



ISBN 978-602-50942-5-5

SEMINAR NASIONAL KIMIA 2021

---

# PROSIDING



Jurusan Kimia, FMIPA UNMUL  
Jl. Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75123  
Telp./Fax. (+62541) 747974 email: fmipa@unmul.ac.id



**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL KIMIA  
2021**

Samarinda – Kalimantan Timur  
26 Juni 2021

Tema  
Peranan Kimiawan dalam Mendukung Provinsi Kalimantan Timur  
sebagai Ibu Kota Negara Indonesia yang Baru

**JURUSAN KIMIA FMIPA  
UNIVERSITAS MULAWARMAN**

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL KIMIA 2021**  
**Peranan Kimiawan dalam Mendukung Provinsi Kalimantan Timur  
sebagai Ibu Kota Negara Indonesia yang Baru**

**Pengarah**

Dr. Eng. Idris Mandang, M.Si  
Dr. Bohari, M.Si

**Penanggung Jawab**

Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si  
Dr. Yanti Puspita Sari, M.Si  
Dr. Rudi Kartika, M.Si

**Ketua**

Dr. Subur P. Pasaribu, M.Si

**Sekretaris**

Siti Maisarah, S.Pd  
Djihana Ryn Pratiwi, M.Si

**Bendahara**

Dr. Winni Astuti, M.Si

**Anggota**

Dr. Saibun Sitorus, M.Si  
Dr. Ir. Erwin, M.Si  
Dr. Chairul Saleh, M.Si  
Dr. Ritbey Ruga, M.P., Ph.D  
Alimuddin, M.Si  
Irfan Ashari Hiyahara, M.Si  
Veliyana Londong A, M.Si  
Ika Yekti Lianasari, M.Si  
Moh. Saiful Arif, S.Pd. M.Si

Rita Hairani, M.Sc  
Nanang Tri Widodo, M.Si  
Ahmad Maulana, S.Si  
Muhammad Fadlianur, S.Si  
Arbain Wawinca, SE  
Rahman Raya, S.Pd  
Manja'a Khasanah, S.Si  
Indah Ihriani, A.Md

**Editor**

- Prof. Dr. Aman Sentosa Panggabean, M.Si
- Prof. Dr. Drs. Ir. Daniel Tarigan, M.Si
- Dr. Soerja Koesnarpadi, M.Si

**Reviewer**

- Prof. Dr. Warsito, MS
- Mulyono, Ph.D
- Dr. Grandprix Thomryes Marth Kadja
- Hardy Shuwanto, M.Sc
- Prof. Dr. Ir. Andi Aladin, MT
- Dr. Teguh Wirawan, M.Si
- Dr. Eva Marlina, M.Si

- Dr. R. R Dirgarini Julia NS , M.Si
- Dr. Rahmat Gunawan, M.Si
- Dr. Noor Hindryawati. M.Si

**Penerbit :**

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Mulawarman

**Redaksi :**

Jl. Barong Tongkok No.4 Kampus Gn. Kelua Samarinda 75123

Telp/Fax : 0541 747974

Cetakan pertama, Agustus 2021

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan rahmat-Nya Prosiding Seminar Nasional Kimia (SNK) 2021 dengan tema “**Peranan Kimiawan dalam Mendukung Provinsi Kalimantan Timur sebagai Ibu Kota Negara Indonesia yang Baru**” dapat diterbitkan. SNK 2021 adalah seminar yang dilaksanakan oleh Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman pada tanggal 26 Juni 2021 secara daring. SNK 2021 merupakan wadah bagi Dosen, Peneliti dan Mahasiswa untuk mempresentasikan ide, pengetahuan dan hasil penelitian.

Prosiding SNK 2021 ini memuat makalah dari pembicara utama dan makalah dari pemakalah pada sidang paralel dan poster. Prosiding SNK 2021 ini juga merupakan salah satu bentuk pertanggungjawaban untuk menyebarluaskan dan menyumbangkan hasil-hasil pemikiran dan penelitian yang terangkum dalam makalah yang disajikan di sesi sidang paralel maupun poster.

Pada kesempatan ini saya atas nama Panitia Penyelenggara dan Tim Editor menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dekan FMIPA UNMUL, Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNMUL, HKI Kal-Tim, Himpunan Mahasiswa Kimia FMIPA UNMUL dan semua pihak yang telah ikut mensukseskan/membantu terselenggaranya SNK 2021 ini. Saya memohon maaf yang sebesar-besarnya jika masih terdapat kekurangan dalam buku prosiding ini.

Salam Hangat,

Ketua Panitia SNK 2021

Dr. Subur P. Pasaribu, M.Si

## SAMBUTAN KETUA HIMPUNAN KIMIA INDONESIA - KALIMANTAN TIMUR

AssalamualaikumWr. Wb.

Selamat Pagi dan Salam Sejahtera untuk kita semua

Yang saya hormati :

1. DekanFakultas MIPA UniversitasMulawarmanbesertajajaran
2. KetuaJurusan Kimia FMIPA Unmul
3. Ketua Program Studi S1 dan S2 Kimia FMIPA Unmul
4. Para Keynote Speakers
5. Para peserta Seminar Nasional Kimia
6. Serta Hadirin sekalian yang berbahagia, baik di ruang off line maupun yang sedang mengikuti secara daring dimanapun berada

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya atas kehendak-Nya sehingga acara Seminar Nasional Kimia ini dapat terselenggara. Saya atas nama segenap Pengurus Himpunan Kimia Indonesia Kalimantan Timur menyampaikan selamat dan sukses atas terselenggaranya kegiatan ini dengan harapan dapat memberikan manfaat yang berharga bagi semua pihak khususnya bagi perkembangan dan kemajuan ilmu kimia di Indonesia. Kegiatan ini adalah kegiatan rutin tahunan yang sejak lama dilakukan oleh HKI Kaltim bekerjasama dengan Jurusan Kimia FMIPA Unmul. Pada kesempatan ini pula kami menyampaikan apresiasi dan penghargaan kepada Jurusan Kimia FMIPA Unmul atas kerjasama yang telah terjalin selama ini dengan HKI.

