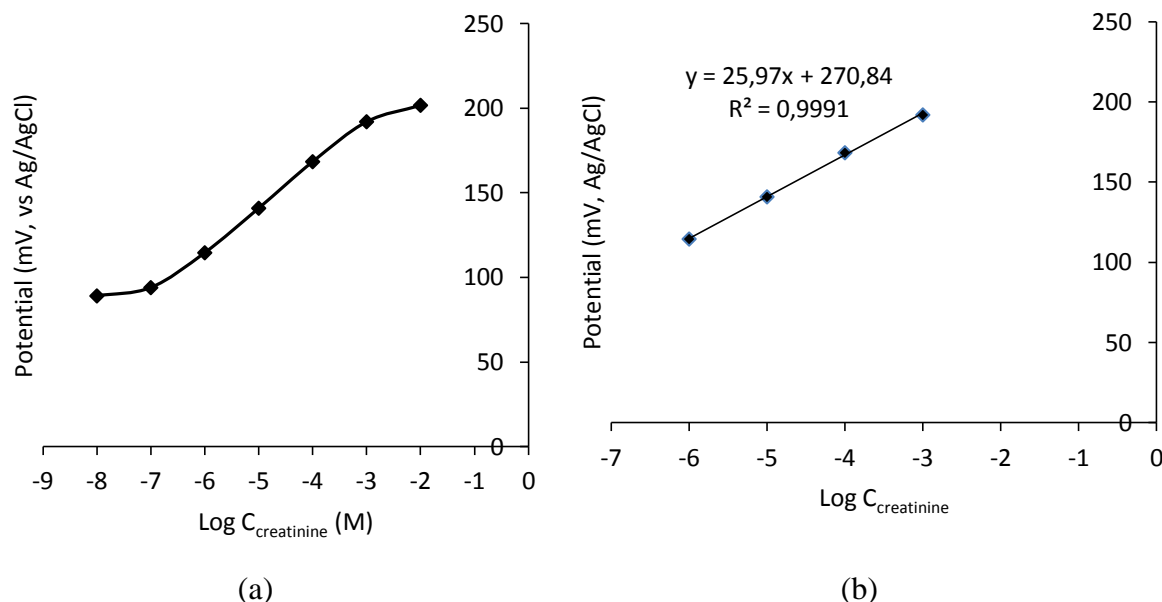


Figure 2 Plot of log concentration of creatinine and electrode potential (a) and creatinine standard curve (b)

From the curve of Figure 2, a linear equation is obtained, namely $y = 25.97x + 270.8$ and the non-linear equation is $y = 1.8180x^2 + 40.3245x + 292.6764$. The value of x from the intersection of the two curves is the log of the concentration of the detection limit. The antilog of this value is the concentration of the detection limit. In this study the lower detection limit was 1.47×10^{-6} M. This detection limit value was lower than the results obtained from previous studies [13].

To evaluate the effect of creatinine template on the performance of the electrode, we compared the working performances of carbon paste modified IZ(E-IZ) carbon paste zeolite (E-Z), and carbon paste-non-imprinted zeolite electrodes (E-NIZ). The performance of the modified carbon paste electrodes and bare electrode is shown in **Table 1**.

Table1: Measurement range, Nernst factor and linearity of calibration curve of E-IZ, E-Z and E-NIZ

Electrode	Carbon:mod:paraffin (%wt)	Nernst factor (mV/decade)	Measurement range (M)	Linearity (r)
E-C	13:0:7	5.4	10^{-7} - 10^{-4}	0.998
E-IZ	9:4:7	25.9	10^{-6} - 10^{-3}	0.999
E-Z	9:4:7	6.0	10^{-6} - 10^{-3}	0.994
E-NIZ	9:4:7	7.7	10^{-6} - 10^{-3}	0.994

*mod = modifier = Zeolite (E-Z), imprinted zeolite(E-IZ) or non imprinted zeolite(E-NIZ); E-C=carbon paste electrode

The carbon paste modified IZ electrodes (E-IZ) exhibited better Nernst factor than the bare carbon paste (E-C) or carbon paste modified zeolite (E-Z) or NIZ (E-NIZ)

electrode. This is because the electrodes without IZ only contain non-selective carbon in response to the analyte, while the zeolite-containing electrodes showed unreproducible data due to zeolite does not have a specific mold for the analyte, so another compound can also be measured.

The response time is the time required for the electrode to respond to the analyte in the solution. The response time is measured when the working electrode is inserted into the solution until it reads a stable potential response. The response time obtained from the creatinine measurements using E-IZ at pH 7 is shown in **Table 2**.

Table 2: Response time of the electrode in the creatinine solution

Concentration (M)	Time (s)
10^{-6}	56
10^{-5}	43
10^{-4}	40
10^{-3}	34

The higher concentration, the shorter time of creatinine to achieve equilibrium on the electrode surface, because of the mobility of molecule becomes faster. In this study, the higher the creatinine concentration, the faster the electrode response time due to the increasing concentration will also increase the number and movement of molecules, so that the molecules more quickly transfer from the solution to the electrode surface

Life time of the electrode stated the time of the electrode is still has good performance as a sensor in potentiometric measurement which in study by a good Nernst factor for the measurement range. The modified electrode showed a good Nernst factor up to 6 weeks with 190 times of measurement. The life time of the electrode depends on the mechanical properties of an electrode material, such as the flexibility of the material, pH, and the solubility of the material. Flexibility of the material causing the analyte is easier to diffuse into the mold. The use of carbon paste-IZ electrode in more acidic and alkaline solution will affect the life time of the sensor, because the zeolite material used is resistant to acidic solution, while carbon is a material that soluble in alkaline. The surface of the electrode becomes uneven and forms a hole due to a number of soluble electrode components [14]. The more soluble, the number of substances that serve as the template will be less, so the selectivity decreases and Nernst factor significantly deviates. Based on the measurement of electrode potential each week, the measurement range and Nernst factors are shown in **Table 3**.

Table 3: Number of measurement and Nernst factor

Week	Number of measurement	Measurement range (M)	Nernst factor (mV/decade)
1	36	10^{-6} - 10^{-3}	23.6
2	63	10^{-6} - 10^{-3}	25.2
3	99	10^{-6} - 10^{-3}	25.9
4	115	10^{-6} - 10^{-3}	25.7
5	146	10^{-6} - 10^{-3}	25.8
6	190	10^{-6} - 10^{-3}	25.9
7	203	10^{-6} - 10^{-3}	24.2
8	208	10^{-6} - 10^{-3}	20.4

Selectivity of the electrode

One of the major problems on the determination of creatinine is the presence of other compounds which are usually found together with creatinine in serum sample.

Selectivity is the ability of electrodes to measure an analyte selectively wherein the analyte coexist with other components in a sample. The selectivity of the electrode in this study was expressed by the value of the selectivity coefficient (K_{ij}).

In this study the electrode selectivity coefficient was determined using the match potential methods (MPM) [19]. The matrix solution is measured for its potential using a carbon paste-IZ electrode. The potential obtained is then used to calculate the selectivity coefficient (K_{ij}). If the selectivity coefficient less than 1, then the analyte measurement is not disturbed by other matrices in the sample, but if the selectivity coefficient value more than 1, then the analyte measurement is disturbed by another matrix. The K_{ij} electrode values in urea, uric acid and glucose solutions are shown in **Table 4**.

Table 4: Comparison of K_{ij} value using bare carbon paste and IZ modified carbon paste electrode

Solution	Concentration	K_{ij}	
		Carbon paste-IZ	Carbon paste
Urea	10^{-6}	7.66×10^{-5}	3.59
	10^{-5}	8.41×10^{-5}	3.58
	10^{-4}	9.09×10^{-5}	6.30
	10^{-3}	1.18×10^{-4}	7.43
Uric acid	10^{-6}	2.45×10^{-3}	1.41
	10^{-5}	4.61×10^{-3}	1.45
	10^{-4}	5.17×10^{-3}	1.71
	10^{-3}	5.37×10^{-3}	2.15
Glucose	10^{-6}	3.07×10^{-6}	1.62
	10^{-5}	3.37×10^{-6}	1.70
	10^{-4}	6.03×10^{-6}	2.22
	10^{-3}	9.27×10^{-6}	2.79

The three compounds thought to interfere with creatinine analysis using carbon paste-IZ electrodes turned out to produce a selectivity coefficient of less than 1 for each concentration, meaning that urea, uric acid and glucose at each concentration did not interfere to creatinine analysis using modified carbon paste electrodes. Thus it can be said that the carbon-IZ paste electrode is more selective towards creatinine than urea, uric acid, and glucose. It due the active side of the electrode only recognizes creatinine molecules. The effect of similar functional group to creatinine does not interact with the active side of the creatinine imprint contained in the electrode, so it does not interfere to creatinine analysis. While, the analysis using bare carbon paste electrode produces K_{ij} value more than 1. This shows that the electrode is not selective for creatinine. The electrode also responds to urea, uric acid and glucose. The higher the concentration of interfering compounds, the greater the interference caused (the higher the K_{ij}).

