



**BRIN**  
BADAN RISET  
DAN INOVASI NASIONAL

**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET  
BIDANG KIMIA MAKROMOLEKUL**

**MODIFIKASI STRUKTUR MAKROMOLEKUL  
UNTUK OPTIMALISASI SIFAT  
MEKANIK DAN TERMAL PADA KEMASAN  
RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS  
BIOPLASTICIZER TURUNAN KELAPA SAWIT**



**OLEH:**

**AGUS HARYONO**

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL  
JAKARTA, 23 DESEMBER 2021**

**MODIFIKASI STRUKTUR  
MAKROMOLEKUL UNTUK  
OPTIMALISASI SIFAT MEKANIK  
DAN TERMAL PADA KEMASAN RAMAH  
LINGKUNGAN BERBASIS *BIOPLASTICIZER*  
TURUNAN KELAPA SAWIT**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

*All Rights Reserved*

Buku ini tidak diperjualbelikan.



**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET  
BIDANG KIMIA MAKROMOLEKUL**

**MODIFIKASI STRUKTUR  
MAKROMOLEKUL UNTUK OPTIMALISASI  
SIFAT MEKANIK DAN TERMAL  
PADA KEMASAN RAMAH LINGKUNGAN  
BERBASIS *BIOPLASTICIZER* TURUNAN  
KELAPA SAWIT**

OLEH:  
**AGUS HARYONO**

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL  
JAKARTA, 23 DESEMBER 2021**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2021 Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Pusat Riset Kimia

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Modifikasi Struktur Makromolekul untuk Optimalisasi Sifat Mekanik dan Termal pada Kemasan Ramah Lingkungan Berbasis Bioplasticizer Turunan Kelapa Sawit/Agus Haryono. Jakarta: Penerbit BRIN, 2021.

xi + 68 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-602-496-311-8 (cetak)  
978-602-496-310-1 (e-book)

1. Plasticizer
2. Biopolimer
3. Kelapa Sawit




665.3

*Copy editor* : Risma Wahyu Hartiningsih dan Nika Halida Hashina  
*Proofreader* : Sarwendah Puspita Dewi  
*Penata Isi* : Rahma Hilma Taslima  
*Desainer Sampul* : Dhevi E.I.R. Mahelingga

*Cetakan* : Desember 2021



Diterbitkan oleh:  
Penerbit BRIN  
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah  
Gedung BJ Habibie, Jl. M.H. Thamrin No.8,  
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,  
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340  
Whatsapp: 0811-8612-369  
*E-mail*: [penerbit@brin.go.id](mailto:penerbit@brin.go.id)  
*Website*: [penerbit.brin.go.id](http://penerbit.brin.go.id)

 PenerbitBRIN  
 Penerbit\_BRIN  
 penerbit\_brin

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## BIODATA RINGKAS



Agus Haryono dilahirkan di Pamekasan pada tanggal 21 Februari 1969, putra kelima dari tujuh bersaudara, dari ayah Drs. H. Atlan, M.M. (Alm.) dan ibu Subaidah. Menikah dengan Siti Kumala, S.K.M., M.K.M. dan dikaruniai 6 anak, yaitu Alif Iqbal Dhiaulhaq, Muhammad Ilham Abdurrauf, Faruq Miftahus Shiddiq, Afifah Nisrina Mahdiyah, Kamila Noor Syahidah, dan Ahmad Uzaim Abdurrosyid.

Berdasarkan Keputusan Presiden Indonesia No. 83/M/2017 tanggal 27 Desember 2017 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama terhitung mulai tanggal (TMT) 1 Maret 2018. Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Nomor 107/HK/2021 tahun 2021 tanggal 10 Desember 2021 tentang Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan orasi Pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan sekolah dasar di SDN Ngantru IV Trenggalek (Jawa Timur) pada 1982; sekolah menengah pertama di SMPN 1 Lumajang (Jawa Timur), lulus 1985; dan sekolah menengah atas di SMAN 2 Lumajang (Jawa Timur) lulus 1988. Pendidikan Bahasa Jepang di Takushoku University, Jepang, lulus tahun 1990; Pendidikan Sarjana Kimia Terapan di Waseda University, Jepang, lulus 1994; Pendidikan Pascasarjana S2 dan Pascasarjana S3 bidang Kimia Terapan yang juga diselesaikan di Waseda University, Jepang, pada 1996 dan 1999. Mengikuti program postdoktoral di Advanced Industrial Science & Technology (AIST) di Tsukuba Jepang pada Mei 1999 sampai dengan April

2002 dan Institute of Applied Synthetical Chemistry, Vienna University of Technology di Vienna Austria pada April 2005 sampai dengan Januari 2006.

Pernah menduduki jabatan struktural Eselon IV sebagai Kepala Subbidang Pengembangan Kerja Sama dan Jasa periode 15 Oktober 2008 sampai 1 April 2010. Menduduki jabatan Eselon III sebagai Kepala Bidang Jasa Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dan Kepala Bidang Pengelolaan dan Diseminasi Hasil Penelitian periode 1 April 2010 sampai 7 Juli 2015. Kemudian, jabatan Eselon II sebagai Kepala Pusat Penelitian Kimia sejak 7 Juli 2015 sampai 31 Januari 2019 serta menjadi Pejabat eselon I sebagai Deputi Bidang Ilmu Pengetahuan Teknik LIPI sejak 31 Januari 2019 hingga 1 September 2021, dan dilanjutkan menjadi Pelaksana Tugas Kepala Organisasi Riset Ilmu Pengetahuan Teknik BRIN hingga saat ini.

Karier jabatan fungsional bidang kepakaran Kimia Makromolekul dimulai sebagai Peneliti Ahli Muda (TMT 1 September 2009), Peneliti Ahli Madya (TMT 1 April 2013), dan Peneliti Ahli Utama (TMT 1 Maret 2018). Diklat Jabatan Fungsional Peneliti Tingkat Pertama diikuti pada 2008, dan tingkat lanjutan diikuti pada 2013.

Publikasi ilmiah yang telah dihasilkan, adalah dua buku, 94 publikasi internasional, 41 publikasi nasional, serta telah menghasilkan 30 paten. Berkontribusi dalam pengembangan SDM, khususnya pembimbing mahasiswa S1, S2, serta S3 di Universitas Indonesia, Universitas Diponegoro, Universitas Sumatera Utara, Institut Teknologi Indonesia, dan Institut Pertanian Bogor dan Jiangnan University, Tiongkok.

Aktif mengikuti berbagai organisasi profesi ilmiah. Pernah menjabat sebagai Ketua Bidang Kerja sama Internasional pada

Himpunan Kimia Indonesia (HKI) (2009–2012), menjabat sebagai Ketua I Masyarakat Nano Indonesia (MNI) (2005–2012), menjabat sebagai Ketua Umum Perhimpunan Polimer Indonesia (HPI) (2014–2017), dan saat ini menjabat sebagai Ketua Dewan Penasehat HPI.

Memperoleh penghargaan *Mizuno Award* dan *Koukenkai Award* pada 1999 di Waseda University serta *Outstanding Research Award* pada 2001 di Institute for Science and Technology Studies Japan. Selain itu, pernah mendapatkan penghargaan sebagai Peneliti Muda Terbaik Indonesia pada 2003 di Bidang Teknik Rekayasa LIPI serta menjadi Peneliti Terbaik Pusat Penelitian Kimia LIPI pada 2007. Pernah mendapatkan penghargaan *Asian Excellence Award* dari Society of Polymer Science Japan (SPSJ) pada 2008.

Penghargaan Satyalancana Karya Satya X Tahun dan Satyalancana Karya Satya XX Tahun masing-masing diperoleh pada 2004 dan 2012. Penghargaan Satyalancana Pembangunan dari Presiden RI diperoleh pada 2018 atas jasanya dalam mengembangkan bioplastik dari sawit. Penghargaan 76 Ikon Prestasi Pancasila diraih pada tahun 2021 dari Badan Pembinaan Ideologi Pancasila (BPIP).



Buku ini tidak diperjualbelikan.

## DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS .....	v
PRAKATA PENGUKUHAN .....	xi
I. PENDAHULUAN .....	1
II. SINTESIS DAN PERKEMBANGAN BIOPLASTICIZER PENGANTI DIETHYL HEXYL PHTHALATE BERBASIS MINYAK SAWIT.....	4
2.1 Perkembangan Iptek <i>Plasticizer</i> .....	5
2.2 Sintesis <i>Bioplasticizer</i> Turunan Minyak Sawit.....	9
III. MODIFIKASI STRUKTUR POLIOL BERBASIS SAWIT UNTUK BUSA RIGID POLIURETAN.....	11
3.1 Sintesis Poliuretan .....	11
3.2 Polioliol Turunan Minyak Sawit .....	12
3.3 Aplikasi Polioliol Turunan Minyak Sawit untuk Poliuretan.....	14
3.4 Busa Poliuretan <i>Biodegradable</i> .....	15
3.5 Aplikasi Polioliol Turunan Minyak Sawit untuk <i>Coating</i> .....	18
IV. OPTIMALISASI SIFAT MEKANIK DAN TERMAL PADA MATERIAL BIOKOMPOSIT BERBASIS KELAPA SAWIT....	22
4.1 Aplikasi Lignin untuk Biokomposit.....	22
4.2 Aplikasi Selulosa untuk Biokomposit.....	24
V. PELUANG DAN APLIKASI KEMASAN RAMAH LINGKUNGAN DI INDONESIA.....	25
VI. KESIMPULAN.....	27
VII. PENUTUP .....	28
UCAPAN TERIMA KASIH .....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	31
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH.....	40
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	61



## PRAKATA PENGUKUHAN

*Bismillaahirrahmaanirrahiim.*

*Assalamu 'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.*

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset yang mulia dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah Swt. atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga dalam kesempatan ini kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir pada acara orasi ilmiah Pengukuhan Profesor Riset di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

**“MODIFIKASI STRUKTUR MAKROMOLEKUL  
UNTUK OPTIMALISASI SIFAT MEKANIK DAN TERMAL  
PADA KEMASAN RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS  
*BIOPLASTICIZER* TURUNAN KELAPA SAWIT”**

Buku ini tidak diperjualbelikan.