Seminar kali ini sengaja mengusung tema “Peranan Kimiawan dalam MendukungProvinsi Kaltim sebagai IKN Indonesia yang baru’, dengan maksud agar para kimiawan seluruh Indonesia dapat memberikan perhatian serius terhadap isu-isu penting yang secara khusus memerlukan campur tangan kimiawan. Beberapa isu pentingterkait IKN tersebut diantaranya adalah :

1. Isu kebutuhan pangan yang tinggi, khususnya yang terkait dengan teknologi pangan, dimana diketahui bahwa Kaltim saat ini masih sangat tergantung kepada wilayah sekitar dan memerlukan inovasi tidak hanya dari sisi budidaya tetapi juga pada aspek *food security* dan *food technology*
2. Bahwa Kaltim dikenal sebagai provinsi yang sangat kaya dengan SDA tak terbarukan, yang memerlukan pengelolaan yang bijaksana. Oleh karena itu, sebelum SDA tersebut habis (khususnya Migas dan Batubara) diperlukan inovasi dalam pengembangan dan pengelolaan sumber daya alam terbarukan (khususnya yang berbasis oleokimia) yang nantinya akan dapat dirasakan untuk kesejahteraan masyarakat sekitar IKN.
3. IKN diharapkan tidak akan menimbulkan bencana ekologi, tetapi tetap menjaga kelestarian alam dan mempertahankan biodiversity yang ada. Oleh karena itu diharapkan nanti IKN yang terbangun adalah Kota dengan cirri hutan tropis (Forest city) yang tentu saja, memerlukan kimiawan dalam memantau dan mencermati potensi-potensi kerusakan lingkungan yang mungkin saja akan terjadi sebagai akibat pembangunan massif yang akan dilakukan.

Banyak lagi peran yang dapat diambil oleh para kimiawan dalam rangka rencana pembangunan IKN di Kaltim tersebut, oleh karena itu, kolaborasi para pakar, akademisi, praktisi, birokrat dan mahasiswa dan masyarakat sangat diharapkan. IKN bukan hanya milik Kaltim, tetapi akan menjadi kebanggaan kita semua di seluruh tanah air. Oleh karena itu, kami berharap seminar ini dapat menjadi ajang tukar menukar informasi ilmiah bagi para kimiawan di seluruh Indonesia.

Demikian sambutan kami, selamat ber-seminar, semoga memberikan rekomendasi-rekomendasi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya kimia di masa yang akan datang.

WasalamualaikumWr.Wb

Ketua HKI Kaltim

Dr. Ir. Bohari Yusuf, M.Si



## **SAMBUTAN KETUA PANITIA SNK 2021**

Selamat pagi dan Salam sejahtera bagi kita semua.

Yang kami hormati Dekan Fakultas MIPA UNMUL, Bapak Dr.Eng. Idris Mandang, M.Si, Ketua HKI Kalimantan Timur, Bapak Dr. Bohari Yusuf, M.Si Ketua Jurusan Kimia Bapak Dr. Rudi Kartika, M.Si, Kaprodi Kimia Bapak Dr. Teguh Wirawan, M.Si, para Keynote Speaker, para Pemakalah oral maupun poster, Bapak/Ibu para undangan dan peserta seminar yang berbahagia.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala karunia dan rahmat-Nya yang telah dilimpahkan kepada kita semua, sehingga walaupun masih dalam suasana pandemi wabah covid-19 kita masih dapat bertemu secara virtual, berbagi pengetahuan dan pengalaman serta berdiskusi dalam kegiatan Seminar Nasional Kimia Tahun 2021 ini.

Seminar Nasional Kimia rutin diselenggarakan setiap tahun oleh Jurusan Kimia FMIPA USU bekerjasama dengan HKI Kalimantan Timur dan pada tahun ini merupakan pelaksanaan daring kedua kalinya. Terkait dengan rencana perpindahan Ibu Kota Negara Republik Indonesia ke Provinsi Kalimantan Timur, maka yang menjadi tema pelaksanaan Seminar Nasional Kimia Tahun 2021 adalah, “Peranan Kimiawan dalam Mendukung Provinsi Kalimantan Timur Sebagai Ibu Kota Negara Indonesia yang Baru”.

Melalui seminar ini diharapkan dapat terpublikasi berbagai hasil penelitian, ide dan pemikiran para ilmuwan di bidang kimia, praktisi kimia dan pendidikan kimia serta menjadi media bagi peneliti, pemerintah dan *stake holder* lainnya untuk bekerjasama dan *sharing* terkait peran strategis kimiawan dalam upaya mempersiapkan dan meningkatkan daya saing bangsa Indonesia dalam hal pengetahuan, ketrampilan dan keahlian tertentu untuk mengelola sumber daya alam seperti identifikasi, karakterisasi, budidaya, pengolahan dan pengembangannya sehingga bermanfaat bagi kemakmuran rakyat Indonesia. Untuk mencapai tujuan tersebut, panitia telah mengundang para peneliti, pendidik, mahasiswa, dan pemerhati bidang Kimia dari berbagai Perguruan Tinggi, Sekolah dan Instansi. Undangan kami tersebut mendapat tanggapan dengan mendaftarnya 266 orang peserta dari berbagai kalangan dan wilayah di Indonesia dan Sebanyak 45 peserta akan mempresentasikan makalahnya pada sesi paralel yang akan dibagi menjadi 7 room virtual. Sebagai pemakalah kunci, kami hadirkan Bapak Prof. Dr. Warsito, MS Guru besar Kimia Universitas Brawijaya, Bapak Mulyono, S.Si, M.Si, Ph.D dari Jurusan Kimia Universitas Lampung, Bapak Dr. Grandprix Thomryes Marth Kadja dari Department Kimia Institut Teknologi Bandung, Bapak Hardy Shuwanto, M.Sc dari Materials Science and Engineering , National Taiwan University of Science and Engineering, Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Aladin, M.T. Guru Besar Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia, serta dua orang Guru Besar Jurusan Kimia UNMUL yaitu Bapak Prof. Dr. Daniel, M.Si dan Bapak Prof. Dr. Aman Sentosa Panggabean, M.Si

Melalui ucapan yang tulus dengan segala kerendahan hati, panitia menyampaikan terima kasih kepada pemakalah kunci, peserta pemakalah, peserta nonpemakalah, juga segenap undangan kami atas peran sertanya dalam seminar ini. Panitia telah berdaya upaya mempersiapkan seminar ini sebaik-baiknya, namun apabila terdapat kekurangan dalam pelayanan kami, baik dalam penyediaan fasilitas, penyampaian informasi, maupun dalam memberikan tanggapan, kami mohon dimaafkan. Kami selalu bertekad untuk memperbaiki setiap kekurangan pada kegiatan-kegiatan yang akan datang. Semoga Tuhan yang Maha Kuasa senantiasa memberkati upaya kita sekalian dalam rangka mendukung pembangunan nasional.