Application of the carbon paste-IZ electrode on serum sample

Electrode readiness was studied by applying electrode for creatinine analysis in serum samples. Electrode applications for creatinine analysis in serum samples as well as comparison test with spectrophotometric method and accuracy values and recovery obtained using standard addition method are shown in **Table 5**. **Table 5** shows that carbon-IZ paste electrodes for creatinine analysis by potentiometry in blood serum samples showed a recovery value of $(86.9 \pm 4.1)\%$, while comparison test with spectrophotometry method showed accuracy of $(79.3 \pm 1.8)\%$. The potentiometric method using developed carbon

paste-IZ electrodes shows accuracy slightly lower than the accuracy range allowed for chemical analysis methods, namely 80% - 100% [23].

Table 5: Accuracy and recovery of the potentiometric method using carbon paste-IZ electrode

Solution	Concentration (M)		Accuracy(%)	Recovery (%)
	Potentiometry	Spectrophotometry*)		
Creatinine 10 ⁻⁴ M	4.73x10 ⁻⁵	-	-	-
Blood serum 1	5.12x10 ⁻⁵	6.46x10 ⁻⁵	79.5	-
Blood serum 1 + Creatinine 10 ⁻⁴ M	8.88x10 ⁻⁴	-	-	82.1
Blood serum 2	7.43x10 ⁻⁵	1.00x10 ⁻⁴	77.5	-
Blood serum 2 + Creatinine 10 ⁻⁴ M	1.11x10 ⁻⁴	-	-	88.9
Blood serum 3	9.56x10 ⁻⁵	1.18x10 ⁻⁴	81.0	-
Blood serum 3 + Creatinine 10 ⁻⁴ M	1.38x10 ⁻⁴	-	-	89.6

*) data from clinical laboratory

The data listed in Table 6 shows that the results of potentiometric blood serum analysis using carbon paste-IZ electrodes showed a good recovery. According to the AOAC, the allowable accuracy values in the measuring 10⁻⁶ - 10⁻³ M are 80-110% [23]. Based on the accuracy and recovery values obtained, the method developed is as good as the standard method in the medical field. Therefore, the carbon paste-IZ electrode is recommended as sensor for creatinine detection in serum samples by potentiometry.

3. Conclusions

The carbon paste -imprinted zeolite electrode showed a fast response time, a long life time, a wide measurement range, a low detection limit, and high selectivity to creatinine in a matrix containing urea, uric acid, and glucose. Electrode application for creatinine analysis in three serum samples showed recovery of (86.9 ± 4.1)%, while the comparison test with the results of the analysis using spectrophotometric methods showed an accuracy of (79.3 ± 1.8)%. Thus the developed electrode is proposed as an alternative sensor for creatinine analysis in the medical field.

References

- [1] Sodeman, 1995, *Patofisiologi Sodeman: Mekanisme Penyakit*, Editor Joko Suyono, Hipocrates, Jakarta
- [2] Guo, M.D. & Guo H.X. 2000 Voltammetric Behaviour Study of Creatinine at Phosphomolybdic-Polypyrrole Film Modified Electrode *J. Electroanal Chem* **585** 28-34
- [3] Setyaningsih, A., Puspita, D., Rosyidi, M. I., Perbedaan Kadar Ureum dan Kreatinin pada Klien yang Menjalani Hemodialisa dengan Hollow Fiber Baru dan Hollow Fiber Re Use di RSUD Ungaran, *Laporan Penelitian*, Stikes Ngudi Waluyo, Ungaran
- [4] Quon, H., Grossman, C. E., King, R. L., Putt, M., Donaldson, K., Kricka, L., Finlay, J., Zhu, T., Dimofte, A., Malloy, K., Cengel, K. A., & Busch, T. M. 2010 Interference

- with The Jaffe Method for Creatinine Following 5-Aminolevulinic Acid Administration, *Photodiagnosis Photodyn. Ther.* **7** 268-274
- [5] Mohabbati-Kalejahi, E., Azimirad, V., Bahrami, M., & Ganbari, A. 2012 A Review on Creatinine Measurement Techniques *Talanta* **97** 1-8
- [6] He, Y., Zhang, X. & Yu, H. 2015 Gold nanoparticles-based colorimetric and visual creatinine-assay. *Microchim. Acta* **182** 2037–2043.
- [7] Zhybak, M., Beni, V., Vagin, M.Y., Dempsey, E., Turner, A.P.F., & Korpan, Y. 2016 Creatinine and urea biosensors based on a novel ammonium ion-selective copper-polyaniline nano-composite. *Biosens. Bioelectron.* **77** 505–511.
- [8] Duong, H.D. & Rhee, J.I. 2017 Development of Ratiometric Fluorescent Biosensors for the Determination of Creatine and Creatinine in Urine, *Sensors* **17** 2570
- [9] Lakshmi, D., Prasad, B.B., & Sharma, P.S. 2006 Creatinine Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer-Modified Hanging Mercury Drop Electrode *Talanta* **70** 272-280
- [10] Patel, A.K. Sharma, P.S., & Prasad, B.B. 2008 Development of a Creatinine Sensor Based on a Molecularly Imprinted Polymer-Modified Sol-Gel Film on Graphite Electrode, *Electroanal.* **20** 19 2102 – 2112.
- [11] Khasanah, M., Darmokoesoemo, H., & Rizki, D.A. 2017 Carbon Paste Electrode Modified Molecularly Imprinted Polymer as a Sensor for Creatinine Analysis by Stripping Voltammetry, *AIP Conferenc Proceeding* **1888** 020033
- [12] Khasanah, M., Dharmokoesoemo, H., Sari, N.M., Kadmi, Y., Elmsellem, H. & Kusuma, H.S. 2017 Development of electrode carbon paste modified by molecularly imprinted polymer as sensor for analysis of creatinine by potentiometric *Results in Physiscs* **7** 1808-1817
- [13] Elmosallamy, M.A.F. 2006 New Potentiometric Sensors for Creatinine, *Anal. Chim. Acta* **564** 253-257.
- [14] Khasanah M., Harsini, M., Widati, A. A., & Ibrani, P. M. 2017 The Influence of Ascorbic Acid, Creatine, and Creatinine on The Uric Acid Analysis by Poteitometry Using A Carbon Paste Modified Imprinting Zeolite Electrode *J. of Chem. Technol. Metall.* **52** 6 1039-1044.
- [15] Khasanah, M., Handajani, U.S., Widati, A.A., Abdulloh, A., & Rindarti, R.R. 2018 Construction and Performance of Creatinine Selective Electrode Based on carbon Paste Imprinting Zeolite *Anal. Bioanal. Electrochem.* **10** 4 429-438.
- [16] Eimer, G. A., Diaz, I., Sastre, E., Casuscelli, S. G., Crivello, M. E., Herrero, E. R., & Perez, J. 2008 Messoporus Titanosilicates Synthesized from TS-1 Precursors with Enchaced Catalytic Activity in The α -Pinene Selective Oxidation *Applied Catalysis A: General* **343** 77-86
- [17] Tohda, K., Dragoe, D., Shibata, M., & Umezawa, Y. 2001 Studies on Matched Potential Method for Determining Selectivity Coefficients of Ion-Selective Electrode Based on Neutral Ionophores: Experimental and Theoretical Verification, *Anal. Sci.* **17** 733-743.
- [18] Pundir, C.S., Yadav, S., & Kumar, A. 2013 Creatinine Sensors-Review, *Trends in Anal. Chem.* **50** 42-52.
- [19] Qiu, F., Wang, X., Zhang, X., Liu, H., Liu, S., Yeung, K.L. 2009 Preparation and Properties of TS-1 Zeolite and Film Using Sil-1 Nanoparticles as Seeds, *Chem. Eng. J.* **147** 316-322.
- [20] Gatti, R., Lazzarotto, V., Palo, C.B.D., Cappellin, E., Spinella, P., & Palo, E.F.D. 1999 A Rapid Urine Creatinine Assay by Capillary Zone Electrophoresis, *Electrophoresis* **20** 2917-2921.

- [21] Taverniers, I., Loose, M. D., & Bockstaele, E. V. 2004 Trends in Quality in The Analytical Laboratory. II. Analytical Method Validation and Quality Assurance, *Trends Analyt. Chem.* **23** 535-552.

Acknowledgement

The authors thank the Ministry of Research, Technology and Higher Education, Indonesia for the financial support of this study through Universitas Airlangga PTUPT Grant No. 200/UN3.14/LT/2018 and Chemistry Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga for the laboratory facilities provided.

Imprinted Zeolite Modified Nanoporous Carbon Paste Electrode as Potentiometric Sensor for Creatinine

Miratul Khasanah*, Usreg Sri Handajani, Alfa Akustia Widati, Muji Harsini, Putri Agnes Nyla Chandra

*Chemistry Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga
Kampus C, Jl. Ir. Soekarno, Surabaya 60115*

*Corresponding author: miratul-k@fst.unair.ac.id

Abstract: Imprinted zeolite modified nanoporous carbon paste electrode has been developed as a sensor to analyze creatinine by potentiometry. Imprinted zeolite (IZ) was synthesized by mixing tetraethyl orthosilicate (TEOS), tetrabutyl orthotitanate (TBOT), tetrapropyl-ammonium hydroxide (TPAH), and water with a mole ratio of 1:0.017:0.24:21.2. Amount of creatinine was added to the mixture up to the mole ratio of creatinine/Si was 0.0306. Creatinine was then extracted from zeolite structure to form a specific imprint for creatinine. Characterization of the synthesized zeolite by using X-ray diffraction (XRD) indicated formation of TS-1 zeolite belonging MFI structure. Nanoporous carbon paste/IZ electrode was prepared by mixing nanoporous carbon, IZ, and paraffin with mass ratio of 9:4:7. The research showed that the optimum pH of creatinine solution was 6–7, the measurement range was 10^{-7} – 10^{-3} M and the Nernst factor was 31.1 mV per decade. Limit of detection of the potentiometry method using the proposed electrode was 1.05×10^{-7} M. The presence of urea in the solution did not interfere to creatinine analysis. The accuracy and precision level of the method were $(93.1 \pm 6.6)\%$ ($n=5$) and 97.44 – 99.04% ($n=3$), respectively. The proposed electrode showed response time of 135–170 s and the life time of 4 weeks (165 times used).