## I. PENDAHULUAN

Plastik sintetik pertama kali dikembangkan dan digunakan pada awal abad ke-20. Kemudian setelah Perang Dunia II, industri plastik berkembang dengan pesat di Amerika Serikat, dimulai dengan penemuan nilon dan plastik konvensional lainnya<sup>1</sup>. Manusia sangat terbantu dengan hadirnya plastik dalam kehidupan sehari-hari. Namun, sejak tahun 1970-an, masyarakat dunia mulai menyadari permasalahan limbah plastik yang merugikan kesehatan dan lingkungan hidup<sup>2</sup>. Permasalahan sampah plastik telah menjadi masalah besar, terlebih sejak ditemukannya bahaya cemaran mikroplastik di lautan<sup>3</sup>. Indonesia dinyatakan sebagai negara terbesar kedua di dunia yang menjadi sumber cemaran mikroplastik<sup>4</sup>. Kondisi ini disebabkan oleh makin melimpahnya limbah plastik yang bermuara di lautan serta kurangnya tingkat kesadaran masyarakat dalam membuang limbah sampah plastik ke lingkungan sekitar sehingga limbah plastik terbawa hingga ke lautan. Limbah plastik ini tidak dapat terurai oleh mikroorganisme di tanah dan yang ada di air dalam kurun waktu hingga puluhan tahun<sup>5</sup>. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengembangkan plastik dan kemasan yang lebih ramah lingkungan<sup>6</sup>.

Berdasarkan sumbernya, polimer terbagi menjadi polimer sintetik dan polimer alami<sup>7</sup>. Plastik konvensional yang beredar di masyarakat sebagai plastik kemasan umumnya berasal dari polimer sintetik yang dibuat dari minyak bumi<sup>8</sup>. Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam. Peluang pemanfaatan sumber daya alam sebagai motor penggerak pertumbuhan ekonomi nasional sangat besar karena ketersediaannya sangat melimpah dan dapat diperoleh dari sumber daya

alam terbarukan. Beberapa biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku polimer alami, antara lain pati, lignin<sup>9</sup>, selulosa<sup>10,11,12</sup>, protein, kitosan, poliasam laktat, dan minyak nabati<sup>13</sup>.

Penelitian tentang pemanfaatan dan pengembangan material polimer yang berbasis pada penggunaan sumber daya alam terbarukan dan ramah lingkungan untuk diaplikasikan sebagai bahan baku industri polimer merupakan potensi yang harus dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya<sup>14</sup>. Pemanfaatan material tersebut dapat mengatasi dua masalah utama, yaitu masalah lingkungan yang berhubungan dengan limbah yang dihasilkan dan mengurangi penggunaan bahan baku (substitusi) yang berasal dari bahan baku fosil. Kedua masalah tersebut telah mendorong perlunya mencari material alternatif berbasis sumber daya alam terbarukan, ramah lingkungan, dan *biodegradable*. Selain itu, ada pula upaya untuk melakukan kombinasi antara material dari bahan baku fosil dengan material dari sumber daya alam terbarukan. Kombinasi material seperti ini jika dilakukan dengan tepat dapat menghasilkan sifat material ramah lingkungan<sup>15</sup>.

Salah satu sumber bahan baku biopolimer adalah *Crude Palm Oil* (CPO) dari tanaman kelapa sawit<sup>16</sup>. Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar sejak 2007. Tahun 2019 diperkirakan jumlah produksi CPO Indonesia mencapai 450 juta ton. Namun, harga CPO di pasaran internasional cenderung turun dari tahun ke tahun. Harga CPO telah turun 16% dibandingkan harga tahun 2017<sup>17</sup>. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengembangan produk hilir minyak kelapa sawit dalam rangka peningkatan nilai tambah ekonominya.

Seperti minyak nabati lainnya, komponen minyak kelapa sawit terdiri atas trigliserida dan asam lemak yang memiliki rantai panjang hidrokarbon, tanpa ikatan rangkap<sup>18</sup>. Modifikasi

struktur kimia ke dalam struktur senyawa makromolekul dapat memberikan potensi pemanfaatan berbagai komponen minyak sawit menjadi material dengan berbagai fungsi, di antaranya kemasan ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan.

Pada orasi profesor riset ini dipaparkan rekam jejak penelitian dimulai dari beberapa temuan *bioplasticizer*, poliol untuk busa poliuretan, hingga riset biokomposit dari biomassa kelapa sawit untuk menjadi material kemasan fungsional yang ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan. Hal ini dilakukan melalui modifikasi struktur molekul *plasticizer* agar mempunyai sifat mekanik dan *thermal* yang lebih optimal. Inovasi *bioplasticizer* yang ramah lingkungan akan ikut membantu industri hilir minyak kelapa sawit.



## II. SINTESIS DAN PERKEMBANGAN *BIOPLASTICIZER* PENGGANTI *DIETHYLHEXYL* *PHTHALATE* BERBASIS MINYAK SAWIT

Beberapa tahun terakhir banyak permasalahan yang timbul akibat dari pemakaian plastik yang tidak ramah lingkungan. Fenomena mikroplastik yang mencemari lautan Indonesia mengakibatkan cemaran terhadap biota laut yang bersifat karsinogen. Ini menjadi bukti penting pengembangan kemasan ramah lingkungan. Beberapa sumber polimer dari bahan alam seperti pati, protein, selulosa, kitosan, lignin, poliasam laktat, dan minyak sawit adalah sumber utama pembuatan biopolimer yang dapat terdegradasi secara biologis di alam. Di sisi lain, potensi biomassa sawit Indonesia ini dapat dimanfaatkan untuk bahan tambahan (aditif) atau bahan kemasan plastik *biodegradable* yang aman terhadap kesehatan serta ramah lingkungan<sup>19</sup>.

Plastik jenis polivinil klorida (*polyvinyl chloride* atau PVC) hingga saat ini digunakan secara luas dalam kehidupan manusia dalam bentuk yang fleksibel. PVC ini banyak digunakan sebagai kemasan pangan, botol minuman, kantong infus, kantong cuci darah, kantong darah, berbagai jenis selang, kantong urin, sarung tangan medis, lensa kontak mata, blister untuk obat, dan mainan anak-anak. Pada aplikasi-aplikasi tersebut, *share market* untuk PVC mencapai 70–90% dibandingkan jenis plastik yang lainnya. Untuk bisa menghasilkan sifat fleksibel pada PVC, maka ditambahkan *plasticizer*. Sebagian besar plastik PVC yang digunakan masyarakat menggunakan *plasticizer* berbasis minyak bumi, seperti *dioctyl phthalate* (DOP), *di-2-ethyl hexyl phthalate* (DEHP), dan *dibutyl phthalate* (DBP). Yang menjadi masalah adalah potensi migrasi senyawa toksik *plasticizer* tersebut ke dalam darah, cairan obat tertentu, atau pada makanan berlemak. Migrasi DEHP pada aliran darah pasien terdeteksi

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pada saat dilakukan transfusi darah. DEHP dan beberapa senyawa ftalat lainnya diketahui menyebabkan penyakit kanker pada percobaan di tikus.<sup>20</sup> Sementara paparan pada manusia hingga menyebabkan penyakit kanker saat ini masih dalam diskusi yang hangat dalam penelitian.

## 2.1 Perkembangan Iptek *Plasticizer*

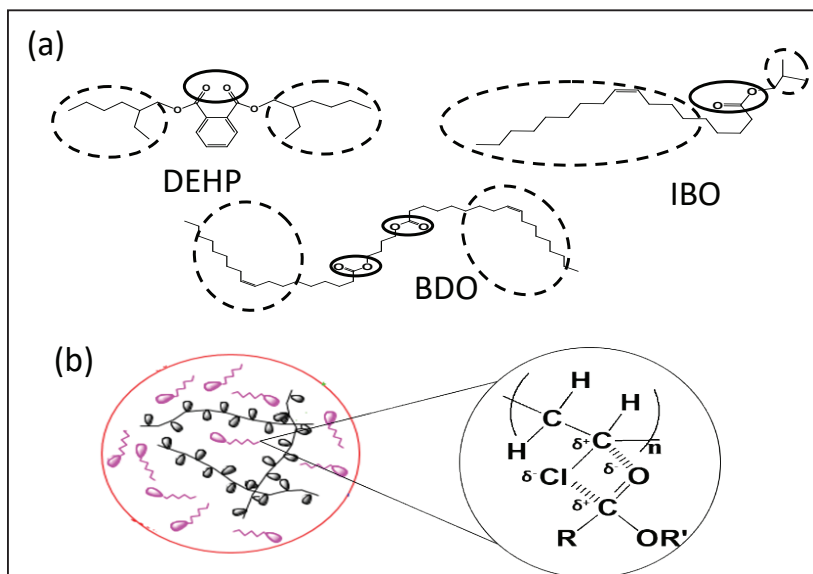
Dalam 60 tahun terakhir, lebih dari 30.000 senyawa telah dikaji untuk diaplikasikan sebagai *plasticizer*. Namun hanya 50 senyawa yang berhasil masuk hingga tahap komersialisasi di industri plastik, terutama plastik PVC. Pada tahun 2014, lebih dari 8 juta ton *plasticizer* telah digunakan untuk berbagai aplikasi, terutama untuk aplikasi pelapisan lantai, kabel dan kawat, kemasan, alat kesehatan, serta mainan anak-anak. Jumlah ini terus meningkat seiring dengan berkembangnya pemakaian plastik di masyarakat. Pada tahun 2018, bahkan pasar *plasticizer* dunia sudah mencapai 15 miliar USD<sup>21</sup>.

Peluang industri pengolahan kelapa sawit sebagai motor penggerak pertumbuhan ekonomi nasional sangat besar. Salah satu permasalahan dalam industri kelapa sawit adalah masih rendahnya muatan teknologi yang mampu diterapkan sehingga mayoritas devisa dari industri ini berasal dari industri hulunya. Padahal, potensi nilai tambah terbesar justru terdapat pada industri hilirnya. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai tambah kelapa sawit adalah dengan mengolah produk turunannya menjadi *plasticizer*<sup>22,23</sup>. *Plasticizer* turunan minyak sawit memiliki beberapa sifat yang menarik seperti tidak beracun, *biodegradable*, sifat tahan panas yang baik, stabilitas cahaya, terbarukan, dan ramah lingkungan.