Akhir kata, kami sampaikan selamat mengikuti seminar secara daring, kiranya kita semua dapat memperoleh manfaat bersama dari seminar ini dan semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberkahi kita kesehatan dan keselamatan.

Ketua Panitia SNK 2021

Dr. Subur P. Pasaribu, M.Si

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iv</b>
<b>SAMBUTAN - SAMBUTAN</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>MAKALAH</b>	
<b>Ade R. Fajaryantie, Erwin, Subur P. Pasaribu</b> UJI FITOKIMIA DAN UJI TOKSISITAS EKSTRAK KASAR DAUN, BATANG DAN KULIT BATANG TANAMAN DURIAN ( <i>Durio zibethinus</i> Murray)	<b>1-5</b>
<b>Ainun Rahmi Ramadhannur, Teguh Wirawan, Noor Hindryawati</b> PEMBUATAN KOMPOSIT Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -ZnO DAN APLIKASINYA DALAM PROSES FOTOKATALISIS	<b>6-11</b>
<b>Aisyah Fitri, Usman</b> AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK METANOL DAUN MANGROVE ( <i>Avicennia Marina</i> )	<b>12-17</b>
<b>Andi Fatmawati Padri Hasanah, Subur P. Pasaribu, Erwin</b> EKSTRAKSI DAN PENENTUAN KADAR GALAKTOMANAN DARI BUAH NIPAH ( <i>Nypa fructicans</i> Wurmmb)	<b>18-20</b>
<b>Anggun Ridha Avitri, Subur P. Pasaribu, Aman Sentosa Panggabean</b> PENENTUAN KADAR FENOL DALAM AIR LIMBAH MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS	<b>21-24</b>
<b>Aryoga Oktabriangga Saputra, Daniel, Eva Marlina</b> ANALISIS KUALITAS DAN KOMPOSISI ASAM LEMAK DARI MINYAK BIJI WIJEN ( <i>Sesamum Indicum</i> L)	<b>25-29</b>
<b>Dadan Hamdani, Yoyok Cahyono, Gatut Yudoyono, Darminto</b> PENGARUH FUNGSI KERJA KONTAK DEPAN PADA KINERJA SEL SURYA BERBASIS a- Si:H : STUDI NUMERIK	<b>30-34</b>
<b>Delaning Saragih, Ramlan Silaban, Ayi Darmana</b> PENGEMBANGAN MODUL MAKROMOLEKUL BERBASIS PROYEK DENGAN PENDEKATAN SETS ( <i>SCIENCE, ENVIRONMENT, TECHNOLOGY AND SOCIETY</i> )	<b>35-41</b>
<b>Delina Khairunnisa, Winni Astuti, Rudi Kartika</b> PENGARUH ION LOGAM TERHADAP AKTIVITAS EKSTRAK KASAR LIPASE DARI KECAMBAH BIJI CEMPEDAK ( <i>Artocarpus integer</i> (Thunb.) Merr.)	<b>42-45</b>
<b>Elina Amelia Shalehah, Usman</b> UJI FITOKIMIA DAN TOKSISITAS LARVA UDANG DARI EKSTRAK METANOL KULIT BATANG MANGROVE ( <i>Rhizophora mucronata</i> )	<b>46-51</b>
<b>Ester Hartina Ria Sinaga, Manihar Situmorang, Marham Sitorus</b> PERBEDAAN HASIL BELAJAR SISWA PADA MATERI REAKSI REDOKS MENGGUNAKAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE TEAM GAMES TOURNAMENT BERBASIS MEDIA KARTU SOAL DAN ULAR TANGGA	<b>52-57</b>
<b>Giffari Pijai Pradhana, Teguh Wirawan, Ika Yekti Liana Sari</b> PEMBUATAN ADSORBEN DARI AMPAS BIJI KOPI SEBAGAI ARANG AKTIF UNTUK PENYERAPAN ZAT WARNA RHODAMIN B	<b>58-66</b>