Keywords : *creatinine, imprinted zeolite, potentiometry, nanoporous carbon electrode*

1. Introduction

Creatinine is the result of the decomposition of creatine that is filtered by the glomerulus and excreted through the urine at a relatively constant rate. Creatine is one of the main compounds in the muscular energetic metabolism leading to phosphocreatine to maintain high ATP levels. In general, the normal concentration of creatinine in serum is about 0.6-1.2 mg/dL [1]. The measurement of creatinine level in human blood and urine is clinically essential, because creatinine level partially reflects the renal, muscular and thyroid functions. Low serum creatinine levels may indicate a low nutritional status, muscular dystrophy and myastheni, whereas high creatinine levels indicate diabetic nephropathy, eclampsia, glomerulonephritis, muscular dystrophy, preeclampsia, pyelonephritis reduced renal blood flow, renal failure, and urinary tract obstruction [2].

The commonly used method for the determining of creatinine is based on colorimetry using the Jaffé's reaction method. However, colorimetric method is adversely affected by numerous metabolites and drugs found in biological samples. Highly selective and relatively fast creatinine determination in biofluids is possible with some chromatographic methods, however creatinine analysis using this methods require time-consuming for

sample preparation and instruments required for these methods are expensive, so that these are not suitable for routine analysis [3].

In recent years, some methods for creatinine analysis have been developed, such as flow injection-potentiometric using biosensor [4], voltammetry using a hanging mercury drop electrode modified molecularly imprinted polymer (MIP) [5-6] and potentiometry using various electrode [7]. The developed method is generally not selective, requires a relatively large sample and complicated sample pretreatment.

This research was studied modification of carbon paste electrode by imprinting zeolite as a sensor for potentiometric creatinine analysis. Sensor based methods have many advantages over other techniques used to analyze creatinine in clinical laboratory. Several studies have developed potentiometric sensors for creatinine analysis [8-9]. Basically, not all analytes can produce high signal response, because the electrode component used has low conductivity, so it can not convey the potential response to potentiometer well. Therefore, in this research imprinted zeolite and nanopore carbon were used in fabricating electrode which functions as a sensor on potentiometry. Potentiometric measurements are based on measuring the electrode potential against the reference electrode in an electrochemical cell at zero or no significant current flows between them.

Nanopore carbon is an inert material, has a large surface area, and a high conductivity [10-11], so that presence of carbon nanopore is expected to increase the sensitivity of measurement by electrometry. Zeolite has rigid structure, so that in the aqueous media can maintain the shape and size of its pore (selective)[12]. Zeolite is an inorganic compound with a porous crystal structure that has a three-dimensional framework where the structure makes zeolites easy to be modified. Imprinting zeolite is a zeolite in which there is a molecular mold to recognize the analyte. The utilization of imprinting TS-1 zeolite as a modifying material on electrometric sensor for uric acid analysis in serum has been studied previously [13-14]. Conformity between the pore size of synthesized zeolite and molecular size of uric acid could increase the adsorption capacity of zeolite, which can provide high sensitivity for uric acid determination.

The LTA type zeolite has been used to modify carbon paste electrodes as creatinine potentiometric sensors [15]. In this work we studied the use of TS-1 type zeolite to modify carbon paste electrodes on potentiometric detection of creatinine. The parameters studied were the optimum composition of carbon and imprinted zeolite in the preparation of electrodes. The electrode properties were discussed with respect to response time, range of measurement (linear dynamic range), Nernst factor, limits of detection, selectivity, accuracy and lifetime.

2. Methods

2.1 Materials and Instruments

Chemical used were creatinine monohydrate (Sigma-Aldrich, 99%), urea (Merck, 98%), acetic acid (Merck, 100%), sodium acetate (Merck, 99%), sodium dihydrogen phosphate dihydrate (Merck 99%), disodium hydrogen phosphate dihydrate (Merck, 99% Merck, 99%), sodium hydroxide trihydrate (Merck, 99%), nanoporous carbon powder, paraffin pellets, tetraethyl orthosilicate (TEOS, Merck, 99%), tetrabutyl orthotitanate (TBOT, Merck, 98%), tetrapropyl ammonium hydroxide (TPAH, Merck, 40%), silver wires with 100% of purity. The solvent used was distilled water. The stock solution of creatinine 10^{-1} M was prepared by dissolving 1.3112 g creatinine monohydrate in distilled water and diluted until 100 mL in volumetric flask. Standard solution of 10^{-10} to 10^{-2} M were prepared by diluting appropriate creatinine working solutions, and their pH were adjusted with the

addition of acetate or phosphate buffer. The sample used was blood serum obtained from local clinical laboratory in Surabaya, Indonesia.

The instruments used in this study were potentiometer *Cyberscan 510*, reference electrode Ag/AgCl (KCl 3M), pH meter Metrohm type 744, FTIR (Shimadzu), N₂ adsorption-desorption/BET (Quantachrome NovaWin version 2.1), X-ray diffractometer (Shimadzu), hotplate-magnetic stirrer, and other supporting equipments.

2.2 Synthesis and characterization of imprinting zeolite

Zeolite was synthesized by mixing TEOS into TBOT and stirred for 30 minutes at room temperature. TPAH was then added dropwise to the mixture, and stirred for 15 hours, so that the mixture obtained has a mole ratio of TEOS:TiO₂:TPAH:H₂O = 1:0.017:0.24:21.2 [16]. The mixture was further heated hydrothermally at 80 °C during 4 days. Non imprinting zeolite (NIZ) was synthesized by adding creatinine to the mixture with a molar ratio of creatinine/Si=0.0306. Subsequently, the mixture allowed aging for 3 hours. The creatinine was then extracted from the zeolite framework using warm water to produce IZ. The synthesized zeolite (Z), NIZ and IZ were characterized using FTIR and XRD.

2.3 Fabrication of nanoporous carbon paste–IZ electrode

Carbon paste was prepared by mixing nanoporous carbon powder, imprinting zeolite and solid paraffin (paraffin pellets) with varying mass ratio and heating at 80 °C. Carbon paste electrode was fabricated by filling three-quarters of the micropipet tube with melted paraffin in which Ag wire has been inserted into the tube. Furthermore, the remaining part of the tube was filled by a paste made previously.

2.4 Optimization of electrode composition and pH of solution

The resulting electrodes were used to measure the creatinine standard solution of 10⁻⁸-10⁻¹ M with a varying pH of 4-8. The optimum composition electrode is the electrode that produces the widest measurements range and Nernstian calibration curve. This optimum composition was then used as a basis for preparing electrode modified zeolite (Z) and non imprinting zeolite (NIZ).

2.5 Determination of the measurement range and the Nernst factor

Measurement range was determined by measuring the electrode potential in creatinine solution of a concentration ranging from 10⁻¹⁰ M to 10⁻² M, subsequently made curve relationship between log concentration of creatinine (log [creatinine]) and electrode potential (E). The measurement range referred to the concentration range indicated by the linear curve, while the slope of the linear curve was equal to the Nernst factor value.

2.6 Determination of the response time and life time of the electrode

The response time of electrode is the time needed by the electrode to recognize creatinine to provide a constant potential value. The response time is determined by analyzing various concentration of creatinine within the range of measurement. The life time of sensor was studied by analyzing creatinine within the range of measurement by potentiometry using carbon paste–IZ electrode in every week to know the performance of measurement range and the value of the slope of the calibration curve beyond the limits allowed Nernst factor.

2.7 Selectivity of the electrode

The selectivity of the electrode, expressed by selectivity coefficient (K_{ij}) value, was studied through the addition of urea (j), compound which is always coexist with creatinine

in urine or serum sample, on the creatinine (i) solution. Creatinine used was 10^{-4} M, while urea was added with concentrations of 10^{-3} M, 5×10^{-3} M, 10^{-2} M. The K_{ij} value was calculated by mixed solution method according to Eq. 1.

$$K_{ij} = \frac{a_i \left(10^{\frac{E_2 - E_1}{S}} \right)^{-1}}{a_j^{n/x}} \dots \dots \dots (1)$$

Where a_i is creatinine concentration, a_j is urea concentration, E_1 is electrode potential on the creatinine solution and E_2 is electrode potential on the mixture solution, whereas S is the slope of the calibration curve, n is the main ion charge (creatinine) and x is the interfering ion charge (urea).

3. Results and Discussion

3.1 Synthesis and characterization of zeolite

Precursors used to synthesize zeolite were TBOT and TEOS as titanium and silica sources, respectively, whereas TPAH served as a structure directing agent and alkaline condition. The addition of creatinine on the synthesis of NIZ served as template and a directional pore size of zeolite. Zeolite (Z), NIZ, and IZ were obtained as white powder.