Sebagaimana didefinisikan oleh American Standard Testing and Material (ASTM), *plasticizer* adalah zat yang dicampurkan

ke dalam plastik untuk meningkatkan fleksibilitas dan kemampuan kerja<sup>24</sup>. *Plasticizer* dibagi menjadi dua tipe, yaitu *plasticizer* primer dan sekunder. *Plasticizer* primer hanya digunakan dan berperan utama sebagai *plasticizer* saja, dengan kata lain sebagai komponen utama dalam sistem plastisasi. Sementara itu, *plasticizer* sekunder umumnya dicampur dengan *plasticizer* primer untuk meningkatkan properti performa tertentu. Ada empat teori yang menggambarkan efek dari *plasticizer*, yaitu *lubricity*, gel, volume bebas, dan teori mekanistik<sup>25,26,27</sup>.

Interaksi gugus polar karbonil ester rantai molekul *plasticizer* DEHP dengan gugus polar PVC terlihat pada Gambar 1. DEHP memiliki dua gugus kutub yang dapat berinteraksi

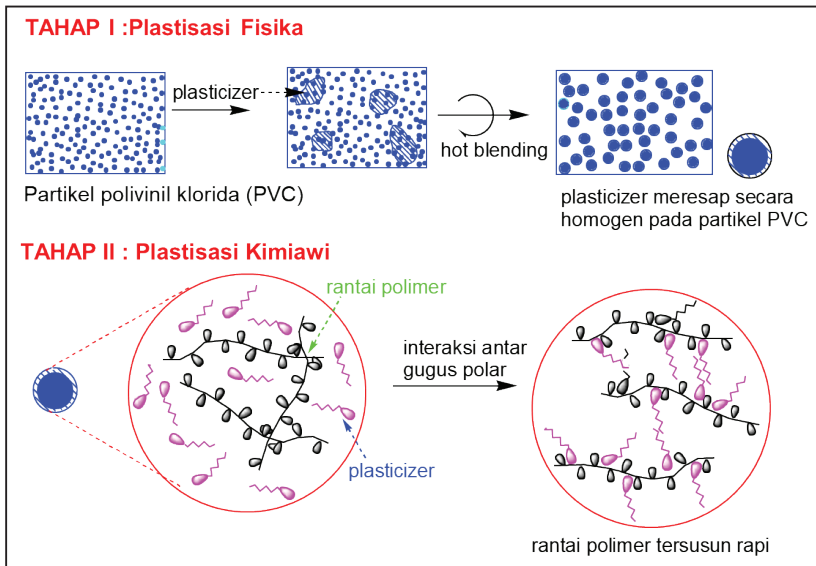


Ket.: BDO: Butanediol diolate, IBO: Isobutylolate

**Gambar 1.** Interaksi Gugus Polar Molekul *Plasticizer*

melalui ikatan hidrogen dengan gugus polar PVC, sehingga makin kuat ikatannya dengan PVC<sup>28</sup>. Proses plastisasi senyawa ester terhadap PVC terjadi dalam dua tahapan mekanisme, yaitu tahap plastisasi secara fisika dan plastisasi secara kimia. Tahap pertama (plastisasi secara fisika) adalah proses bercampurnya dan peresapan *plasticizer* terhadap partikel plastik. Kemudian dilanjutkan tahap kedua (plastisasi secara kimia), yakni proses interaksi gugus polar *plasticizer* dengan resin plastik, sampai terjadinya susunan yang rapi dalam rantai polimer. Tahapan mekanisme proses plastisasi ditunjukkan pada Gambar 2.

PVC secara luas digunakan dalam kehidupan manusia terutama dalam bentuk yang fleksibel<sup>29</sup>. *Plasticizer* biasanya



Gambar 2. Mekanisme Proses Plastisasi

ditambahkan ke dalam PVC untuk membuatnya cukup fleksibel dalam membuat barang-barang seperti mainan, kemasan fleksibel, dan kantong darah. Dalam produksi mainan plastik anak-anak, polimer dicampur dengan *plasticizer* untuk mengurangi suhu transisi gelas dan untuk meningkatkan stabilitas termal<sup>28, 30,31</sup>. Masalahnya adalah *plasticizer* komersial seperti DEHP dapat lepas atau bermigrasi dari PVC ke dalam darah, larutan obat tertentu, dan makanan berlemak. Migrasi DEHP dari kemasan PVC bahkan telah terdeteksi dalam aliran darah pasien yang menjalani transfusi. DEHP diketahui dapat menyebabkan kanker hati, setidaknya fenomena tersebut telah diamati pada saat uji coba paparan DEHP terhadap tikus di laboratorium<sup>32,33,34</sup>.

Penelitian, pengembangan, dan inovasi produk *plasticizer* pengganti DEHP makin banyak diminati karena berbagai negara mulai membatasi dan melarang pemakaian *plasticizer* berbasis senyawa ftalat. Beberapa alternatif pengganti DEHP sudah mulai muncul di pasar komersial, di antaranya adalah *plasticizer* berbasis minyak nabati dan berbasis makromolekul, seperti *non-ortho-phthalate plasticizer* seperti *bis (2-ethylhexyl) terephthalate* (DEHT) dan *ethylhexyl methyl terephthalate* (EHMT). Kedua senyawa ini sudah mendapatkan persetujuan dari US-EPA untuk digunakan sebagai *plasticizer* pada bahan kemasan pangan.

Penelitian untuk mencari alternatif pengganti yang lebih aman akan terus dikembangkan. Senyawa alternatif ini harus mampu memberikan sifat-sifat fleksibilitas, sifat mekanik, dan sifat termal yang optimal bagi plastik kemasan. Salah satu terobosan menarik adalah membuat *bioplasticizer* yang langsung berikatan kimia dengan polimer (*polymeric bioplasticizer*). Dengan begitu, proses migrasi senyawa *plasticizer* dari plastik kemasan ke dalam produk makanan atau minuman dapat di-

hindari. Ini juga bermanfaat untuk mengurangi toksisitas dan risiko dampak lingkungan hidup akibat proses migrasi tersebut.

## 2.2 Sintesis *BioPlasticizer* Turunan Minyak Sawit

Pengembangan senyawa ester sebagai *bioplasticizer* tidak beracun, yang berasal dari minyak sawit, dilakukan melalui proses esterifikasi. Proses esterifikasi antara alkohol dengan asam lemak sawit dilakukan menggunakan katalis asam, dan menghasilkan *bioplasticizer* dengan rendemen hasil di atas 95%<sup>35</sup>. Optimalisasi kondisi proses dilakukan untuk setiap jenis ester yang disintesis, serta menguji karakteristik masing-masing ester tersebut. Desain *bioplasticizer* yang dipilih antara lain adalah jenis *diester plasticizer* seperti *1,4-butanediol dioleate* (BDO), *isobutyl oleate* (IBO), dan *2-ethyl hexyl oleat* (EHO)<sup>36</sup>, yang telah dipatenkan pada tahun 2006. *Plasticizer* jenis ini dipilih karena struktur kimia dan sifat polaritasnya memiliki kemiripan dengan struktur kimia *plasticizer* ftalat dan adipat komersial. Molekul IBO dan BDO memiliki jumlah gugus fungsi ester yang sama dengan DEHP sehingga diharapkan dapat menggantikan DEHP. Kedua ester memiliki rantai alkena yang sama dengan satu ikatan ganda, tetapi jumlah yang berbeda dari gugus fungsi. IBO hanya memiliki satu gugus fungsi ester, sedangkan BDO memiliki dua gugus polar. EHO juga dapat menggantikan DEHP dalam rasio yang sama dengan IBO, dan memiliki jumlah gugus fungsi yang sama. Menariknya, IBO ini memiliki rantai alkana yang lebih pendek daripada BDO, namun panjang rantai yang hampir sama dengan DEHP.

Plastisasi PVC oleh *bioplasticizer* ester berbasis minyak sawit (BDO, IBO, dan EHO) dilakukan menggunakan metode film terlarut. *Bioplasticizer* berbasis minyak sawit ditambahkan sebagai pengganti DEHP pada tingkat 20, 40, 60, dan 80% dari

total *plasticizer* yang digunakan. Beberapa hal yang menjadi perhatian adalah efek penambahan ester IBO<sup>37</sup>, BDO, dan EHO, dalam formulasi PVC pada sifat polimer (modulus elastisitas dan perpanjangan putus). Studi pengaruh penambahan *bioplasticizer* berbasis minyak sawit pada PVC dilakukan dengan menganalisis modulus elastisitas dan elongasi pada saat perpanjangan putus plastik. Modulus elastisitas akan menurun jika kandungan *plasticizer* meningkat. Modulus elastisitas masih tetap lebih rendah ketika persentase penambahan BDO berada di kisaran 0–40%. Ini berarti bahwa BDO masih memberikan efek plastisasi yang baik dalam rentang tersebut. Namun, pada saat IBO digunakan sebagai *plasticizer* sekunder, modulus elastisitas tetap rendah bahkan ketika 80% IBO digunakan untuk menggantikan DEHP<sup>38</sup>. *Plasticizer* BDO dan IBO dapat menggantikan DEHP secara optimal masing-masing pada 20% dan 80%. Struktur rantai cabang pada IBO menunjukkan performa plastisasi yang lebih baik dibandingkan rantai lurus BDO.

Selain BDO, IBO, dan EHO, dikembangkan juga *bioplasticizer* berupa polietilen glikol oleat (PMO), isopropil oleat (IPO), gliserol monooleat (GMO)<sup>39,40,41</sup>, serta mengaplikasikannya sebagai *plasticizer* pada PVC. Hasil aplikasi menunjukkan bahwa IPO memberikan performa *plasticizer* yang lebih stabil dibanding dengan *plasticizer* PMO dan GMO<sup>42</sup>.