<b>Gusti Rahman, Nurfajriani, Iis Siti Jahroh</b> PENGARUH MULTIMEDIA INTERAKTIF BERBASIS ANDROID TERHADAP PENINGKATAN HASIL BELAJAR DAN MEMOTIVASI SISWA	<b>67-72</b>
<b>Ika Sundari, Nurfajriani</b> PERBEDAAN AKTIVITAS SISWA MELALUI PENARAPAN MEDIA KARTU SOAL DAN LEMBAR KERJA SISWA DENGAN MODEL TEAMS GAMES TOURNAMENT PADA MATERI MATERI TATA NAMA SENYAWA	<b>73-77</b>
<b>Indah Ashari Rahmadani, Erwin, Djihan Ryn Pratiwi</b> UJI FITOKIMIA DAN UJI TOKSISITAS EKSTRAK KASAR DAUN, BATANG DAN KULIT BATANG TANAMAN AFRIKA ( <i>Vernonia amygdalina</i> Del.)	<b>78-84</b>
<b>Indra Kurniawan, Bohari Yusuf, Moh. Syaiful Arif</b> PENGEMBANGAN METODE ANALISIS <i>CHLORAMPENICOL</i> SECARA SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS BERBASIS REAKSI DIAZOTASI PADA SUHU DINGIN	<b>85-89</b>
<b>Irna Febrianti, Erwin, Subur P. Pasaribu</b> SKRINING FITOKIMIA DAN BIOAKTIVITAS EKSTRAK DAUN, BATANG DAN KULIT BATANG TANAMAN INSULIN ( <i>Smilax sonchifolius</i> )	<b>90-93</b>
<b>Lilis Lesdiana, Usman</b> UJI TOKSISITAS DAN UJI FITOKIMIA EKSTRAK METANOL DAUN MANGROVE <i>Rhizophora mucronata</i>	<b>94-98</b>
<b>Lusyana Rahman, Ramlan Silaban, Nurfajriani</b> ANALISIS EFEKTIVITAS PENGGUNAAN APLIKASI ZOOM PADA PEMBELAJARAN KIMIA SECARA <i>DARING</i> DI MASA PANDEMI COVID-19	<b>99-102</b>
<b>Minarti, Ritbey Ruga, Eva Marliana</b> AKTIVITAS ANTIINFLAMASI EKSTRAK METANOL DAUN PARE HUTAN ( <i>Momordica balsamina</i> Linn.) DALAM MENGHAMBAT DENATURASI PROTEIN	<b>103-107</b>
<b>Nadia Afi Shafira Nst, Nurfajriani, Marini Damanik</b> PERKEMBANGAN PENELITIAN PENDIDIKAN MENGENAI PENGEMBANGAN E-MODUL DENGAN SIGIL <i>SOFTWARE</i>	<b>108-114</b>
<b>Nirmala Trisna, Usman</b> UJI FITOKIMIA DAN TOKSISITAS EKSTRAK METANOL BATANG MANGROVE <i>Rhizophora mucronata</i>	<b>115-120</b>
<b>Novia Rahmawati Isyahro, Nanang Tri Widodo, Eva Marliana</b> POTENSI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK METANOL DAUN KELEDANG ( <i>Artocarpus lanceifolius</i> Roxb)	<b>121-125</b>
<b>Nur Hidayah, Daniel, Eva Marliana</b> AKTIVITAS EKSTRAK METANOL DAUN KELEDANG ( <i>Artocarpus lanceifolius</i> Roxb) SEBAGAI ANTIINFLAMASI	<b>126-131</b>
<b>Nurfajriani, Ika Sundari</b> PENERAPAN MEDIA KARTU SOAL DAN LEMBAR KERJA SISWA YANG BERBASIS MODEL TEAMS GAMES TOURNAMENT (TGT) TERHADAP PENINGKATAN HASIL BELAJAR SISWA PADA MATERI TATA NAMA SENYAWA	<b>132-136</b>
<b>Reghyna Amilya Ramadhani, Usman</b> UJI FITOKIMIA DAN TOKSISITAS EKSTRAK METANOL AKAR MANGROVE <i>Rhizophora mucronata</i> DENGAN METODE <i>BRINE SHRIMP LETHALITY TEST</i> (BSLT)	<b>137-141</b>

<b>Selvi Yanti, Moh Syaiful Arif, Bohari Yusuf</b> SINTESIS DAN STABILITAS NANOPARTIKEL PERAK (AgNPs) MENGGUNAKAN TRINATRIUM SITRAT	<b>142-146</b>
<b>Moh. Syaiful Arif, Silsa Meki Noon</b> OPTIMASI BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN MANGROVE ( <i>Rhizophora apiculata Blume</i> ) UNTUK MENDETEKSI HISTAMIN DENGAN METODE KOLORIMETRI	<b>147-153</b>
<b>Siti Aminah, RR Dirgarini Julia Nurlianti Subagyo<sup>*</sup>, Veliyana Londong Allo, Rudy Agung Nugroho</b> PIROLISIS MIKROALGA <i>BOTRYOCOCCUS BRAUNII</i> DENGAN VARIASI LAJU PEMANASAN MENGGUNAKAN <i>THERMOGRAVIMETRIC ANALYSER</i>	<b>154-158</b>
<b>Siti Khodijah Dalimunthe, Destria Roza</b> PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS <i>ISPRING PRESENTER</i> UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA PADA MATERI MINYAK BUMI	<b>159-165</b>
<b>Soerja Koesnarpadi, Sri Juari Santosa, Dwi Siswanta, Bambang Rusdiarso</b> EKSTRAKSI, PEMURNIAN DAN KARAKTERISASI ASAM HUMAT DARI TANAH GAMBUT SAMARINDA	<b>166-172</b>
<b>Ernawati, Ifta Maflihah, Irin Ubang, Priscilia Natali Podung, Wahyu Nurbaiti, Sri Lestari</b> ADSORPSI METILEN BIRU DENGAN MENGGUNAKAN ARANG AKTIF DARI AMPAS KOPI	<b>173-179</b>
<b>Wardina Masdalifa, RR Dirgarini Julia Nurlianti Subagyo, Veliyana Londong Allo, Rudy Agung Nugroho</b> CO-PIROLISIS MIKROALGA HIJAU ( <i>Botryococcus braunii</i> ) DAN <i>VICTORIAN BROWN COAL</i> DENGAN VARIASI LAJU PEMANASAN MENGGUNAKAN <i>THERMOGRAVIMETRIC ANALYSER</i>	<b>180-186</b>
<b>Yusniar, Noor Hindryawati, Ritbey Ruga</b> SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN REDUKTOR ASAM ASKORBAT	<b>187-192</b>

## PEMBUATAN KOMPOSIT Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> DAN APLIKASINYA DALAM PROSES FOTOKATALISIS

### SYNTHESIS COMPOSITE Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> AND THEIR APPLICATION IN PHOTOCATALYST

**Ainun Rahmi Ramadhannur, Teguh Wirawan dan Noor Hindryawati**

Program Studi S1 Kimia FMIPA Universitas Mulawarman

Jln. Barong Tongkok No. 4 Kampus Gn. Kelua Samarinda

#### ABSTRACT

Synthesis of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ZnO composite material was prepared and characterized using instrumentation and its application to photocatalytically degradation of methylene blue has been carried out. The stages of this research are the first, the manufacture of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> by the coprecipitation method, the second is the manufacture of ZnO by the coprecipitation method and the last is the manufacture of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ZnO through a solid-solid reaction then characterized using X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscope (SEM) and followed by the degradation process of methylene blue. The results of the XRD showed there are a structure of Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> composites. In the SEM analysis, it can be observed that particle sizes of Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> was not uniform and tend to clump together and agglomerated. Optimization results on the degradation of methylene blue based on the variations of the type of catalyst used show that Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> has better activity than Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ZnO and WO<sub>3</sub>. Then the variation of light sources shows that UV-Vis rays produce a better % degradation value.

**Keywords:** Composites Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub>, Methylene Blue, Photocatalytic, Degradation.