The XRD pattern (Fig 1) showed that diffraction peaks of the synthesized zeolite appear at 2θ of 7.96, 8.88, 23.22, 23.98, and 24.44°. These peaks correspond to the characteristic of zeolite framework [17]. High-spectral intensity in the area is a typical spectra of TS-1 zeolite with MFI structure [18]. A single reflection 2θ around 24.44° indicated a transformation of monoclinic silicalite into orthorhombic zeolite [19-20]. Both Z and IZ exhibited a similar peaks and no reflection peaks of creatinine occurred. These data indicated that creatinine which associated to the zeolite framework on NIZ has been successfully extracted. Characterization of zeolite using FTIR spectroscopy (Fig 2) showed the peak at wave number of 453 cm^{-1} which is the peak of the bending vibration of Si-O-Si [18], and at 557 cm^{-1} indicates the presence of a five-ring asymmetry of MFI structure of the TS-1 zeolite [21-22].

The peaks at 796, 985 dan $1,099 \text{ cm}^{-1}$ are the typical peaks of the zeolite [22]. Peak at 796 cm^{-1} indicates the symmetric stretching of Si-O-Si [18] and at 985 cm^{-1} indicates the presence of titanium in the zeolite framework (stretching vibration of Si-O-Ti), whereas peak at 1099 cm^{-1} indicates the presence of stretching asymmetric Si-O-Si. The FTIR spectra of NIZ show both characteristic peaks of zeolite and creatinine at 840, 1650, and 3450 cm^{-1} . Two spectra on the 3249 and 3024 cm^{-1} are the spectra of the primary amine-N-H functional group, whereas in the 1666 cm^{-1} indicates the presence of C=O vibrations of carbonyl group of an amide in creatinine structure.

FTIR spectra of non-imprinted zeolite (NIZ) (Fig 2) are not much different with zeolite and IZ. However, at the wave number 3421 cm^{-1} , the peak of the spectra is wider than that of the zeolite. That is because in addition to the OH stretch vibration of NIZ, there is also a NH stretch vibration of creatinine. In addition to the wave number 1629 cm^{-1} show C = O stretch vibration from creatinine. This shows that creatinine has entered the zeolite structure. At the wave numbers $1334\text{-}1382 \text{ cm}^{-1}$ and 1629 cm^{-1} , the peaks appear sharper than zeolites. This is due to the vibration of the functional group of creatinine structure that enters the zeolite structure.

The FTIR spectra of IZ are almost identical to the zeolite spectra. This is due to the creatinine extraction process that has been succed in the process of synthesis IZ, so that the peak of creatinine fungsional group has not appeared on IZ spectra. The loss of the creatinine -NH group is indicated by a peak at 3431 cm^{-1} that has not widened yet. In addition to the area of range 1639 cm^{-1} and $1481\text{-}1544 \text{ cm}^{-1}$, the peak is not sharp anymore.

It can show that creatinine has been successfully extracted. Based on the physisorption analysis employing N_2 adsorption-desorption methods, the synthesized zeolite (Z) possessed a pore diameter of 3.836 nm, while IZ has a pore diameter of 2.186 nm [13].

3.2 Optimization of electrode composition

The working electrode of this study was prepared from a mixture of carbon nanopore, imprinted zeolite (IZ), and paraffin pellets on various compositions. Carbon nanopore is an inert material so it does not react with the analyte. Carbon nanopore also has large surface area, good chemical stability, and high conductivity [11]. The addition of IZ aims to increase the electrode selectivity because IZ has a selective recognition side of the creatinine. The prepared electrodes are then immersed in a 10^{-1} M creatinine solution for 24 hours for conditioning. Thereafter, each electrode was used to measure 10^{-1} - 10^{-10} M creatinine standard solutions. The electrode potential data is then used to make curve of the log concentration of creatinine against electrode potential. Nernst factor data, measurement range, and linearity of calibration curve can be seen in Table 1.

The good performance of the electrode was indicated by good linearity and Nernst factor of calibration curve, as well as a wide range of measurements. Creatinine is divalent molecule [23] and theoretically has a Nernst factor of 29.5 mV per decade. From the measurement results of some electrode compositions, it can be seen that E6 electrode that has Nernst factor most closely approximates the theoretical Nernst factor, ie 31.1 mV/decade, measuring range 10^{-7} - 10^{-3} M and linearity (r) of 0.9993. From the above three parameters, it can be seen that the electrode that works optimum is E6 electrode made from the mass ratio of nanoporous carbon: IZ_{creatinine}: paraffin of 9: 4: 7.

In the optimization of the electrode composition, the amount of nanoporous carbon and IZ can affect the results on potentiometric measurements. Imprinting zeolite (IZ) serves to selectively recognize the analyte according to the mold. The amount of IZ added in the electrode making can affect the number of analytical recognition sides that increase the electrode selectivity [24]. In this study, the addition of more than 20% of IZ resulted in lower Nernst factor, linearity, and range of measurements. This is probably because the membrane formed becomes most rigid, so the electrode provides a low response.

The nanoporous carbon paste modified IZ electrodes (E6) provide better results when compared to bare carbon paste electrodes (E1) or carbon paste modified zeolite (E8) or NIZ (E9) electrode. This is because the electrodes without IZ only contain non-selective carbon in response to the analyte, while the zeolite-containing electrodes showed unreproducible data due to zeolite does not have a specific mold for the analyte, so another compound can also be measured.

The NIZ and zeolite modified carbon paste electrodes were prepared with the identical composition with E6. NIZ-containing electrodes have a lower Nernst factor than zeolite-containing electrodes because the remaining creatinine in the zeolite framework binds with zeolite, so creatinine in solution can not move from solution and equilibrate to the NIZ modified electrode surface. The measured electrode potential (E) versus log [creatinine] curve of the measurement using E1, E6, E8, and E9 can be seen in Fig 3.

3.3 Optimization of pH solution

The pH of the solution may affect the measurement results. Optimization of the pH of the solution was carried out in the pH range of 3-8 in order to find out the response of the electrode at acidic, neutral, and alkaline solutions. Based on Figure 4, at pH 5-6 a sharp

increase in potential value appears with a potential difference of 60 mV per decade. This illustrates that at the pH range the electrode serves as a hydrogen ion sensor.

In this study, creatinine concentrations of 10^{-10} - 10^{-1} M had a pH range of 6-8. In Fig 4, it is seen that the electrode potential is relatively stable at both acid and base pH of solution. That's due creatinine has two dissociation constants, $pK_{a1} = 4.8$ and $pK_{a2} = 9.2$. At pH lower than 4.8, creatinine is in cation species, whereas at a pH of about 9.2, creatinine is in the species of anions [23]. This study showed that creatinine is more stable in neutral (pH) solution, approaching the pH of urine and serum samples.

3.4 Performance of the electrode and method validity

In this study, the creatinine standard curve was made from the measurement of the electrode potential in 10^{-10} - 10^{-1} M creatinine solution with pH 7 using E6. The creatinine standard curve can be seen in Fig 5. The electrode performance and the validity of the potentiometry method were expressed by the response time and the life time of the electrode, the measurement range, Nernst factor, detection limit, precision, accuracy value and the selectivity.

The response time is the time required for the electrode to respond to the analyte in the solution. The response time is measured when the working electrode is inserted into the solution until it reads a stable potential response. The response time obtained from the creatinine measurements using E6 at pH 7 was shown in Table 2.

The higher concentration, the shorter time of creatinine to achieve equilibrium on the electrode surface, because of the mobility of molecule becomes faster. In this study, the higher the creatinine concentration, the faster the electrode response time due to the increasing concentration will also increase the number and movement of molecules, so that the molecules more quickly transfer from the solution to the electrode surface.

The E6 shows a measurement range of 10^{-7} - 10^{-3} M, with a Nernst factor of 31.1 mV / decade and a linearity (r) of 0.9993. The developed nanopore carbon paste-IZ electrode shows very low detection limit, that is 1.05×10^{-7} M. This value is about 100 times lower than spectrophotometry method (10^{-5} M) [3] and other previous study [6,7,9,25]. With a low detection limit, the analysis of creatinine in a very small amount of serum sample (μ L) can be done.

The validity of the method of analysis in general can also be expressed by its precision value and its accuracy. In this study the precision is expressed by the value of coefficient of variation (CV). Based on the measuring of creatinine 10^{-7} - 10^{-3} M (n=3) obtained CV range of 0.96% to 2.56%. According to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC), an analytical method is considered to be good when measuring the concentrations of 10^{-7} - 10^{-3} M yields a coefficient of variation of 5.3% - 21% [26]. The smaller the value of CV, the more reproducible the method used.

One of the major problems on the determination of creatinine is the presence of other compounds which are usually found together with creatinine in serum sample. Selectivity is the ability of electrodes to measure an analyte selectively wherein the analyte coexist with other components in a sample. The selectivity of the electrode in this study was expressed by the value of the selectivity coefficient (K_{ij}). The estimation of the K_{ij} is required due to the presence of creatinine in the body together with other molecules of functional groups similar to those of creatinine, such as urea. In this study, K_{ij} was calculated by the mixed method wherein the creatinine solution (i) of a certain concentration is added by the urea solution (j). In this study, the concentration of creatinine as the main analytes is 10^{-4} M, whereas the concentration of urea as an interfering analyte is 10^{-3} , 5×10^{-3} , and 10^{-2} M, respectively. Meanwhile, normal levels of urea in the blood of 6-20 mg/dL (10^{-3} M level) [2].