Senyawa turunan minyak sawit memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai *bioplasticizer* pada plastik PVC yang lebih aman bagi kesehatan dan lebih ramah lingkungan. Riset ini telah berhasil melakukan modifikasi struktur komponen minyak sawit untuk dijadikan sebagai alternatif *plasticizer* pengganti DEHP.

### III. MODIFIKASI STRUKTUR POLIOL BERBASIS SAWIT UNTUK BUSA RIGID POLIURETAN

Seiring dengan laju pembangunan industri kelapa sawit nasional dan perkembangan berbagai produk turunan minyak sawit di pasar internasional, telah terjadi pergeseran orientasi pembangunan industri kelapa sawit. Orientasinya kini cenderung ke industri hilir yang disesuaikan dengan dinamika pasar, serta berdaya saing tinggi. Selain itu, kecenderungan pemakaian bahan baku *renewable* juga makin meningkat. Industri oleokimia, khususnya produksi poliuretan dari polioliol turunan minyak sawit, berpeluang besar untuk tumbuh berkembang. Hal ini dikarenakan adanya ketersediaan bahan baku yang mencukupi. Indonesia yang berjumlah penduduk lebih dari 272 juta jiwa merupakan pangsa pasar yang sangat besar.

#### 3.1 Sintesis Poliuretan

Poliuretan adalah polimer dengan gugus fungsional uretan (-NHCO-O-), dikenal sebagai polimer yang memiliki banyak aplikasi. Poliuretan ditemukan oleh Otto Bayer<sup>43</sup> dan telah dihasilkan sejak Perang Dunia II untuk diaplikasikan sebagai perekat (isolasi) pada lemari es dan pesawat terbang. Poliuretan merupakan suatu jenis polimer yang murah, mudah dibentuk, dan berlimpah. Oleh karena itu, poliuretan memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, di antaranya berbagai aplikasi untuk mebel, karpet, pengemasan, tekstil, transportasi, bahan isolasi, lem, dan elastomer.

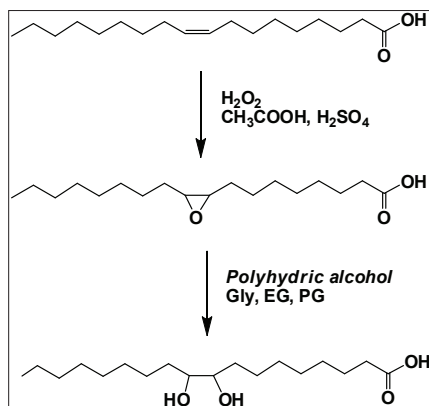
Selama ini, polioliol yang digunakan dalam pembuatan poliuretan tersebut sebagian besar berasal dari turunan petrokimia. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan petrokimia, persediaannya justru makin berkurang. Oleh karena itu, perlu



adanya suatu alternatif pencarian sumber daya alam terbarukan yang dapat menggantikan petrokimia, dalam hal ini khususnya sumber daya alam yang dapat digunakan untuk menghasilkan polioliol. Salah satu fokus perhatian saat ini yang dapat menggantikan posisi petrokimia sebagai bahan baku pembuatan polioliol adalah minyak sawit<sup>44</sup>. Minyak sawit dapat digunakan sebagai sumber bahan baku pembuatan polioliol karena mengandung sejumlah asam lemak atau trigliserida tak jenuh (ikatan rangkap) yang memungkinkan untuk dapat dikonversi menjadi gugus lain yang lebih reaktif, yakni hidroksil, epoksi, dan karboksilat<sup>45</sup>.

### 3.2 Polioliol Turunan Minyak Sawit

Proses pembuatan polioliol sebagai bahan baku busa poliuretanan dari turunan minyak sawit dilakukan dengan melalui beberapa tahap, yaitu tahap epoksidasi dan tahap hidroksilasi (Gambar 3). Proses epoksidasi adalah suatu reaksi oksidasi terhadap senyawa organik, baik rantai lurus maupun rantai aromatik yang mampu-



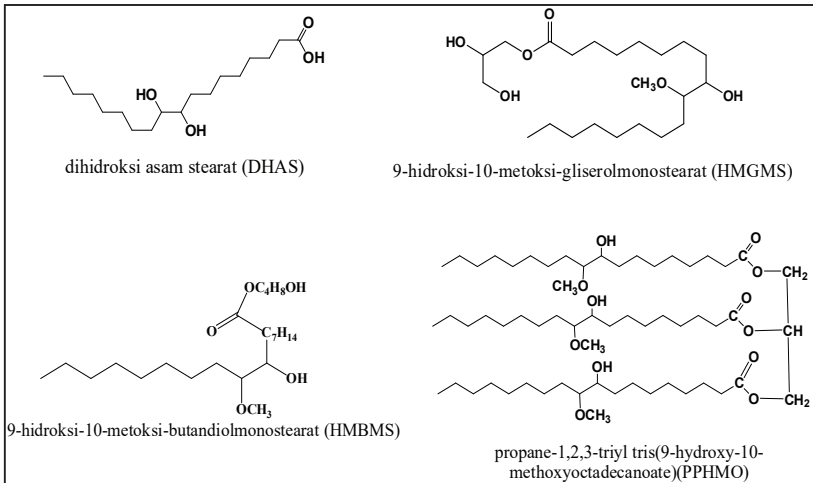
Ket.: Gly: Glycerol, EG: Ethylene Glycol, PG: Propylene Glycol

**Gambar 3.** Proses konversi asam oleat menjadi polioliol<sup>46</sup>.

nyai ikatan rangkap untuk membentuk senyawa epoksida, yaitu senyawa yang mempunyai ikatan cincin oksiran. Sementara itu, proses hidrosilasi adalah reaksi penambahan atau pemberian gugus hidroksil (OH) pada suatu molekul melalui pemutusan cincin oksiran<sup>46</sup>.

Tahap epoksidasi melibatkan penambahan asam peroksi dalam pelarut pada minyak sawit untuk membentuk minyak sawit terepoksidasi sehingga menghasilkan gugus oksiran pada ikatan rangkap minyak nabati. Sementara itu, tahap hidrosilasi melibatkan penambahan gugus hidroksil (OH) pada suatu molekul. Reaksi hidrosilasi terhadap cincin oksiran (epoksi) minyak sawit dapat dimonitor melalui pengukuran bilangan hidroksil pada tiap *sampling* yang dilakukan. Variabel reaksi yang akan dilakukan adalah pengubahan suhu dan variasi komposisi pereaksi hidroksil.

Pemanfaatan senyawa turunan minyak sawit, seperti asam oleat, gliserol monooleat (GMO), butandiol monooleat (BMO), dan *refined bleached deodorized palm oil* (RBDPO) dapat diproses menjadi polioliol. Dengan cara masing-masing polioliol 9,10-dihidroksi asam stearat (DHAS), polioliol 9-hidroksi-10-metoksi-gliserol monostearat (HMGMS), polioliol 9-hidroksi-10-metoksi-butandiol monostearat (HMBMS), dan polioliol propane-1,2,3-triyltris(9-hidroksi-10-metoksioktadekanoat) (PTHMO)<sup>47</sup>. Selanjutnya, senyawa-senyawa polioliol tersebut digunakan untuk pembuatan busa poliuretan seperti pada Gambar 4<sup>48,49</sup>. Produk polioliol yang diperoleh kemudian dipolimerisasi untuk menghasilkan busa poliuretan<sup>50,51,52</sup>. Busa poliuretan yang terbuat dari polioliol turunan minyak sawit memiliki karakteristik busa rigid (kaku) dan dapat menunjukkan ekspansi volume hingga 17 kali dibandingkan volume awal polioliol dan isosianat<sup>53</sup>.



**Gambar 4.** Struktur Molekul Polioli Turunan Minyak Sawit<sup>47</sup>

### 3.3 Aplikasi Polioli Turunan Minyak Sawit untuk Poliuretan

Polioli DHAS, HMGMS, HMBMS, dan PTHMO telah berhasil diaplikasikan dalam pembuatan busa poliuretan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1<sup>45</sup>. Proses pembuatan poliuretan dilakukan dengan proses polimerisasi kondensasi (atau bisa pula melalui *step growth polimerization*) dari dua monomer, di mana tiap monomer mempunyai minimal dua atau lebih gugus yang reaktif. Hasil aplikasi untuk pembuatan busa poliuretan menunjukkan *bulk* densitas tertinggi yang dihasilkan oleh PTHMO, sedangkan daya serap air tertinggi ditunjukkan oleh HMGMS. Busa poliuretan yang dihasilkan oleh beberapa polioli PTHMO, HMBMS, dan DHAS memiliki karakteristik kaku, rapuh, dan getas, sedangkan busa poliuretan yang dihasilkan oleh polioli HMGMS menghasilkan busa dengan karakteristik kaku, namun tidak rapuh dan tidak getas. Terbukti, struktur makromolekul

**Tabel 1.** Poliuretan dengan Variasi Polioli Turunan Minyak Sawit

Polioli	Bentuk Busa	Densitas Bulk (kg/m <sup>3</sup> )	Daya serap air (mL air/gr sampel)
HMGMS	Rigid, tidak rapuh, tidak getas	75	0,8455
Polioli RBDPO	Rigid, rapuh, keras	147,4	0,3233
HMBMS	Rigid, rapuh, getas	49,6	0,5881
DHAS	Rigid, rapuh, getas	41,7	0,4944

**Tabel 2.** Perbandingan Mol Polioli HMGMS dengan Isosianat

Rasio mol	Bentuk Busa	Densitas <i>bulk</i> (kg/m <sup>3</sup> )	Daya serap air (mL air/kg sampel)	<i>Hardness</i>
HMGMS: TDI				
1:1	Fleksibel, rapuh	12,3	0,4781	2,98
1:3	Rigid	57,9	0,3195	2,88
1:6	Rigid	75	0,8455	6,67
HMGMS: MDI				
1;1	Fleksibel Rigid	33,6	1,2561	4,0
1:3	Rigid, rapuh	48,9	0,8612	3,0
1:6	Rigid, getas, rapuh	77,4	1,0841	2,9

polioli sangat memengaruhi sifat-sifat busa poliuretan yang dihasilkan.