#### ABSTRAK

Pembuatan material komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> dan karakterisasinya menggunakan alat-alat instrumentasi serta aplikasinya untuk mendegradasi *methylene blue* secara fotokatalitik telah dilakukan. Tahapan penelitian ini yaitu yang pertama, pembuatan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan metode kopresipitasi, yang kedua pembuatan ZnO dengan metode kopresipitasi dan yang terakhir pembuatan Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> melalui reaksi padat-padat kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) serta dilanjutkan dengan proses degradasi metilen biru lalu. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan adanya struktur komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub>. Pada analisa SEM dapat diamati pada Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> terdapat ukuran partikel yang tidak seragam dan cenderung menggumpal serta menempel satu sama lain. Hasil optimasi pada degradasi *methylene blue* berdasarkan variasi jenis katalis yang digunakan menunjukkan bahwa Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> memiliki aktivitas yang lebih baik dibandingkan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ZnO dan WO<sub>3</sub>. Lalu pada variasi sumber sinar menunjukkan sinar UV-Vis menghasilkan nilai % degradasi lebih baik.

**Kata Kunci:** Komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub>, *Methylene Blue*, Fotokatalitik, Degradasi

#### PENDAHULUAN

Metilen biru merupakan salah satu zat warna yang biasa digunakan dalam industri tekstil karena metilen biru lebih murah dan lebih efisien. Tetapi limbah industri yang mengandung metilen biru tidak dapat langsung dibuang karena dapat mengakibatkan pencemaran pada lingkungan air. Metilen biru jika sudah terbuang ke lingkungan maka akan sulit untuk terdegradasi karena memiliki gugus benzena [1].

Biasanya dalam industri tekstil memiliki kadar zat warna sekitar 20-30 mg/L sedangkan nilai ambang batas konsentrasi metilen biru yang diperbolehkan dalam perairan hanya sekitar 5-10 mg/L [2].

Terdapat beberapa metode yang dapat diaplikasikan untuk pengolahan limbah metilen biru seperti adsorpsi, karbon aktif, filtrasi, pertukaran ion, ekstraksi pelarut dan elektrokimia. Tetapi dari semua metode ini memerlukan biaya yang tinggi, tahap proses yang

panjang dan masih menghasilkan limbah sekunder [3].

Fotokatalisis merupakan salah satu metode dari teknik proses oksidasi lanjut yang paling banyak dikembangkan dalam mendegradasi polutan-polutan organik. Metode fotokatalisis ini metode yang paling murah dan lebih efisien [4].

Metode ini menggabungkan peran katalis semikonduktor dan cahaya sebagai sumber foton. Ketika katalis disinari oleh energi foton yang sama atau lebih besar dari band gap katalis, elektron dari katalis akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Maka tahap ini akan menghasilkan *hole* dan *electron*. Kemudian *hole* akan bereaksi dengan gugus hidroksil dari molekul air membentuk radikal hidroksil. Yang dimana radikal hidroksil akan bertindak sebagai oksidator kuat untuk mendegradasi metilen biru. Produk yang diharapkan menjadi senyawa yang lebih sederhana dan ramah lingkungan seperti  $H_2O$  dan  $CO_2$  [5].

Katalis yang digunakan yaitu ZnO dan  $Fe_3O_4$ . Katalis ZnO merupakan pilihan yang sesuai untuk alternatif pengganti  $TiO_2$  karena tahan terhadap korosi, memiliki energi celah yang tidak begitu besar, serta lebih murah, senyawa ZnO lebih efisien dalam menghasilkan radikal  $H_2O_2$  yang menjadi mentransformasi senyawa kontaminan [6].

Agar kerja ZnO semakin efisien maka ditambahkan dengan nanopartikel  $Fe_3O_4$ . Untuk nanopartikel  $Fe_3O_4$  memiliki ukuran yang nano dan bersifat ferimagnetik serta untuk ZnO dan  $Fe_3O_4$  digabungkan dengan metode kopresipitasi [7]. Dan digabungkan dengan  $WO_3$  karena  $WO_3$  memiliki tingkat kepekaan yang tinggi terhadap cahaya tampak serta mempunyai absorpsi cahaya tampak yang baik. Adapun kelebihan lainnya yaitu berupa memiliki permukaan yang luas, stabilitas mekanik, stabilitas fisikimia yang tinggi dan adanya adsorpsi yang tinggi serta ramah lingkungan [8].

Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan komposit  $Fe_3O_4$ -ZnO dalam mendegradasi metilen biru serta mengetahui karakteristik dari komposit Zn- $Fe_3O_4$ / $WO_3$ .

## METODE PENELITIAN

### Alat

Alat yang digunakan yaitu spektrofotometri UV-Vis *Evolution* 201, *Scanning Electron Microscope* (SEM) type JEOL JSM-6700, *X-Ray Diffraction* (XRD) type

*Shimadzu-7000* dan *X-Ray Diffraction* (XRD) Merk *Bucker Type D8 Advance Eco*, oven, *magnetic stirrer*, Neraca analitik, Lampu UV Himawari 10 Watt, lampu *Visible (Grow Light LED 10 Watt)*, gelas ukur 100 mL, *Beaker glass* 250 mL, *Hot Plate*, Oven, *furnace*, termometer, kaca arloji, wadah sampel, corong kaca, magnet permanen, spatula, batang pengaduk, mortar, alu dan seperangkat alat refluks.

### Bahan

Bahan yang digunakan Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Methylene Blue*, padatan  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , padatan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $NH_4OH$  25 %,  $NH_4OH$  0,7 M, padatan  $ZnCl_2$ , tungsten trioksida ( $WO_3$ ), aquades, kertas saring, tisu, dan etanol.

### Prosedur Penelitian

#### Preparasi $Fe_3O_4$

Padatan  $Fe_3O_4$  dibuat dengan menggunakan padatan  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dan padatan  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  dengan perbandingan berat 2:4 lalu dimasukkan ke dalam alat refluks, ditambahkan 30 mL aquades. Campuran dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* pada suhu  $60-70^\circ C$ , kemudian ditambahkan 5 mL  $NH_4OH$  0,7 M setiap 15 menit sekali ke dalam labu alas leher satu sampai pH 8-9. Larutan  $Fe_3O_4$  diendapkan menggunakan magnet permanen, endapan yang didapatkan dicuci dengan aquades hingga netral dan dicuci dengan etanol, setelah itu dikeringkan dalam oven dengan suhu  $100^\circ C$  selama 1 jam. Padatan  $Fe_3O_4$  dikarakterisasi dengan XRD [9].