Theoretically, if the value $K_{ij} = 0$, other molecules do not interfere with the measurement, if the value of $K_{ij} < 1$, the electrode is selective to the main molecule rather than the interfering molecule, whereas if the value of $K_{ij} > 1$ then the electrode is more selective against the interfering molecule than the main molecule [27]. The measurement shows that nanopore carbon paste-IZ electrode is more selective to creatinine than urea because it yields K_{ij} value less than 1. Based on the measurement results, the selectivity coefficient (K_{ij}) was shown in Table 3.

Life time of the electrode stated the time of the electrode is still has good performance as a sensor in potentiometric measurement which in study by a good Nernst factor for the measurement range. The modified electrode showed a good Nernst factor up to 4 weeks with 165 times of measurement. The life time of the electrode depends on the mechanical properties of an electrode material, such as the flexibility of the material, pH, and the solubility of the material. Flexibility of the material causing the analyte is easier to diffuse into the mold. The use of nanoporous carbon paste-IZ electrode in more acidic and alkaline solution will affect the life time of the sensor, because the zeolite material used is resistant to acidic solution, while carbon is a material that soluble in alkaline. The surface of the electrode becomes uneven and forms a hole due to a number of soluble electrode components [7]. The more soluble, the number of substances that serve as the template will be less, so the selectivity decreases and Nernst factor significantly deviates. Based on the measurement of electrode potential each week, the Nernst and linearity factors are shown in Table 4.

Data on table 4 shows that there was a significant decrease in Nernst factor and linearity at 6 weeks used. This indicates that the potential measurement is inaccurate, so it can be concluded that the electrode is no longer suitable for use.

Electrode readiness was studied by applying electrode for creatinine analysis in serum samples. Electrode applications for creatinine analysis in serum samples as well as comparison test with spectrophotometric method and accuracy values are shown in Table 5. In this study, accuracy value obtained ($93.1 \pm 6.6\%$, $n=5$) is better than previous study [15,28]. According to the AOAC, the allowable accuracy values in the measuring 10^{-3} M is in the range 90-107%, for the concentrations 10^{-6} - 10^{-4} M are 80-110% and for concentration 10^{-7} M is 60-115% [26]. Therefore, the nanoporous carbon paste-IZ electrode is recommended as sensor for creatinine detection in serum samples by potentiometry.

4. CONCLUSIONS

The developed imprinted zeolite modified nanoporous carbon paste electrode showed the wide measurement range, low detection limit and high selectivity to creatinine analysis in the presence of urea. The developed electrode showed response time of 135–170 s and the life time of 4 weeks (165 times usage) and can be used for the analysis of creatinine in serum sample accurately. Based on the performance, the developed electrode is proposed as an alternative sensor for creatinine analysis in the medical field.

Acknowledgement: The authors thank the Ministry of Research, Technology and Higher Education, Indonesia for the financial support of this investigation through Universitas Airlangga PTUPT Grant No. 200/UN3.14/LT/2018 and Chemistry Department, Faculty of Science and Technology, Universitas Airlangga for the laboratory facilities provided.

Conflict of interest: Authors state no conflict of interest.

References

- [1] Guo, M.D., Guo H.X., Voltammetric Behaviour Study of Creatinine at Phosphomolybdic-Polypyrrole Film Modified Electrode, *J. Electroanal Chem.*, 2005, 585, 28-34.
- [2] Levey, A.S., Boshch, J.P., Lewis, J.B., Greene, T., Rogers, N., Roth, D., A More Accurate Method to Estimate Glomerular Filtration Rate from Serum Creatinine: a New Prediction Equation, *Ann. Intern. Med.*, 1999, 130, 461-470.
- [3] Quon, H., Grossman, C.E., King, R.L., Putt, M., Donaldson, K., Kricka, L., Finlay, J., Zhu, T., Dimofte, A., Malloy, K., Cengel, K.A., Busch, T.M., Interference with the Jaffé Method for Creatinine Following 5-aminolevulinic acid Administration, *Photodiagnosis Photodyn. Ther.*, 2010, 7, 268-274.
- [4] Hassan, S.S.M., Elnemma, E.M., Mohamed, A.H.K., Novel Biomedical Sensors for Flow Injection Potentiometric Determination of Creatinine in Human Serum, *Electroanal.*, 2005, 17, 2246-2253.
- [5] Lakshmi, D., Prasad, B.B., Sharma, P.S., Creatinine Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer-Modified Hanging Mercury Drop Electrode, *Talanta*, 2006, 70, 272-280.
- [6] Patel, A.K. Sharma, P.S., Prasad, B.B., Development of a Creatinine Sensor Based on a Molecularly Imprinted Polymer-Modified Sol-Gel Film on Graphite Electrode, *Electroanal.*, 2008, 20 (19), 2102 – 2112.
- [7] Elmosallamy, M.A.F., New Potentiometric Sensors for Creatinine, *Anal. Chim. Acta*, 2006, 564, 253-257.
- [8] Pandey, P.C., Mishra, A.P., Novel Potentiometric Sensing of Creatinine, *Sens. Actuators B*, 2004, 99, 230-235.
- [9] Pundir, C.S., Yadav, S., Kumar, A., Creatinine Sensors-Review, *Trends Analyt. Chem*, 2013, 50, 42-52.
- [10] Pyun, S., Lee, G., (C. Vayenas *et al.*, editor) Synthesis and Characterization of Nanoporous Carbon and Its Electrochemical Application to Electrode Material for Supercapacitors, *Modern Aspect of Electrochemistry*, 2007, No 41, Springer, New York
- [11] Yürüm, Y., Taralp, A., Veziroglu, T.N., Storage of Hydrogen in Nanostructured Carbon Materials-Review, *Int. J. Hydrogen Energy*, 2009, 34, 3784-3798.
- [12] Gourishkina, T.B., Kurs, B.A., Dzyadevych, S.V., 2010, Application of Zeolites for Immobilization of Glucose in Amperometric Biosensors, *Sens. Electron. & Microsyst. Technol.*, 1, 36-42.
- [13] Khasanah, M., Harsini, M., Widati, A.A., Imprinting Zeolite Modified Glassy Carbon as a Voltammetric Sensor for Uric Acid, *Indones. J. Chem.*, 2013, 13 (2), 108-113.
- [14] Khasanah, M., Widati., A.A., Fitri, S.A., Imprinted Zeolite Modified Carbon Paste Electrode as a Potentiometric Sensor for Uric Acid, *American Institute of Physics Conference Proceedings*, 2016, Vol 1718, no.070003.
- [15] Khasanah, M., Handajani, U.S., Widati, A.A., Abdulloh, Rindarti, R.R., Construction and Performance of Creatinine Selective Electrode Based on carbon Paste Imprinting Zeolite, *Anal. Bioanal. Electrochem.*, 2018, 10(4), 429-438.
- [16] Eimer, G.A., Diaz, I., Sastre, E., Casuscelli, G.S., Crivello, M.E., Herrero, E.R., Perez-Pariente, J., Mesoporous Titanosilicates Synthesized from TS-1 Precursors with Enhanced Catalytic Activity in The α -Pinene Selective Oxidation, *Appl. Catal. A: General*, 2008, 343, 77-86.
- [17] Treacy, M. M. J., Higgins, J. B., von Ballom, R., *Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolite*, 2001, 4th edition, Elsevier, Amsterdam.

- [18] Qiu, F., Wang, X., Zhang, X., Liu, H., Liu, S., Yeung, K.L., Preparation and Properties of TS-1 Zeolite and Film Using Sil-1 Nanoparticles as Seeds, *Chem. Eng. J.*, 2009, 147, 316-322.
- [19] Mondal, P., Hazarika, K.K., Deka, A., Deka, R.C., Density functional studies on Lewis acidity of alkaline earth metal exchanged Faujasit zeolite, *Mol. Simulat.*, 2008, 34, issue 10-15, 1121-1128.
- [20] Ke, X., Xu, L., Zeng, C., Zhang, L., Xu, N., Synthesis of Mesoporous TS-1 by Hydrothermal and Steam-Assisted Dry Gel Conversion Techniques with The Aid of Triethanolamine, *Microporous Mesoporous Mater.*, 2007, 106, 68-75.
- [21] On, D.T., Litic, D., Kaliaguine, S., An Example of Mesostructured Zeolitic Material: UL-TS-1, *Microporous Mesoporous Mater.*, 2001, 44-45, 435-444.
- [22] Fang, Y., Hu, H., Mesoporous TS-1: Nanocasting Synthesis with CMK-3 as Template and Its Performance in Catalytic Oxidation of Aromatic Thiophene. *Catal. Commun.*, 2007, 8(5), 817-820.
- [23] Gatti, R., Lazzarotto, V., Palo, C.B.D., Cappellin, E., Spinella, P., Palo, E.F.D., A Rapid Urine Creatinine Assay by Capillary Zone Electrophoresis, *Electrophoresis*, 1999, 20, 2917-2921.
- [24] Liang, R., Zhang, R., Qin, W., Potentiometric Sensor Based on Molecularly Imprinted Polymer for Determination of Melamine in Milk, *Sens. Actuators B: Chemical*, 2009, 141, 544-550.
- [25] Falcó, P.C., Genaro, L.A.T., Lloret, S.M., Gomez, F.B., Cabeza, A.S., Legua, C.M., Creatinine Determination in Urine Samples by Batchwise Kinetic Procedure and Flow Injection Analysis Using the Jaffé Reaction: Chemometric Study, *Talanta*, 2001, 55, 1079-1089.
- [26] Taverniers, I., Loose, M.D., Bockstaele, E.V., Trends in Quality in The Analytical Laboratory. II. Analytical Method Validation and Quality Assurance, *Trends Analyt. Chem.*, 2004, 23, 535-552.
- [27] Tohda, K., Dragoe, D., Shibata, M., Umezawa, Y., Studies on Matched Potential Method for Determining Selectivity Coefficients of Ion-Selective Electrode Based on Neutral Ionophores: Experimental and Theoretical Verification, *Anal. Sci.*, 2001, 17, 733-743.
- [28] Khasanah, M., Harsini, M., Widati, A.A., Ibrani, P.M., The Influence Of Ascorbic Acid, Creatine, and Creatinine on The Uric Acid Analysis by Potentiometry using A Carbon Paste Modified Imprinting Zeolite Electrode, *J. Chem. Technol. Metall.*, 2017, 52(6), 1039-1044.