Pembuatan busa poliuretan telah berhasil dilakukan dengan berbagai variasi jenis dan komposisi isosianat, yaitu *toluene diisocyanate* (TDI) dan *methylene diisocyanate* (MDI)<sup>45</sup> seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Busa poliuretan yang dihasilkan dari polioli HMGMS dan MDI (1:1) menghasilkan busa yang rigid, namun tidak getas, tidak rapuh<sup>50</sup> serta *biodegradable*<sup>54</sup>.

### 3.4 Busa Poliuretan *Biodegradable*

Uji biodegradasi dilakukan terhadap busa poliuretan dari polioli turunan minyak sawit, terutama dari polioli HMGMS, dengan

menggunakan metode standar<sup>54</sup>. *Biodegradable* merupakan kemampuan suatu material untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon oleh mikroorganisme dan mengubahnya menjadi karbondioksida, biomassa, dan air. Uji biodegradasi dengan menggunakan jamur *Aspergillus niger* dan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dilakukan dengan variasi metode dan media untuk biodegradasi. Biodegradabilitas dari busa poliuretan salah satunya dapat dikaitkan dengan kemampuan daya serap air karena menentukan hidrofilitas dan proses penguraian<sup>55</sup>. Oleh karena itu, pada uji biodegradasi, pengaruh variasi rasio poliisosiyanat (NCO) sebagai *hard segment* dan polioliol (OH) sebagai *soft segment* telah dipelajari<sup>50</sup>.

Studi tentang pengaruh rasio NCO/OH telah dilakukan dengan variasi rasio 0,8; 1,0; dan 1,2. Peningkatan rasio *hard segment* (NCO) terhadap *soft segment* (OH) memengaruhi penurunan hidrofilitas busa. Dengan demikian, penetrasi air ke dalam *bulk* polimer menurun. Dalam degradasi hidrolitik poliuretan, komponen *soft segment* dapat menentukan degradabilitasnya dalam hal sifat hidrofilik. Hidrofilitas yang lebih tinggi dari *soft segment* akan meningkatkan daya serap air poliuretan yang akan memfasilitasi proses degradasi dan kemudian meningkatkan kehilangan massanya<sup>55,56,57</sup>. Dari hasil pengamatan diperoleh penyerapan air tertinggi yang dicapai oleh busa poliuretan dengan rasio NCO/OH rendah, yaitu 0,8 sebesar 39,15% (b/v). Pada rasio tersebut busa poliuretan berbasis minyak sawit memberikan daya serap air yang lebih tinggi sehingga akan ada lebih banyak penetrasi air ke dalam jumlah besar polimer untuk membantu proses degradasi dan memberikan penurunan kehilangan berat tertinggi<sup>50</sup>.

Pengamatan visual dan uji kehilangan berat hasil biodegradasi busa poliuretan dari polioliol turunan minyak sawit dilakukan

dengan menggunakan *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas aeruginosa*<sup>50</sup>. Uji ini telah didesain sehingga busa poliuretan dapat bertindak sebagai sumber karbon tunggal untuk mikroorganisme karena tidak ada sumber karbon lain yang ditambahkan ke dalam media agar *A. niger* dan *P. aeruginosa* dapat tumbuh pada sampel poliuretan berbasis minyak sawit. Hal ini menunjukkan bahwa jamur dan bakteri mampu menggunakan busa poliuretan berbasis minyak sawit tersebut sebagai sumber karbon satu-satunya. Sementara itu, tidak ada pertumbuhan jamur dan bakteri yang diamati pada sampel poliuretan berbasis petrokimia. Ini menunjukkan bahwa jamur dan bakteri tidak dapat menggunakan poliuretan berbasis petrokimia ini sebagai sumber karbon satu-satunya.

Pertumbuhan mikroba pada busa poliuretan berbasis minyak sawit dengan rasio NCO/OH 0,8 lebih tinggi dibandingkan dengan rasio NCO/OH 1,0 dan 1,2<sup>50</sup>. Demikian halnya dengan hasil uji kehilangan berat, menunjukkan bahwa *A. niger* dan *P. aeruginosa* memiliki kemampuan untuk membiodegradasi busa poliuretan berbasis turunan minyak sawit. Kehilangan berat busa poliuretan dari minyak sawit meningkat dengan meningkatnya waktu biodegradasi dan menurunnya rasio NCO/OH. Kehilangan berat tertinggi ditunjukkan oleh busa poliuretan dari minyak sawit dengan NCO/OH rasio 0,8. Hal ini menunjukkan ketika kandungan polioliol berbasis minyak sawit meningkat maka busa poliuretan dari minyak sawit akan lebih mudah terdegradasi.

Pengamatan terhadap permukaan busa poliuretan berbasis minyak sawit dari hasil biodegradasi menggunakan mikroba dapat diamati. Dengan menggunakan analisis SEM dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan pada permukaan busa poliuretan berbasis minyak sawit sebelum dan sesudah biodegradasi. Permukaan busa poliuretan sebelum terdegradasi memiliki kese-

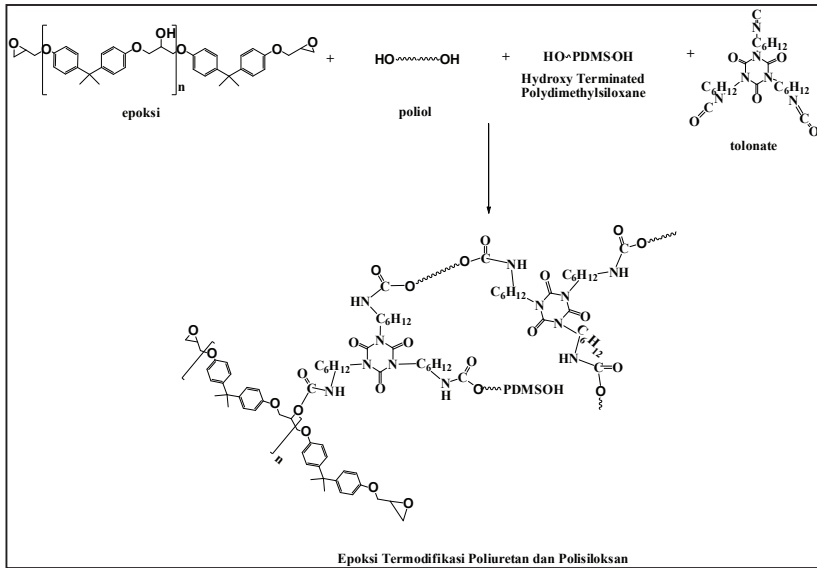
ragaman *microcell*, sedangkan setelah terdegradasi, permukaan busa poliuretan menjadi rusak dan sel telah diperluas<sup>50</sup>.

### 3.5 Aplikasi Polioli Turunan Minyak Sawit untuk *Coating*

Berkenaan dengan aplikasi poliuretan sebagai *coating*, saat ini poliuretan *coating* banyak ditemukan dalam berbagai bentuk yang berbeda untuk meningkatkan penampilan dan daya tahan. Dalam dunia automobil, poliuretan *coating* dapat meningkatkan permukaan mobil menjadi sangat halus, meningkatkan ketahanan warna, tahan gores, dan tahan terhadap korosi. Poliuretan *coating* dengan tipe yang berbeda yaitu digunakan untuk konstruksi, misalnya untuk lantai bangunan, pengikat baja, dan pendukung beton. Dalam hal ini proses pelapisan dilakukan melalui penyemprotan untuk menjadikan bahan yang dilapisi tersebut lebih tahan lama dan dapat melawan efek buruk dari lingkungan<sup>46</sup>.

Selanjutnya, telah dilakukan pengembangan dan aplikasi polioli turunan minyak sawit dalam bidang *coating*<sup>58,59</sup>. Aplikasi polioli turunan minyak sawit dilakukan dalam poliuretan pada resin *termosetting*, khususnya resin epoksi. Modifikasi epoksi dengan poliuretan dilakukan tanpa melalui tahap prepolimer poliuretan<sup>60</sup> dan berbagai jenis polioli<sup>61</sup>. *Hybrid coating* antara epoksi, polisiloksan, dan poliuretan menggunakan polioli turunan minyak sawit<sup>62</sup>, *1,4-butanediol monooleate* (BMO) dan BDO, *9-hydroxy-10-methoxy-monostearate* (HMMS)<sup>63</sup>, *1,4-Butandiol Monooleat*<sup>51,64</sup> juga telah dilakukan (Gambar 5)<sup>60,65</sup>.

Terbentuknya retakan atau kerusakan kecil pada struktur polimer merupakan hal kritis dalam dalam aplikasi polimer dan komposit polimer. Retakan atau kerusakan ini dapat mengakibatkan dampak merusak terhadap fungsi awal polimer dan mengurangi waktu pakainya. Oleh karena itu, perbaikan pada struktur menjadi penting untuk mengatasi masalah yang ada.



**Gambar 5.** Modifikasi Poliuretan untuk Coating<sup>60,65</sup>

Dalam konteks ini, material yang memiliki sifat *self-healing* sangat ideal untuk pemakaian dalam waktu yang lebih lama. Berdasarkan penyembuhannya, material seperti ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu.

- 1) Intrinsik: Matriks polimer dapat memperbaiki kerusakan dengan memberikan stimulasi eksternal (misal panas). Pada jenis ini, salah satu contohnya adalah polimer dengan kemampuan *self-healing* berdasarkan ikatan hidrogen. Kerusakan pada struktur diperbaiki dengan memberi panas sehingga ikatan hidrogen ditata kembali.
- 2) Ekstrinsik: Matriks polimer tidak memperbaiki strukturnya sendiri. Senyawa “penyembuh” ditambahkan pada matriks polimer dalam suatu enkapsulasi. Ketika terjadi kerusakan pada struktur, enkapsulasi juga akan pecah dan mengeluar-



kan isinya. Dengan efek kapiler senyawa ini akan dilepaskan pada bagian yang mengalami kerusakan dan bereaksi membentuk struktur polimer baru sehingga kerusakan dapat dikurangi. Senyawa yang dienkapsulasi biasanya berupa monomer *cross-linker* dan suatu katalis. Enkapsulasi yang ditambahkan pada struktur polimer dapat berupa enkapsulasi tunggal ataupun ganda. Pada enkapsulasi ganda satu jenis enkapsulasi berisi monomer dan satu jenis berisi katalis. Ketika enkapsulasi pecah, monomer dan katalis akan dikeluarkan dan bereaksi untuk membentuk struktur polimer baru. Pada enkapsulasi tunggal, enkapsulasi hanya berisi monomer yang reaktif berpolimerisasi dengan adanya air<sup>66</sup>.