#### Preparasi ZnO

Pembuatan ZnO dengan menggunakan metode kopresipitasi. Padatan  $ZnCl_2$  dilarutkan dengan menggunakan aquades kemudian di homogenkan, lalu di tambahkan  $NH_4OH$  25% kedalam larutan  $ZnCl_2$  secara tetes demi tetes hingga terbentuk padatan putih. Kemudian padatan ZnO di cuci hingga pH netral dan di keringkan dalam oven dengan suhu  $100^\circ C$  selama 1 jam. [10].

#### Pembuatan Komposit Zn- $Fe_3O_4$ / $WO_3$

Berdasarkan metode Feng., *et al.* (2019), dalam mensintesis komposit ZnO- $Fe_3O_4$ / $WO_3$  yaitu, padatan  $WO_3$  sebanyak 9 gram dan padatan ZnO- $Fe_3O_4$  (didapat dari hasil endapan 3.4.1) di

campur, kemudian digerus selama 30 menit. Setelah itu, campuran padatan tersebut ditambahkan sedikit aquades dan disonikasi. Lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Setelah itu, dikalsinasi dengan *furnace* pada suhu 600°C selama 3 jam. Hasil padatan ZnO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> dikarakterisasi dengan menggunakan XRD dan SEM. [11].

## Uji Fotokatalitik Pada Metilen Biru Menggunakan Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ZnO

### 1. Uji Variasi Jenis Material Dalam Fotokatalisis

Untuk mengetahui hasil kerja dari komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> dalam mendegradasi *methylene blue* maka perlu dilakukan perbandingan jenis katalis berupa WO<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dan ZnO pada kondisi kerja yaitu: berat katalis 0,2 g; waktu 30 menit konsentrasi *methylene blue* 10 ppm dalam 50 ml. Lalu dimasukkan ke dalam reaktor dan disinari lampu UV-Vis dengan waktu kontak optimum. Kemudian disaring dan diambil filtratnya sebanyak 1 mL, selanjutnya diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis *evolution* 201 dan dihitung % degradasinya.

### 2. Uji Variasi Sumber Sinar Dalam fotokatalisis

Untuk mengetahui pengaruh penyinaran terhadap hasil kerja pada komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> dalam mendegradasi *methylene*

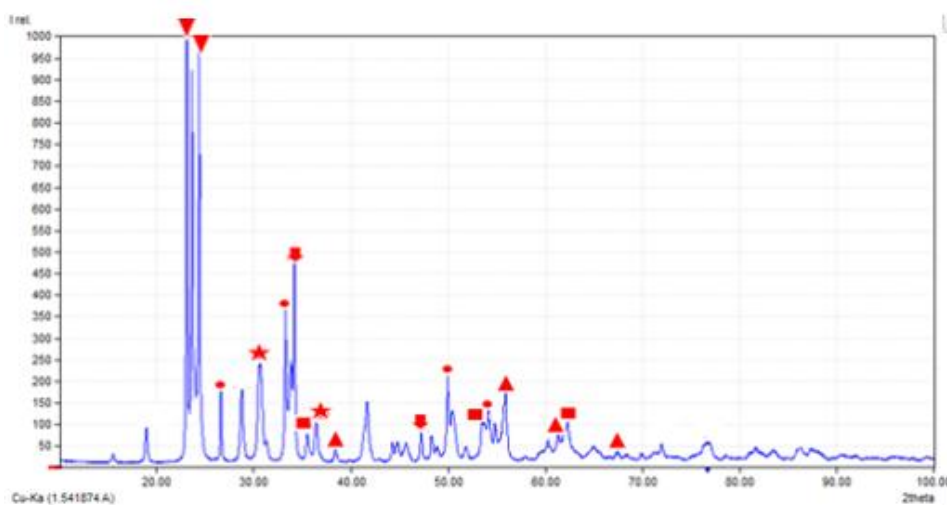
*blue* maka digunakan lampu *visible*, lampu UV dan kedua lampu (UV-Vis). Pada kondisi kerja yaitu: berat katalis 0,2 g; waktu 30 menit konsentrasi *methylene blue* 10 ppm dalam 50 ml. Lalu dimasukkan ke dalam reaktor, setelah selesai kemudian disaring dan diambil filtratnya sebanyak 1 mL, selanjutnya diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan dihitung % degradasinya. Selanjutnya dilakukan hal yang sama dengan lampu UV, dengan lampu *visible* dan lampu UV-Vis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.WO<sub>3</sub>

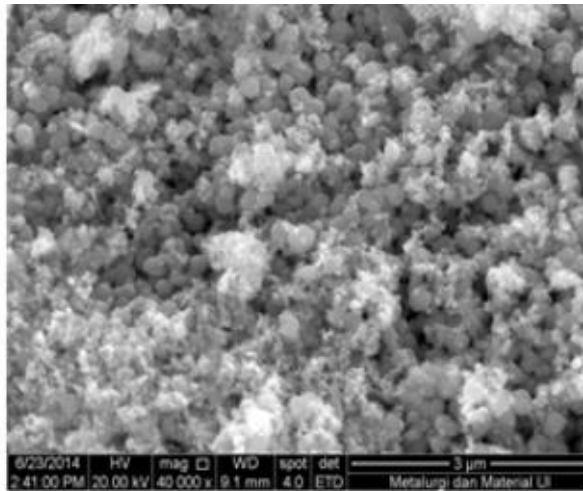
Hasil XRD yang didapatkan setelah mengkarakterisasi padatan komposisi Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> diperoleh pola difraksi yang menunjukkan komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> pada sudut 34,51° [002] dan 47,21° [102], [11].

Struktur morfologi dari komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> akan diamati dengan menggunakan peralatan SEM. Gambar 2 menunjukkan Hasil analisa SEM komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> terlihat 2 jenis ukuran partikel yang berukuran besar dan kecil. Diduga partikel yang berukuran besar menunjukkan WO<sub>3</sub> dan partikel yang berukuran kecil menunjukkan Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang membentuk aglomerat. Ketiga partikel ini cenderung saling menempel dan menghasilkan bentuk ukuran yang tidak seragam [11].