Figure Legends

- Fig 1. XRD pattern of zeolite**
- Fig 2. FTIR spectra of creatinine, zeolite, NIZ and IZ**
- Fig 3. Plot of log [creatinine] versus potential of the electrode**
- Fig 4. Plot of pH solution versus potential of the electrode**
- Fig 5. Calibration curve of creatinine**

Table Legends

- Table 1. Measurement range, Nernst factor and linearity of calibration curve**
- Table 2. Response time of the electrode in the creatinine solution**
- Table 3. Selectivity coefficient (K_{ij}) value of the electrode in the presence of urea**
- Table 4. Number of measurement and produced Nernst factor in the determination of electrode life time**
- Table 5. The accuracy of potentiometry toward spectrophotometry method in the measurement of creatinine in serum sample**

Lampiran 4. Draft paten sederhana

Deskripsi

SENSOR BERBASIS *IMPRINTED* ZEOLIT UNTUK APLIKASI ANALISIS KREATININ

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berhubungan dengan pembuatan sensor berbasis *imprinted* zeolit untuk aplikasi analisis kreatinin secara potensiometri.

Latar Belakang Invensi

Pengontrolan kadar asam urat dalam cairan tubuh merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan, karena kadar kreatinin yang rendah dalam serum dapat menunjukkan status nutrisi yang rendah, sedangkan kadar kreatinin yang tinggi dapat menunjukkan adanya kerusakan pada ginjal, seperti nekrosis tubulus (penyebab gagal ginjal akut), glomerulonefritis (kerusakan pada glomerulus), dan sebagai petunjuk rendahnya kemampuan filtrasi glomerulus (Levey et al., 1999). Bahkan kadar kreatinin yang meningkat dua kali lipat dari kadar normal mengindikasikan adanya penurunan fungsi ginjal sebesar 50% (Setyaningsih et al., 2013)

Metode yang paling umum digunakan untuk penentuan kadar kreatinin dalam bidang kesehatan yaitu metode Jaffe. Metode ini memiliki selektivitas yang rendah dan kurang spesifik karena yang terukur bukan kadar kreatinin saja, tetapi juga keton, glukosa, asetoasetat, dan sefalosporin yang kemungkinan juga terdapat dalam sampel (Quon et al., 2010). Kelemahan metode ini adalah memiliki sensitivitas rendah dan batas deteksi yang tinggi (skala mM), memerlukan jumlah sampel yang relatif banyak (2-3 mL), dan memerlukan pereaksi kimia.

Metode potensiometri dengan menggunakan elektroda selektif ion telah dikembangkan untuk analisis kreatinin. Metode yang dikembangkan dari penelitian tersebut umumnya juga tidak selektif, membutuhkan sampel dengan jumlah yang relatif banyak, serta memiliki limit deteksi pada level 10^{-4} mol/L (Pandey et al., 2004; Elmosalamy, 2006; Pundir et al., 2013).

Penelitian sebelumnya berupa pengembangan metode potensiometri untuk analisis kreatinin dalam serum menggunakan sensor berupa elektroda berbasis molecularly imprinted polymer (MIP). Elektroda pasta karbon nanopori-MIP dibuat dari campuran karbon nanopori, MIP dan paraffin. Hasil penelitian menunjukkan waktu respon elektroda sebesar 180 detik, faktor Nernst 53,92 mV/dekade, jangkauan pengukuran 10^{-6} - 10^{-3} M dan batas deteksi sebesar $1,71 \times 10^{-5}$ M. Akurasi metode untuk pengukuran konsentrasi 10^{-3} M- 10^{-6} M berkisar antara 79,96-115,12%, sedangkan koefisien variasi untuk konsentrasi tersebut adalah 0,38-8,22%. Keberadaan urea dalam larutan sampel tidak mengganggu kinerja elektroda pasta karbon nanopori/MIP pada analisis kreatinin (Khasanah et al., 2016). Namun di dalam sampel riil tidak hanya terdapat urea, namun juga mengandung senyawa lain yang memiliki gugus fungsi mirip kreatinin diantaranya adalah asam urat, glukosa. Namun tidak semua analit dapat menghasilkan respon sinyal yang tinggi jika digunakan elektroda yang memiliki konduktivitas yang rendah.

Untuk mengatasi hal tersebut, pada invensi ini telah dibuat suatu sensor potensiometrik berbasis imprinted zeolit kemudian mengaplikasikan sensor tersebut untuk analisis kreatinin secara potensiometri. Pada invensi sebelumnya, Liston et al (US 1990/4935106) mengembangkan elektroda selektif anion berbasis enzim untuk mendeteksi glukosa, trigliserida, kolesterol, kreatinin dan senyawa lainnya pada cairan tubuh seperti darah, serum atau plasma tanpa melalui

proses pengenceran sampel. Elektroda tersebut terdiri dari gelas atau plastik yang dilapisi dengan membran berbasis enzimatis dan diaplikasikan sebagai sensor pada analisis kreatinin serta komponen lainnya dalam sampel secara polarografi konvensional. Sinyal arus selanjutnya dikonversi menjadi sinyal voltase dan diolah oleh mikroprosesor untuk diturunkan menjadi satuan konsentrasi.

Berhard Peter Harald Schaffar (US 2003/0027239 A1) mengembangkan suatu metode untuk pembuatan biosensor yang terdiri atas minimal dua enzim untuk penentuan senyawa yang mudah terpecah secara enzimatis, seperti kreatinin, dalam cairan tubuh (darah, urin, plasma, serum). Enzim tersebut diimmobilisasikan pada elektroda kerja yang terbuat dari karbon, logam atau campuran karbon dan logam. Enzim pertama diterapkan pada elektroda kerja dengan satu atau lebih bahan aktif permukaan dalam larutan berair dan dibiarkan kering. Enzim kedua diimmobilisasikan secara kimia di dalam elektroda untuk memperpendek waktu respon dan meningkatkan sinyal biosensor. Pengukuran konsentrasi kreatinin didasarkan pada arus yang ditimbulkan oleh jumlah hydrogen peroksida yang dihasilkan oleh reaksi antara kreatinin dengan enzim kreatininase pada permukaan elektroda. Arus tersebut sebanding dengan konsentrasi kreatinin. Interferensi elektrokimia oleh senyawa lain diatasi melalui adsorpsi enzim sarkosin oksidase pada permukaan elektroda.

[Shen-Kan Hsiung](#) et al (US 2010/7758733) mengembangkan elektroda ion selektif tipe ganda berbasis enzim untuk deteksi kreatinin secara potensiometri. Elektrode tipe pertama terbuat dari membran *indium tin oxide*- substrat kaca yang berfungsi sebagai sensor pH. Elektrode tipe kedua terbuat dari campuran PVC-terkarboksilasi atau Poly(vinyl chloride) (PVC), Bis(2-ethylhexyl) sebacate (DOS), and ammonium ion selector (Nonactin), dengan perbandingan 33%, 66% and 1%. Pada membrane kedua elektroda tersebut

diimmobilisasikan enzim kreatinin Sensor kreatinin pertama dan kedua akan terhubung melalui sirkuit dan menghasilkan sinyal saat digunakan untuk mengukur larutan kreatinin.

Prem Chandra Pandey et al (Indian patent 2008/223621) mengembangkan alat deteksi kuantitatif kreatinin berbasis enzimatis secara potensiometri. Alat tersebut terdiri dari logam teramobilisasi bienzim creatinase/creatinase amidinohidro-lase, creatininase/creatinine amidohidrolase, dan bio-sensor urea solid-state berupa elektroda pelat yang dilapisi polimer elektroaktif polianilin yang berisi enzim urease. Output listrik biosensor tersebut dan elektroda referensi dihubungkan ke alat pengukur potensial.

Invensi tersebut masih menggunakan enzim (yang harganya mahal) dengan tujuan untuk menopeng senyawa lain dalam sampel agar tidak mengganggu analisis kreatinin (mengurangi interferensi), mempercepat waktu respon elektroda dan memperkuat sinyal analisis.