Pengembangan aplikasi pemanfaatan polioli turunan minyak sawit untuk pembuatan poliuretan sebagai material *self-healing coating* juga telah dilakukan<sup>67,68</sup>. Dalam penelitian ini, produk *self-healing coating* untuk otomotif dibuat dari poliuretan dengan penambahan suatu agen *healing*. Agen *healing* ini didesain agar dapat memperbaiki struktur lapisan dinding kendaraan secara mandiri. Material agen *healing* dimasukkan ke dalam matriks kapsul polimer dalam proses enkapsulasi. Ketika terjadi kerusakan pada struktur lapisan dinding kendaraan, maka kapsul tersebut juga akan pecah. Pada saat itu agen *healing* akan lepas dan bereaksi membentuk struktur lapisan polimer baru sehingga kerusakan dinding kendaraan dapat diperbaiki.

Pengkajian proses enkapsulasi dari suatu fase cair monomer *diisocyanate* yang berfungsi sebagai *agent healing* (dapat memperbaiki strukturnya sendiri) dilakukan melalui polimerisasi interfasial dalam suatu sistem emulsi yang stabil. Material yang dienkapsulasi adalah isosianat, yang juga secara luas biasa digunakan sebagai bahan material anti abrasi dan material anti-UV untuk *coating* berbasis poliuretan. Senyawa isosianat sangat reaktif di dalam air dan mempunyai kemampuan untuk

memperbaiki strukturnya sendiri. Sifat isosianat yang sangat reaktif membuatnya tidak memerlukan katalis untuk proses polimerisasinya. Hal ini memungkinkan untuk membuat enkapsulasi senyawa tunggal, yakni isosianat saja. Senyawa isosianat tersebut akan berpolimerisasi dengan adanya air atau lingkungan dengan tingkat kelembapan tinggi.

Dengan berbagai modifikasi struktur makromolekul pada polioliol, artinya telah berhasil dibuktikan bahwa senyawa turunan minyak sawit dapat difungsikan sebagai bahan baku yang potensial untuk material *coating*. Material *coating* yang dihasilkan dapat menunjukkan karakteristik yang baik, seperti antikorosi, anti-*fouling*, dan *self-healing*<sup>69,70</sup>.

## IV. OPTIMALISASI SIFAT MEKANIK DAN THERMAL PADA MATERIAL BIOKOMPOSIT BERBASIS KELAPA SAWIT

Produksi minyak kelapa sawit dari tahun ke tahun yang terus meningkat menghasilkan limbah berupa biomassa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dalam jumlah yang cukup besar. Kandungan dalam limbah TKKS, berupa selulosa sekitar 40–42%, hemiselulosa 22–24% dan lignin 21–22%. Saat ini, limbah TKKS ini masih belum dimanfaatkan secara optimal, padahal kandungan selulosa dan lignin yang signifikan dari limbah TKKS dapat digunakan sebagai sumber serat selulosa dan lignin, serta dapat dimanfaatkan sebagai sumber material biokomposit terbarukan. Selain itu, pemanfaatan selulosa dari TKKS ini juga tidak bersaing dengan bahan baku pangan sehingga menjadikan selulosa dan lignin sebagai material yang sangat potensial untuk sumber bahan baku bioplastik maupun biokomposit.

### 4.1 Aplikasi Lignin untuk Biokomposit

Penambahan lignin ke dalam material *linear low density polyethylene* (LLDPE) bertujuan untuk menambah sifat *biodegradability* biokomposit yang dihasilkan. Pembuatan biokomposit LLDPE/Lignin dilakukan dengan menambahkan lignin ke dalam LLDPE dengan berbagai variasi komposisi lignin untuk mempelajari pengaruh komposisi lignin pada morfologi, sifat biodegradasi, sifat mekanik, dan sifat termal polietilena.

Komposisi lignin yang ditambahkan ke dalam LLDPE berpengaruh terhadap warna biokomposit LLDPE/Lignin yang dihasilkan<sup>71</sup>. Makin banyak lignin yang ditambahkan ke dalam biokomposit maka makin gelap pula warna biokomposit. Penambahan lignin ke dalam biokomposit LLDPE/Lignin dapat

menurunkan stabilitas termal pada suhu di bawah 460°C, namun akan meningkatkan ketahanan termal pada suhu di atas 460°C. Sifat mekanik biokomposit LLDPE/Lignin akan makin menurun dengan makin meningkatnya komposisi lignin yang ditambahkan. Penurunan nilai sifat mekanik ini diduga disebabkan kurang meratanya distribusi lignin dalam biokomposit LLDPE/Lignin sehingga mengakibatkan adanya aglomerasi. Penurunan nilai sifat mekanik pada komposit memengaruhi *stress distribution*-nya. Hal ini ditunjukkan oleh morfologi komposit polimer pada *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Biodegradasi biokomposit LLDPE/Lignin berhubungan dengan kehadiran lignin yang memiliki banyak gugus fungsional. Sebagian besar gugus fungsional pada lignin bersifat hidrofil yang mendorong terjadinya biodegradasi. Makin banyak lignin yang ditambahkan ke dalam biokomposit LLDPE/Lignin, makin banyak pula material yang terbiodegradasi. Oleh karena itu, makin banyak lignin yang ditambahkan, sifat hidrofiliknya makin kuat dan makin mudah terbiodegradasi<sup>72</sup>.

Polimer biokomposit lignin banyak digunakan untuk berbagai aplikasi karena keberadaannya yang melimpah di alam. Modifikasi struktur makromolekul lignoselulosa melalui reaksi kimia menjadi kunci utama berhasilnya aplikasi produk. Meskipun demikian, sebaliknya, rumitnya struktur kimia lignin menjadi permasalahan dan tantangan utama aplikasi lignin. Untuk itu, proses separasi, karakterisasi dan modifikasi senyawa lignin pada berbagai biomassa menjadi penting untuk diteliti secara akurat.

Senyawa lignin yang diekstraksi dari tandan kosong kelapa sawit telah berhasil dimodifikasi sekaligus dikarakterisasi sebagai bahan baku polimer komposit. Penambahan lignin pada material biokomposit dapat menimbulkan sifat *biodegradable*

pada material polimer. Oleh karena itu, pengembangan aplikasi sebagai kemasan *biodegradable* menjadi menarik dan berpotensi besar untuk pasar domestik maupun global.

## 4.2 Aplikasi Selulosa Biokomposit

Kajian tentang penerapan polimer biokomposit dalam bidang medis telah banyak dilakukan<sup>72</sup>. Beberapa contoh aplikasi biokomposit selulosa pada bidang biomedis adalah pada komponen terluar gips pada saat perawatan patah tulang. Penggunaan biokomposit selulosa pada produk rekonstruksi luka juga merupakan aplikasi yang sudah cukup meluas di pasaran. Biokomposit PVC dengan penambahan biopolimer selulosa telah diaplikasikan pada plastik *biodegradable* untuk kemasan kantong darah<sup>73,74</sup>. Penambahan selulosa ke dalam biokomposit PVC/selulosa akan mengakibatkan penurunan sifat mekanik biokomposit<sup>75,76</sup>.

## V. PELUANG DAN TANTANGAN APLIKASI KEMASAN RAMAH LINGKUNGAN DI INDONESIA

Peluang untuk menerapkan hasil penelitian terkait kelapa sawit di Indonesia sangat besar. Hal ini didukung dengan melimpahnya ketersediaan kelapa sawit, masih rendahnya pemanfaatan kelapa sawit pada sektor hilir, serta kecenderungan penggunaan teknologi dan material ramah lingkungan dalam beberapa tahun terakhir. Indonesia merupakan produsen utama minyak kelapa sawit dengan kontribusi mendekati 50% dari total produksi dunia. Di sisi lain, pohon kelapa sawit mempunyai karakteristik yang lebih unggul sebagai bahan baku industri oleokimia jika dibandingkan dengan minyak nabati lainnya. Upaya hilirisasi produk turunan dari minyak kelapa sawit merupakan langkah nyata dan efektif untuk meningkatkan keunggulan kompetitif sawit Indonesia, serta memenangkan perang perdagangan sawit dengan berbagai negara<sup>77</sup>.

Hasil temuan penting tentang *bioplasticizer* dari turunan minyak sawit sangat berpotensi untuk diaplikasikan pada industri kemasan kantong darah sebagai pengganti *plasticizer* konvensional yang berbahaya bagi kesehatan. *Bioplasticizer* turunan minyak sawit seperti BDO, IBO, EHO, IPO dapat digunakan sebagai *plasticizer* sekunder untuk mengurangi atau menggantikan *plasticizer* DEHP yang merupakan senyawa turunan dari minyak bumi. Selain industri kemasan, industri busa rigid poliuretan merupakan salah satu industri yang memberikan peluang aplikasi produk turunan minyak sawit. Kecenderungan pemakaian bahan baku terbarukan dan ramah lingkungan pada industri poliuretan dapat memberikan peluang yang signifikan terhadap aplikasi polioliol turunan minyak sawit untuk menggantikan polioliol yang berasal dari petroleum. Bahkan, limbah tandan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biokomposit, kemasan ramah lingkungan, dan sebagai bahan baku untuk material *coating*<sup>57,58,68</sup>.

Berdasarkan Rencana Induk Pengembangan Industri Nasional (RIPIN) 2015–2019, terdapat tugas penting bagi industri kelapa sawit. Industri oleokimia, *oleofood*, dan *biofuel* diminta untuk mengolah 42,9 juta ton CPO per tahun<sup>78</sup>. Angka ini masih sangat jauh dari kapasitas terpasang pada industri oleokimia yang ada di Indonesia (1,4 juta ton CPO per tahun, 2014). Hal ini tentu merupakan salah satu peluang sekaligus tantangan bagi para peneliti. Riset ini ingin berkontribusi melaksanakan rekomendasi pemerintah untuk mempercepat proses hilirisasi CPO menjadi produk oleokimia. Secara teori, industri oleokimia tergolong industri yang lamban berkembang. Ini dikarenakan perlunya investasi yang besar dan tingkat keuntungan yang relatif rendah.