**Gambar 1.** Pola difraksi sinar-X untuk Komposit Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> (Keterangan: Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> = ■, ZnO = ▲, WO<sub>3</sub> = ●, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Zn = ▼, WO<sub>3</sub>-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> = ★, Zn-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> = )↓



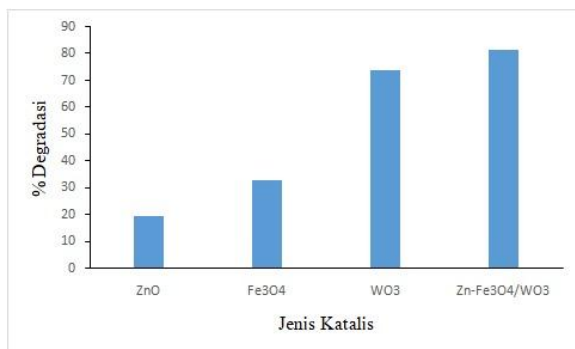


Gambar 2. Hasil SEM komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-ZnO}$

## Uji Fotokatalitik

### 1. Variasi Jenis Katalis Terhadap Degradasi *Methylene Blue*

Variasi jenis katalis dilakukan untuk mengetahui perbandingan proses fotokatalitik yang terjadi pada katalis berbeda terhadap *methylene blue*. Katalis yang digunakan yaitu  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{WO}_3$  dengan penyinaran lampu UV-Vis. Diperoleh data berupa grafik yang menunjukkan hubungan jenis katalis yang berbeda dengan % degradasi *methylene blue*. Data dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Variasi Jenis Katalis Terhadap % Degradasi (Berat Katalis 0,2 gram, konsentrasi *methylene blue* 10 ppm selama 30 menit)

Proses fotokatalitik dilakukan pada kondisi berat katalis  $\text{Zn-Fe}_3\text{O}_4/\text{WO}_3$  sebesar 0,2 gram dengan konsentrasi *methylene blue* 10 ppm dalam waktu 30 menit menggunakan sinar UV-Vis. Pada gambar 3 didapatkan % degradasi 19,076% pada penggunaan katalis  $\text{ZnO}$ . Kemudian pada penggunaan katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  diperoleh % degradasi sebesar 32,589%. Lalu pada penggunaan katalis  $\text{WO}_3$  diperoleh % degradasi sebesar 73,983%. Dari hasil yang didapatkan penggunaan katalis

$\text{WO}_3$  menghasilkan % degradasi yang lebih tinggi dibandingkan katalis  $\text{ZnO}$ , hal ini karena energi *bandgap*  $\text{WO}_3$  lebih kecil dibandingkan dengan energi *bandgap*  $\text{ZnO}$  sehingga  $\text{WO}_3$  memiliki jangkauan penyerapan yang lebih besar dan penyerapan cahaya *visible* yang tinggi serta memiliki stabilitas termal yang sangat baik [12].

Pada penggunaan katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  didapatkan % degradasi sebesar 32,589%, ini dikarenakan katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  kurang maksimal jika digunakan dalam proses fotokatalis. Katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  akan cepat mudah teroksidasi maka dari itu hasil degradasi tidak cukup baik. Maka dari itu perlu dilakukan penggabungan suatu bahan agar  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  menjadi lebih stabil dan digunakan dalam proses fotokatalis dengan baik (Mishra *et al.*, 2019) namun demikian menurut Kalim (2014)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  memiliki respon magnetnya yang unik serta memiliki area permukaan yang luas sehingga dapat memiliki kemampuan untuk menyerap berbagai jenis polutan termasuk polutan zat warna.

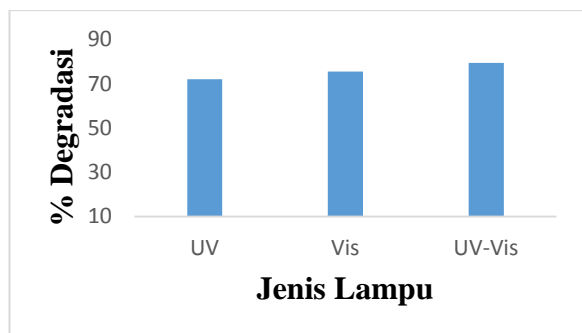
Pada penggunaan katalis  $\text{ZnO}$  dengan % degradasi yang diperoleh sebesar 19,076%. Persen degradasi  $\text{ZnO}$  yang lebih kecil dibandingkan dengan katalis yang lain. Hal ini diperkirakan pada saat katalis  $\text{ZnO}$  dikenakan sinar UV-Vis maka akan terjadi eksitasi elektron ke pita konduksi dan akan menghasilkan *hole* di pita valensi, maka dalam proses ini akan terjadi rekombinasi pasangan *electron-hole* yang dapat mengurangi aktivitas fotokatalitik karena elektron yang tereksitasi akan bereaksi cepat dengan *hole* dan menghasilkan panas lalu kemudian menghilang sehingga dapat menurunkan efisiensi fotokatalitiknya [11]

Kemudian degradasi *methylene blue* dengan menggunakan katalis  $\text{Zn-Fe}_3\text{O}_4/\text{WO}_3$

menunjukkan % degradasi yang paling besar sebesar 81,38% karena setelah ketiganya dikompositkan maka akan meningkat aktivitas katalis dan berkurangnya rekombinasi antara *electron-hole* karena adanya  $\text{Fe}^{3+}$  dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang memperlambat rekombinasi *electron-hole* pada katalis ZnO sehingga katalis ZnO dapat bekerja dengan baik dalam mendegradasi *methylene blue* serta adanya efek dari katalis  $\text{WO}_3$  yang baik menghasilkan efisiensi katalitik yang lebih tinggi.

## 2. Variasi Sumber Sinar Dalam Fotokatalisis

Variasi sumber sinar bertujuan untuk mengetahui sumber sinar yang paling baik dalam melakukan fotokatalitik menggunakan katalis Zn- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{WO}_3$  terhadap *methylene blue*. Sumber sinar yang dipakai adalah sinar UV, sinar Vis dan kedua sinar (UV-Vis). Data berupa grafik yang menunjukkan hubungan % degradasi dengan sumber sinar yang berbeda. Grafik dapat dilihat pada gambar 4 berikut:



**Gambar 4.** Variasi Sumber Sinar Terhadap % Degradasi (berat katalis 0,2 gram dengan larutan *methylene blue* 10 ppm dalam waktu 30 menit).