William Meathrel dan Benjamin Wagner (US 2010/0068820 A1) memanfaatkan polimer ter-*imprint* (tercetak) asam urat untuk menopeng senyawa asam urat yang selalu mengganggu analisis glukosa dalam darah. Dengan sistem *imprinting* tersebut asam urat akan terikat pada cetakan polimer sehingga tidak mengganggu analisis glukosa darah.

Berdasarkan invensi William Meathrel dan Benjamin Wagner (US 2010/0068820 A1) tersebut, pada invensi ini dikembangkan teknik zeolit tercetak (*imprinted* zeolit) molekul kreatinin digunakan sebagai bahan untuk bahan pembuatan elektroda sehingga menghasilkan suatu sensor yang selektif terhadap kreatinin. Prinsip pembuatan *imprinted* zeolit adalah menjebakkan molekul target pada proses sintesis zeolit sehingga terjadi ikatan secara fisika yang lemah antara analit target (yang bertindak sebagai template) dengan kerangka zeolit. Kemudian analit target diekstraksi dari kerangka zeolit sehingga menghasilkan cetakan yang mempunyai

bentuk dan ukuran sebesar molekul kreatinin. Ketika sensor diaplikasikan untuk analisis sampel serum maka hanya kreatinin yang terdeteksi karena cetakan bersifat spesifik terhadap kreatinin. Dengan demikian sensor berbasis *imprinted* zeolit ini mempunyai selektivitas yang tinggi.

Dikembangkannya metode analisis kreatinin yang selektif akan mengurangi resiko kesalahan diagnosis. Sensor yang mempunyai batas deteksi rendah (skala nanogram) akan dapat digunakan untuk analisis kreatinin dengan kadar yang sangat rendah dan membutuhkan sampel dengan jumlah yang sangat kecil (< 0,5 mL darah). Dengan menggunakan metode yang akurat hasil invensi ini diharapkan dapat dilakukan diagnosis secara dini terhadap kadar kreatinin dalam tubuh sehingga dapat dilakukan pengontrolan terhadap fungsi ginjal dan dapat diberikan *treatment* yang tepat pada penderitanya.

Pada invensi ini dibuat suatu sensor yang sensitif dan selektif terhadap kreatinin dengan cara membuat pasta yang terdiri atas campuran serbuk karbon, *imprinted* zeolit dan parafin padat. *Imprinted* zeolit (IZ) dibuat dengan mencampurkan tetraetil ortosilikat (TEOS), tetrabutyl ortotitanat (TBOT), tetrapropilamonium hidroksida (TPAOH), dan akuades sesuai prosedur Eimer et al. (2008). Kreatinin ditambahkan ke dalam campuran dan selanjutnya diekstraksi dari struktur zeolit sehingga terbentuk cetakan yang diharapkan spesifik untuk kreatinin. Selanjutnya *imprinted* zeolit diaplikasikan untuk pembuatan elektroda pasta karbon termodifikasi dengan variasi perbandingan massa serbuk karbon dan IZ. Selanjutnya, elektroda yang diperoleh diaplikasikan untuk analisis potensiometri larutan kreatinin standar dan dilakukan uji validitas metode meliputi jangkauan pengukuran, faktor Nernst, batas deteksi, dan *recovery*. Selektivitas sensor diuji dengan cara mengaplikasikan sensor tersebut untuk analisis urea, glukosa dan asam urat secara

potensiometri menggunakan sensor pasta karbon-IZ hasil invensi ini.

Uraian Singkat Invensi

Invensi yang diusulkan ini pada prinsipnya adalah meningkatkan selektivitas dan sensitivitas metoda analisis kreatinin dalam sampel serum dengan cara membuat sensor pasta karbon berbasis *imprinted* zeolit. Pemilihan karbon sebagai material elektroda dikarenakan karbon merupakan material yang inert, memiliki luas permukaan yang besar, dapat bertindak sebagai adsorben dan memiliki konduktivitas yang tinggi (Pyun dan Lee, 2007; Yürüm *et al.*, 2009; Mukherjee *et al.*, 2014). Elektroda pasta karbon mudah dimodifikasi, murah, dan mudah diperbarui (Gholivand *et al.*, 2013), dengan demikian diharapkan memiliki waktu hidup yang lama.

Zeolit merupakan senyawa anorganik dengan struktur kristal berpori yang memiliki kerangka tiga dimensi dimana dengan struktur tersebut menjadikan zeolit mudah untuk dimodifikasi (Lestari, 2010). *Imprinted* zeolit adalah zeolit yang di dalam porinya terdapat cetakan molekul yang akan dikenali/dianalisis, dalam hal ini adalah molekul kreatinin. Cetakan tersebut hanya akan sesuai dengan kreatinin yang dicetak karena ukuran, bentuk dan sisi ikatan yang ditinggalkannya saat pencetakan. Zeolit bersifat kaku (*rigid*) sehingga tidak akan mengalami *swelling* dan dapat mempertahankan bentuk rongga cetakan pada saat pelarutan.

Pada tahap pertama dilakukan sintesis *imprinted* zeolit dari campuran tetraetil ortosilikat (TEOS), tetrapropilamonium hidroksida (TPAOH), tetrabutyl ortotitanat (TBOT), air (Eimer *et al.*, 2008) dan analit kreatinin sebagai *template*. Selanjutnya kreatinin diekstraksi dari kerangka zeolit sehingga terbentuk cetakan yang spesifik untuk kreatinin.

Pekerjaan tahap kedua adalah pembuatan sensor dengan cara mencampurkan karbon aktif, IZ dan parafin padat dengan berbagai perbandingan massa karbon dan IZ (Tabel 1). Pencampuran dilakukan dengan bantuan pemanasan, sehingga terbentuk pasta. Pada penelitian ini digunakan kawat Ag sebagai penghantar listrik.

Tabel 1. Komposisi pembuatan sensor pasta karbon- IZ

Elektroda	Massa karbon:IZ
E1	12:0
E2	12:1
E3	6:1
E4	3:1
E5	2:1
E6	1:1

Tahap ketiga adalah mengaplikasikan sensor pasta karbon-IZ untuk analisis kreatinin. Untuk mengetahui selektivitas sensor, dilakukukan uji pengaruh senyawa yang memiliki struktur mirip dengan kreatinin dan sering berada bersama kreatinin dalam sampel serum yaitu urea, asam urat dan glukosa.

Uraian Lengkap Invensi

Invensi ini secara garis besar terdiri atas tiga tahap pekerjaan. Tahap pertama adalah sintesis *imprinted* zeolit dan mengkarakterisasinya. Tahap kedua adalah pembuatan sensor berbasis *imprinted* zeolit melalui modifikasi elektroda pasta karbon dengan *imprinted* zeolit serta mengkarakterisasi sensor yang terbentuk secara potensiometri. Tahap ketiga adalah menguji validitas metode dan menguji keterpakaian sensor hasil invensi dengan cara mengaplikasikan sensor tersebut untuk analisis kreatinin dalam sampel serum.

Pada tahap pertama, dilakukan sintesis *imprinted* zeolit dengan cara mencampurkan sebanyak 35 g TEOS ke dalam 0,9 g TBOT, kemudian diaduk selama 30 menit pada temperatur kamar. Sebanyak 20 g TPAOH ditambahkan ke dalam campuran, kemudian

diaduk selama 15 jam, sehingga campuran yang diperoleh mempunyai perbandingan mol $\text{TEOS} : \text{TiO}_2 : \text{TPAOH} : \text{H}_2\text{O} = 1 : 0,017 : 0,24 : 21,2$. Campuran yang terbentuk dipanaskan secara hidrotermal pada temperatur 80°C selama 4 hari. Sejumlah kreatinin ditambahkan ke dalam campuran hingga diperoleh rasio molar kreatinin/Si = 0,0306. Selanjutnya, campuran didiamkan selama 3 jam (Eimer *et al.*, 2008). Sebagai pembanding, dengan cara yang sama, dilakukan sintesis zeolit (tidak dilakukan penambahan kreatinin) dan *non imprinted zeolite* (kreatinin tidak diekstraksi dari kerangka zeolit). Selanjutnya, padatan hasil sintesis (zeolit, *imprinted zeolite* dan *non-imprinted zeolite*) yang terbentuk dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, SEM dan adsorpsi desorpsi N_2 .

Pekerjaan tahap kedua adalah pembuatan sensor pasta karbon termodifikasi imprinted zeolit (pasta karbon-IZ) dengan cara mencampurkan karbon aktif, IZ dan parafin padat dengan bantuan pemanasan. Ke dalam *tip* mikropipet dimasukkan kawat Ag, selanjutnya diisi dengan parafin padat sebanyak $\frac{3}{4}$ bagian dan sisanya diisi dengan pasta karbon -IZ yang terbuat dari campuran karbon aktif, IZ dan parafin dengan perbandingan massa bervariasi. Setelah pasta memadat, ujung permukaan sensor kemudian digosok dengan kertas.