Namun, hal inilah yang menjadi tantangan besar bagi para peneliti untuk bersinergi dengan industri dalam rangka akselerasi proses hilirisasi hasil litbang biopolimer sawit. Kita semua berharap dalam waktu dekat dapat melihat tumbuhnya industri oleokimia bahan tambahan plastik, industri kemasan *biodegradable* sawit, serta industri lain yang berkaitan dengan biomassa sawit. Tumbuhnya industri turunan kelapa sawit ini sesuai dengan *roadmap* industri berbasis kelapa sawit yang disusun oleh Kementerian Perindustrian<sup>79</sup>. Nilai tambah produk turunan minyak sawit akan meningkatkan nilai ekonomi perkebunan kelapa sawit sekaligus menjawab tantangan dari negara-negara Uni Eropa terhadap sawit Indonesia.

## VI. KESIMPULAN

Minyak kelapa sawit dan biomassa sawit dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku biopolimer, biokomposit, dan bioaditif. Melalui proses modifikasi struktur makromolekul yang tepat, aplikasi menjadi optimal pada kemasan, dan pelapis yang ramah lingkungan. Sifat termal, sifat mekanik, dan sifat biodegradasi pada biopolimer sawit dapat dikontrol secara optimum menjadi material yang berkinerja tinggi. Capaian temuan penting *bio-plasticizer* dan biopolimer berbasis kelapa sawit ini merupakan temuan yang signifikan bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Pemanfaatan berbagai komponen kelapa sawit dan minyak kelapa sawit dapat meningkatkan nilai ekonomi dari industri kelapa sawit di Indonesia.



## VII. PENUTUP

Indonesia merupakan negara dengan kekayaan sumber daya alam yang sangat melimpah. Pemanfaatan sumber daya alam berbasis penelitian, pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sangat diperlukan agar hasil yang dicapai tepat sasaran dan optimal. Jangan sampai kekayaan sumber daya alam kita yang melimpah justru dimanfaatkan oleh negara-negara lain. Ini merupakan tantangan besar bagi kita untuk dapat memanfaatkan sumber daya alam dengan menggunakan iptek. Kami merekomendasikan agar pemerintah memperbanyak interaksi antara peneliti sawit dengan para pemilik industri dan praktisi sawit sehingga hilirisasi hasil riset bisa lebih cepat terwujud. Di era revolusi industri 4.0 ini, teknologi akan berubah dengan cepat. Seluruh pemangku kepentingan, yaitu akademisi, pemerintah, industri, dan masyarakat, harus berkolaborasi dalam menjawab tantangan perubahan dan perkembangan teknologi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan yang berbahagia ini izinkanlah saya menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu saya hingga titik ini.

Pertama-tama saya ingin menyampaikan puji syukur kepada Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada kita semua. Terima kasih kami sampaikan kepada Presiden Republik Indonesia, Ir. H. Joko Widodo, dan kepada Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, Dr. Laksana Tri Handoko. Ucapan terima kasih kami sampaikan juga kepada Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Bambang Subiyanto, M.Agr. serta Sekretaris Majelis Profesor Riset, Prof. Dr. Gadis Sri Haryani. Kami mengucapkan terima kasih kepada tim penelaah naskah orasi, yaitu Prof. Dr. Muhammad Hanafi, M.Sc., Prof. Dr. Ratno Nuryadi, M.Eng., dan Prof. Dr. Muhayatun, serta kepada seluruh panitia pelaksana pengukuhan Profesor Riset hari ini.

Terima kasih juga kepada mantan Kepala Pusat Penelitian Kimia sebelumnya, yang telah banyak memberikan bimbingan kepada saya, yaitu Prof. Dr. Sofyan Tsauri (Alm.), Bapak Roy Heru Trisnamurti (Alm.), Prof. Dr. L. Broto Sugeng Kardono (Alm.), dan Ibu Dr. Linar Zalarin Udin. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Dr. Wuryaningsih Sri Rahayu yang memberikan banyak motivasi ketika saya baru kembali ke Indonesia.

Terima kasih kepada Alm. Prof. Eishun Tsuchida dan Prof. Hiroyuki Nishide, serta almamater saya Waseda University, yang telah mendidik saya dari S1 hingga S3. Terima kasih yang tak terhingga kepada seluruh anggota Keltian Polimer Chemistry,

yaitu Dr. Yenny Meliana, Dr. Dewi Sondari, Dr. Joddy Arya Laksmono, Muhammad Ghozali, M.T., Yan Irawan, M.T., Evi Triwulandari, M.Si., Sri Budi Harmami, M.Si., Dr. Athanasia Amanda Septevani, Dr. Witta Kartika Restu, Yulianti Sampora, M.Si., Sri Fahmiati, S.T., Melati Septiyanti, M.Si., dan Yenni Apriliani Devy yang selalu menemani di laboratorium. Terima kasih secara khusus disampaikan kepada Sdr. Muhammad Ghozali, M.T. dan Sdri. Evi Triwulandari, M.Si. yang banyak membantu di saat penyusunan naskah orasi ini. Kami juga tak lupa mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf dan peneliti di Organisasi Riset Ilmu Pengetahuan Teknik BRIN, khususnya di Pusat Riset Kimia BRIN yang telah memberikan dukungan kepada saya dalam mengembangkan penelitian selama ini.

Rasa terima kasih yang tak terhingga saya ucapkan kepada kedua orang tua saya, Drs. H. Atlan, M.M. (Alm.) dan Ibu Subaidah yang telah merawat dan mendidik saya selama ini, serta kepada enam saudara kandung yang senantiasa mendukung perjalanan hidup saya. Ucapan terima kasih teruntuk istri tercinta, Siti Kumala, serta anak-anak (Alif, Ilham, Faruq, Mahdiyah, Kamila, dan Uzaim) yang sangat saya sayangi.

Perkenankanlah saya memohon maaf apabila dalam penyampaian orasi ini terdapat hal-hal yang kurang berkenan di hati para hadirin. Semoga Allah Swt. senantiasa menjaga kita, baik di dunia maupun di akhirat.

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Gilbert M. Plastics materials: introduction and historical development, Brydson's Plastics Materials (Eight Edition); 2017; 1–8.
2. Dauvergne, P. Why is global governance of plastic failing the ocean. *Global Environmental Change* 2018; 22–31.
3. Andrady AL. The plastic in microplastic: A Review. *Marine Pollution Bulletin* 2017; 119: 12–22.
4. Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, Narayan R, Kara Lavender Law KL. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 2015; 347: 768–771.
5. Bahramian B, Fathi A, Dehghani F. A renewable and compostable polymer for reducing consumption of non-degradable plastics. *Polymer Degradation and Stability* 2016; 133: 174–181.
6. Pudjiastuti W, Sudirman, **Haryono A**, Deswita D. Aplikasi teknologi kemasan yang ramah lingkungan dan prospeknya. *Jurnal Kimia dan Kemasan* 2010; 32(1): 19–26.
7. Balaji AB, Pakalapati H, Khalid M, Walvekar R, Siddiqui H. Natural and synthetic biocompatible and biodegradable polymers. *Biodegradable and Biocompatible Polymer Composite* 2018; 3–32.
8. Bar H, Ikan R, Aizenshtat. Fossil fuel and synthetic polymers: Isothermal pyrolysis kinetics as indication of structural resemblance. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 1988; 14: 73–79.
9. **Haryono A**, Ghozali M, Triwulandari E, Meliana Y. Review: Development of lignin polymers as future green materials. The 3rd International Symposium for Sustainable Humanosphere (ISSH), University of Bengkulu, September 2013; 17–18.
10. Astrini N, Anah L, **Haryono A**. Pengaruh metilen bisakrilamid (MBA) pada pembuatan superabsorben hidrogel berbasis selulosa terhadap sifat penyerapan air. *Jurnal Kimia dan Kemasan* 2016; 38(1): 15–20.

11. Astrini N, Anah L, **Haryono A**. Pengaruh penambahan bentonit pada superabsorben komposit hidrogel berbasis selulosa. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2011; 13: 49–53.
12. Septevani AA, Sudirman, Sampora Y, Burhani D, Sudiarmanto, Septiyanti M, Devy YA, Sondari D, Triwulandari E, Ghozali M, Meliana Y, **Haryono A**. Nanoselulosa dari limbah biomassa tandan kosong kelapa sawit dan proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201806646, 2018.
13. Gopinath P, Saravanan S, Al-Maleki AR, Ramesh M, Vadivelu J. A review of polysaccharides for drug delivery applications: special focus on cellulose, starch and glycogen. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 2018; 107: 96–108.
14. a) Wang J, Qian W, He Y, Xiong Y, Wang R-M. Reutilization of discharged biomass for preparing functional polymer materials. *Waste Management* 2017; 65: 11–21. b) Laycock B, Nikolic M, Colwell JM, Gauthier E, George G. Lifetime prediction of biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science* 2017; 71: 144–189.
15. Zhang C, Garrison TF, Madbouly SA, Kessler MR. Recent advances in vegetable oil-based polymers and their composites. *Progress in Polymer Science* 2017; 71: 91–143.
16. Higgins V, Richards C. Framing sustainability: Alternative standards schemes for sustainable palm oil and South-South trade. *Journal of Rural Studies* 2019; 65: 126–134.
17. Fernandes FC, Kirwan K, Lehane D, Coles SR. Epoxy resin blends and composites from waste vegetable oil. *European Polymer Journal*, 2017; 89: 449–460.
18. Hassan MA, Yee LN, Yee PL, Ariffin H, Sudesh K. Sustainable production of polyhydroxyalkanoates from renewable oil-plam biomass. *Biomass and Bioenergy*, 2013, 50: 1–9.
19. **Haryono A**, Triwulandari E. Development of palm oil based plasticizer for polyvinyl chloride. *Green Plasticizer Forum* 2012; Beijing-China, 5–6 July, 2012.