Proses fotokatalitik dilakukan pada kondisi berat katalis Zn- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{WO}_3$  sebesar 0,2 gram dengan konsentrasi *methylene blue* 10 ppm dalam waktu 30 menit menggunakan sumber sinar UV, sinar Vis dan sinar UV-Vis. Pada gambar 4.9 di penyinaran lampu UV didapatkan % degradasi sebesar 71,99%, lalu di penyinaran lampu *visible* dengan % degradasi sebesar 75,55% dan terakhir dengan penyinaran dengan kedua lampu (UV-Vis) diperoleh % degradasi sebesar 81,38%. Secara umum, hasil proses degradasi *Methylene Blue* dengan menggunakan jenis sumber sinar yang berbeda menunjukkan nilai % degradasi yang tidak jauh berbeda walaupun terdapat perbedaan kurang lebih 5% perbedaan di tiap jenis sumber sinar UV, *Visible*, dan UV-*Visible*. Namun Perbedaan % degradasi yang lebih besar dengan menggunakan sinar *visible* dibandingkan

dengan sinar UV yaitu diduga karena kandungan  $\text{WO}_3$  yang lebih besar dalam katalis Zn- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{WO}_3$ . Menurut Adhikari *et al.*, (2018) katalis  $\text{WO}_3$  memiliki energi *bandgap* yang kecil sehingga dapat menyerap lebih baik di daerah *visible*. [12]

Pada penyinaran UV-Vis memperoleh nilai % degradasi yang lebih tinggi ini disebabkan adanya kandungan ZnO dalam katalis Zn- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{WO}_3$  memiliki energi *bandgap* sebesar 3,37 eV maka dari itu ZnO mampu bekerja pada rentang cahaya UV dengan baik serta adanya kandungan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang mampu menurunkan aktivitas rekombinasi *electron-hole* dan meningkatkan aktivitas katalis menjadi lebih baik. Selain itu, adanya kandungan  $\text{WO}_3$  yang mampu menyerap di daerah *visible* dengan baik sehingga didapatkan nilai % degradasi yang tinggi.

Maka dapat disimpulkan penggunaan lampu UV-Vis memberikan efek yang lebih baik dibandingkan lampu UV dan lampu Vis. Namun disamping proses fotokatalitik, dimungkinkan terjadi juga proses adsorpsi dipermukaan katalis, karena katalis memiliki pori-pori. Contohnya pada  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , menurut Kalim (2014)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  memiliki area permukaan yang luas sehingga dapat memiliki kemampuan untuk menyerap berbagai jenis polutan termasuk polutan zat warna.[13]

## KESIMPULAN

Komposit Zn- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{WO}_3$  telah berhasil disintesis dengan metode kopresipitasi. Hasil Uji variasi jenis katalis pada proses fotokatalisis menunjukkan bahwa Zn- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{WO}_3$  yaitu sebesar 81,38% yang memiliki aktivitas yang lebih baik dibandingkan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , ZnO dan  $\text{WO}_3$  dan hasil Uji variasi sumber sinar (lampu) yang digunakan menunjukkan bahwa penggunaan sinar UV-Vis memberikan respon % degradasi *methylene blue* lebih tinggi dibanding sinar UV, sinar *visible*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dwijayanti, U., Gunawan, G., Widodo, D. S., Haris, A., Suyati, L., dan Lusiana, R. (2020). Adsorpsi Methylene Blue (MB) Menggunakan Abu LayangmBatubara Teraktivasi Larutan NaOH. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 5 (1): 1-14.
- [2] Lestari, Y. D., Wardhani, S., & Khunur, M. M. (2015). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis  $\text{TiO}_2\text{-N}/\text{Zeolit}$

- dengan Sinar Matahari. *Kimia.Studentjournal*, 1(1), 592–598.
- [3] Abdelwahab, O., Amin, N.K., El-Ashtoukhy, E.S.Z., 2009. Electrochemical removal of phenol from oil refinery wastewater. *J. Hazard. Mater.* 163, 711–716.
- [4] Safni, S., Anggraini, D., Wellia, D., Khoiriah, K., 2015. Degradation of direct red-23 and direct violet dyes by ozonolysis and photolysis methods with uv light and solar irradiation using N-doped TiO<sub>2</sub> Catalyst. *J. Litbang Ind.* 5, 123–130.
- [5] Safni, M., Putri, R.A., Wellia, D.V., Septiani, U., 2017. Photodegradation of Orange F3R Dyes : Effect of light sources and the addition of C, N- codoped TiO<sub>2</sub>. 9, 1–5.
- [6] Amelia, F. (2016). Degradasi Zat Warna Rhodamin B Secara Sonolisis Menggunakan Katalis ZnO-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Jurnal Dimensi.* 5(1): 1-11
- [7] Sholihah, L. K. (2010). Sintesis dan Karakteristik Partikel Nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang Berasal Dari Pasir Besi dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Bahan Komersial (Aldrich). Institut Teknologi November.
- [8] Taib, S., dan Suharyadi, E. (2015). Sintesis Nanopartikel Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Dengan Template Silika (SiO<sub>2</sub>) dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal Of Applied Physics.* 5(1): 23-30
- [9] Bahtiar, S. Taufiq, A. Dan Sunaryono. (2017). Preparasi dan Karakteristik Struktur Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO Dengan Menggunakan Metode Kopersipitasi. Seminar Nasional Fisika.
- [10] Feng, X., Guo, H., Patel, K., Zhou, H., dan Lou, X. (2014). *High Performace, Recoverable Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ZnO Nanoparticles For Enchanced Photocatalytic Degradation Of Phenol.* *Chmeical Engineering Journal.* 244(15): 327-334
- [11] Adhikari, S., Chandra, K.S., Do-Heyoung, K., Madras, G., dan Sarkar, D. (2018). *Understanding The Morphological Effects Of WO<sub>3</sub> Photocatalysts For The Degradation Of Organic Pollutants.* *Advanced Powder Technology.* 27(7): 1591-1600
- [12] Kalim, I. (2014). Preparasi Karakterisasi dan aktivitas Fotokatalitik Nanopartikel *Coupled* Oksida Besi *Magnetite* dan oksida Seng Untuk Pewarna Organik *Methylene Blue*. Universitas Indonesia