Tahap ketiga adalah mengaplikasikan sensor pasta karbon-IZ berbagai komposisi untuk analisis larutan baku kreatinin. Sensor pasta karbon-IZ dicelupkan pada larutan kreatinin dengan konsentrasi 10^{-10} - 10^{-2} M dan pH yang divariasi yaitu 3-8. Validasi metode dilakukan dengan cara membuat kurva baku antara log konsentrasi kreatinin dan potensial elektroda yang terukur, kemudian ditentukan nilai faktor Nernst, jangkauan pengukuran, dan batas deteksi. Selektivitas ditentukan dengan mengaplikasikan sensor hasil invensi ini untuk mengukur larutan urea, asam urat dan glukosa secara terpisah (metode *matched potential method/MPM*). *Recovery* ditentukan dengan

metode spiking yaitu dengan mengukur konsentrasi kreatinin dalam sampel serum, serum yang ditambah larutan standar kreatinin dan larutan standar kreatinin yang ditambahkan.

Jangkauan pengukuran metode hasil invensi ini cukup lebar yaitu 10^{-7} - 10^{-3} M, dengan factor Nernst sebesar 31,1 mV/dekade. Batas deteksi yang diperoleh dari invensi ini adalah 1.05×10^{-7} M atau 500-1000 kali lebih rendah dibandingkan metode spektrofotometri yang umum digunakan di bidang medis. Dengan batas deteksi yang sangat rendah ini, dapat dilakukan analisis kreatinin dalam sampel serum dengan jumlah sedikit (skala μ L). *Recovery* yang diperoleh $86,9 \pm 4,1\%$. Selektivitas sensor pasta karbon-IZ terhadap kreatinin sangat tinggi. Urea, asam urat dan glukosa tidak mengganggu analisis kreatinin secara potensiometri menggunakan sensor hasil invensi ini sehingga sensor hasil invensi ini dapat digunakan untuk analisis asam urat dalam sampel serum tanpa gangguan yang berarti dari matriks lain.

Klaim

1. Suatu proses pembuatan sensor pasta karbon termodifikasi imprinted zeolit (IZ) melalui pencampuran karbon aktif, imprinted zeolit dan parafin padat dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. mencampurkan serbuk karbon aktif, serbuk IZ, dan paraffin padat dengan perbandingan massa karbon dan IZ bervariasi
 - b. memanaskan campuran (a) tersebut di atas *hot plate*, pada suhu 70°C sambil mengaduknya sampai terbentuk pasta;
 - c. menyematkan kawat Ag pada tip mikropipet, dan memasukkan lelehan parafin pada $\frac{3}{4}$ bagian tip mikropipet;

- d. memasukkan pasta (b) pada sisa ruang dalam tip mikropipet dan membiarkan hingga pasta memadat. Ujung kawat Ag tertanam setengah dari tebal pasta karbon;
 - e. menggosok permukaan pasta karbon-IZ (d) dengan kertas HVS hingga rata dan halus.
2. Suatu proses pembuatan sensor pasta karbon-IZ sebagaimana pada klaim 1 dilakukan melalui pencampuran serbuk karbon aktif, IZ dan paraffin pada perbandingan massa karbon aktif dan IZ sebesar 12:1; 6:1; 3:1; 2:1; 1:1.
3. Suatu proses pembuatan sensor termodifikasi IZ sebagaimana klaim 1, dimana pencampuran serbuk karbon dan IZ lebih disukai pada perbandingan 2:1.
4. Suatu proses pembuatan *sensor pasta karbon termodifikasi IZ* sebagaimana klaim 1-3, selanjutnya diaplikasikan untuk penentuan kadar kreatinin melalui langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. membuat larutan kerja kreatinin 10^{-10} - 10^{-2} M dalam pelarut air lebih disukai dengan pH 7 melalui penambahan buffer fosfat;
 - b. memasukkan sebanyak 10 mL dari larutan (5a) tersebut ke dalam sel potensiometri;
 - c. encelupkan elektroda hasil invensi ke dalam larutan (5a) dan melakukan pengukuran potensial elektroda menggunakan elektroda pembanding Ag/AgCl;
 - d. mengaplikasikan data hasil pengukuran larutan kreatinin sebagaimana langkah (4c) untuk pembuatan kurva hubungan antara log konsentrasi kreatinin dan potensial elektroda;
 - e. mengaplikasikan sensor untuk menentukan kadar kreatinin dalam larutan serum.

Abstrak

SENSOR BERBASIS *IMPRINTED* ZEOLIT UNTUK APLIKASI ANALISIS KREATININ

Invensi ini berhubungan dengan pembuatan sensor berbasis *imprinted* zeolit untuk analisis asam urat. *Non-imprinted* zeolit (NIZ) disintesis secara hidrotermal melalui penjebakan kreatinin pada suhu 80°C, sedangkan *imprinted* zeolit diperoleh dengan cara mengekstraksi molekul kreatinin yang terjebak di dalam kerangka NIZ menggunakan air panas (70°C) dengan bantuan sentrifugasi. Serbuk *imprinted* zeolit dicampurkan dengan serbuk karbon aktif dan parafin padat dengan perbandingan massa tertentu, kemudian dipanaskan hingga membentuk pasta dan dimasukkan ke dalam tip mikropipet sebagai badan elektroda. Sebagai penghubung antara elektroda dengan potensiometer digunakan kawat Ag. Dengan menggunakan sensor hasil invensi ini diperoleh faktor Nernst sebesar 31,1 mV/dekade, jangkauan pengukuran 10^{-3} - 10^{-7} M, dengan linieritas kurva kalibrasi sebesar 0,9993, dan batas deteksi metode $1,05 \times 10^{-7}$ M. Dengan batas deteksi yang rendah ini dimungkinkan dilakukan analisis asam urat dalam sampel serum yang berjumlah sedikit (sekitar 0,1 mL). Sensor hasil invensi ini menunjukkan selektivitas yang tinggi terhadap kreatinin. Keberadaan urea, asam urat dan glukosa tidak mengganggu proses pengukuran larutan standar kreatinin. Sensor pasta karbon-IZ ini memiliki recovery pengukuran sebesar $(86,9 \pm 4,1)\%$ (n=3), sedangkan nilai presisi yang dinyatakan dengan koefisien variasi adalah 0,96-2,56%. Waktu respon untuk konsentrasi kreatinin 10^{-3} - 10^{-7} M adalah 34-56 detik. Sensor hasil invensi ini masih memberikan kinerja yang bagus hingga pemakaian 165 kali (selama 4 minggu).

Lampiran 5. Instrumen dan sarana pendukung penelitian

1. Dukungan Pelaksanaan Penelitian

Dari segi pembiayaan tidak ada dukungan pembiayaan lain dari luar selain anggaran yang diusulkan ke DRPM melalui Desentralisasi Unair tahun 2018.

2. Sarana

A. LABORATORIUM

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Penelitian Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Untuk perbandingan hasil (uji akurasi), dilakukan uji terhadap kadar kreatinin dalam sampel serum darah pasien di salah satu Laboratorium Klinik yang berada di wilayah Surabaya. Karakterisasi terhadap zeolit dan *imprinting* zeolit menggunakan FTIR dilakukan di laboratorium instrumen Kimia FST Unair; karakterisasi menggunakan XRD, dan adsorpsi-desorpsi N₂ (BET/BJH) dilakukan di Laboratorium Energi ITS.

B. INSTRUMEN

Instrumen **utama** berupa potensiometer dan peralatan penunjang lainnya telah tersedia di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Instrumentasi Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Penggunaan peralatan utama diatur bergantian secara **terjadwal** dengan mahasiswa peserta praktikum Spektrometri dan Elektrometri (semester genap, 4 jam/minggu) , mahasiswa peserta praktikum Kimia Analisis Terapan (semester gasal, 4 jam/minggu) dan mahasiswa skripsi di lingkungan Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Dengan pemakaian yang diatur secara terjadwal tersebut maka tidak akan menghambat pelaksanaan penelitian yang diusulkan ini.

Peralatan **penunjang** (untuk karakterisasi zeolit) tersedia di beberapa institusi perguruan tinggi maupun institusi layanan analisis lainnya. Berdasarkan pengalaman peneliti, laboratorium yang dipilih pada point (A) selama ini memberikan hasil analisis yang bagus dan akurat serta tidak membutuhkan waktu yang terlalu lama, sehingga penelitian dapat terselesaikan sesuai waktu yang direncanakan.

Lampiran 6. Personalia tenaga peneliti beserta kualifikasi/uraian tugasnya

No	Nama/NIDN	Instansi asal	Bidang Ilmu	Alokasi waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Dr. Miratul Khasanah, M.Si NIDN. 0004036705	FST Unair	Kimia Analitik	8	Pembuatan sensor, karakterisasi sensor, uji kinerja sensor, analisis sampel, uji validitas metode, interpretasi data, pelaporan
2	Alfa Akustia W., S.Si., M.Si NIDN. 0005058503	FST Unair	Kimia Anorganik	8	Sintesis dan karakterisasi <i>imprinting</i> zeolit serta menginterpretasikan data hasil
3	Dra. Usreg Sri Handajani, M.Si. NIDN. 0029095603	FST Unair	Kimia Analitik	8	Melakukan analisis dengan potensiometri, melakukan uji perbandingan metode, analisis data kuantitatif
4	Roch Adi Prasetya	FST Unair	Analisis Kimia	6	Menyiapkan bahan kimia dan teknisi instrumentasi
5	Wagiman	FST Unair	Laboran Kimia	6	Menyiapkan alat-alat gelas dan peralatan pendukung penelitian
6	Mahasiswa S1 dan S2	Kimia FST Unair	Kimia Analitik	6	Melakukan pembuatan larutan analit dan matriks, melakukan sampling, analisis senyawa standar