20. Chou CY, Shu KH, Chen HC, Wang MC, Chang CC, Hsu BG, Chen TW, Chen CL, Huang CC. Urine phthalate metabolites are associated with urothelial cancer in chronic kidney disease patients. *Chemosphere* 2021; 273: 127834.
21. a) Gao W, Jiang P, Gu Q, Zhang H, Zhang P, **Haryono A**. Synthesis and properties of a bio-based PVC plasticizer derived from lactic acid. *New Journal of Chemistry* 2021; 45: 123–130.  
b) [www.marketresearchfuture.com/reports/plasticizersmarket-2295](http://www.marketresearchfuture.com/reports/plasticizersmarket-2295), diakses pada 1 Desember 2021.
22. **Haryono A**, Ghozali M, Harmami SB, Triwulandari E. Compatibility studies of plasticizer for soft polyvinylchloride from palm oil as a renewable resource material. *Proceeding of Science Council Asia, Bogor* 2021. 11–12 July 2012.
23. American Standard Testing and Materials D883. *Plastics nomenclature*; (t.t.). American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
24. Doolittle, Arthur K. *The Technology of Solvents and Plasticizers*. Wiley, New York; 1954: 1056.
25. Kurtz SS, Sweeley JS, Stout WJ. Plasticizers for rubber and related polymers. Dalam: Bruins PF, editor. *Plasticizer Technology*, Chap. 2, Reinhold, New York; 1965: 69.
26. O'Brien JL. Plasticizers. Dalam: *Modern Plastics Encyclopedia*. McGraw Hill, New York; 1988: 168.
27. Suzuki AH, Botelho BG, Oliveira LS, Franca AS. Sustainable synthesis of epoxidized waste cooking oil and its application as a plasticizer for polyvinyl chloride films. *European Polymer Journal* 2018; 99: 142–149.
28. **Haryono A**, Astrini N, Mulyani E, Hendrana S, Wuryaningsih SR. Plasticization effect of palm oil derivative ester compounds on polyvinyl chloride; *Nihon Yuka Gakkai Nenkai Koen Yoshishu*, 2004; 43: 75.
29. Adams RC. *Medical Device & Diagnostic Industry*; 2001.

30. Wickson EJ. Handbook of Polyvinyl Chloride Formulating. Wiley Interscience Publication, Inc., New York; 1995.
31. Nass LI, Heiberger CA. Encyclopedia of PVC, Second Edition, revised and expanded. Compound Design and Additives, Marcel Dekker, Inc., New York & Bassel; 1988: 2.
32. a) Wagner M, Oehlmann J. Endocrine disruptors in bottled mineral water: Total estrogenic burden and migration from plastic bottle. *Journal of Environmental Science Pollutant Research* 2009; 16: 278–286, b) Okita RT, Okita JR. Effect of diethyl phthalate and other plasticizers on laurate hydroxylation in rat liver microsomes. *Pharmaceutical Research* 1992; 9(12): 1648–1653.
33. Chung JW, Kim SH, Jung SJ, Kwak SY. Encapsulation of  $\beta$ -Cyclodextrin by in situ polymerization with vinyl chloride leading to suppressing the migration of endocrine disrupting phthalate plasticizer. *European Polymer Journal* 2009; 45: 2164–2171.
34. Abidin Z, Usmar R. Early Study of Migration Characteristic of DOP in PVC Film, One Day of National Seminar “DOP in Tidiness of PVC Plastic Safely”, 2002.
35. **Haryono A**, Wuryaningsih SR, Astrini N, Nugroho RH, Triwulandari E. Pembuatan plasticiser alkohol ester dari minyak nabati dan formulasinya dengan resin polivinil klorida. *Paten Indonesia*, No. P00200600528; 2006.
36. Waskitoaji W, Triwulandari E, **Haryono A**. Synthesis of Plasticizers Derived From Palm Oil And Their Application In Polyvinyl Chloride. *Procedia Chemistry* 2012; (4): 313–21.
37. Ghozali M, **Haryono A**. Penentuan kondisi optimum pada sintesa isobutil oleat. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia: Potensi Riset Kimia Terapan dalam Mendukung Pembangunan Iptek Berbasis Inovasi* 2011: 110–113.
38. Triwulandari E, **Haryono A**. Synthesis of isobutyl oleate from palm oil as the plasticizer substitute of DOP on PVC resin. *Proceeding of International Conference Polymer Science, Yogyakarta*, August, 2007: 6–12.

39. Irawan Y, Adilina IB, **Haryono A**, Ghozali M, Savitri, Juliana I. Surfaktan nonionik berbasis asam oleat dan polietilen glikol serta metode pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201608791; 2016.
40. **Haryono A**, Astrini N, Mulyani E, Hendrana S, Wuryaningsih SR. Thermal properties of palm oil derivative plasticizer on polyvinyl chloride 2004; Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2004: SP34-1–SP34-4.
41. Wuryaningsih SR, Astrini N, Mulyani E, **Haryono A**. Esterification of palm oil derivative compounds as an alternative for non-toxic plasticizer. Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2004: SP35-1–SP35-3.
42. **Haryono A**, Triwulandari E, Jiang P. Interaction between vegetable oil based plasticizer molecules and polyvinyl chloride, and their plasticization effect. AIP Conf. Proc. 1803, 020045-1–020045-10.
43. Kent JA. Riegel's handbook of industrial chemistry. 10th ed. New York: Kluwer Academic; 2003: 1373. ISBN 0306474115.
44. Wen Y, Jiang P, **Haryono A**, Zhang P, Zhang L, Wai PT, Li D, Cao Z, Xu J. Synthesis and properties of epoxy soybean oil-based polyurethanes modified by 3, 13-dimethyl hydroxysilyl double-decker phenyl-silsesquioxane. Chemical Papers 2018; 1–10.
45. Huang J, Jiang P, Wen Y, **Haryono A**. Synthesis and properties of castor oil based polyurethanes reinforced with double-decker silsesquioxane. Polymer Bulletin, 2017; 74: 2767–2785.
46. Triwulandari E, **Haryono A**, Syahputra OA. The influence of silane on mechanical properties of modified epoxy polyurethane. Jurnal Kimia Terapan Indonesia 2015; 17(1): 15–26.
47. Triwulandari E, Astrini N, **Haryono A**. Pembuatan polioliol berbasis komponen minyak sawit sebagai bahan baku busa poliuretana. Jurnal Sains Materi Indonesia 2014; 16(1): 43–48.
48. Triwulandari E, Prihastuti H, **Haryono A**, Susilo E. Synthesis and structure properties of rigid polyurethane foam from palm oil based polymer. Jurnal Sains Materi Indonesia 2008; 31–36.



49. **Haryono A**, Triwulandari E, Sondari D. Development of polyurethane rigid form from palm oil polyols. *Polymer Preprints, Japan 57th SPSJ Annual Meeting*, 57–57.
50. **Haryono A**, Triwulandari E, Sondari D, Randy A, Ridwanuloh AM. Control of biodegradability of polyurethane foam based on palm oil by ratio of soft segment on the polymer backbone. *Annales Bogorienses* 2010; 14(1): 11–17.
51. Triwulandari E, Ghozali M, **Haryono A**. Karakterisasi resin epoksi termodifikasi poliuretan berbasis 1,4-butandiol monooleat dari asam oleat minyak sawit. *Majalah Polimer Indonesia*, 2015; 18(2): 89–99.
52. Hu L, Jiang P, Bian G, Huang M, **Haryono A**, Zhang P, Bao Y, Xia J. Effect of octa (aminopropyl) polyhedral oligomeric silsesquioxane (OapPOSS) functionalized graphene oxide on the mechanical, thermal, and hydrophobic properties of waterborne polyurethane composites. *Journal of Applied Polymer Science* 2017; 134: 44440.
53. Triwulandari E, **Haryono A**, Pudjiastuti W. Effect of NCO/OH ratio and mold system on physical and mechanical properties of rigid polyurethane foam based on palm oil. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2011; 2(2): 96–101.
54. Lee S, Lee Y, Nahm KS, Hahn YB, Ko S. Degradable polyurethanes synthesized from poly(butylene succinate) polyol, poly(ethylene glycol), and 4,4'-methylenebis(cyclohexyl isocyanate). *Bull Korean Chem Soc*; 21(11): 1145–1148.
55. Hafeman AE, Li B, Yoshii T, Zienkiewicz K, Davidson JM, Guelrech SA. Injectable biodegradable polyurethane scaffolds with release of platelet-derived growth factor for tissue repair and regeneration. *Pharmaceutical Research* 2008, 25(10): 2387–2399.
56. Han J, Chen B, Ye L, Zhang A, Zhang J, Feng Z. Synthesis and characterization of biodegradable polyurethane based on poly( $\epsilon$ -caprolactone) and L-lysine ethyl ester diisocyanate. *Front Matter Sci China* 2009; 3(1): 2532.

57. Sondari D, **Haryono A**, Triwulandari E, Septevani AA, Sampora Y, Devy YA. Komposisi mikrokapsul agen self healing dari poliuretan berbasis minyak sawit dan proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201000864. 2010.
58. Triwulandari E, **Haryono A**, Ghozali M, Meliana Y, Fahmiati S, Devy YA, Nuraini L. Proses pembuatan hybrid coating berbasis resin epoksi termodifikasi poliuretan dan polisiloksan. Paten Indonesia No. P00201604225. 2016.
59. Ghozali M, Saputra AH, Triwulandari E, **Haryono A**. Modifikasi epoksi dengan poliuretan tanpa Melalui Tahap Prepolimer Poliuretan. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2014; 15(4): 208–213.
60. Ghozali M, Triwulandari E, **Haryono A**. Preparation and characterization of polyurethane-modified epoxy with various types of polyol. *Macromolecular Symposia* 2015; 353: 154–160.
61. Triwulandari E, Ghozali M, **Haryono A**. Mechanical and thermal properties of hybrid coating products from polyurethane and/or polysiloxane modified epoxy based on acrylic polyol and tolonate. *Macromolecular Symposia* 2015: 353.
62. Triwulandari E, Ghozali M, **Haryono A**. Synthesis of 1,4-butanediol monooleate and 1,4-butanediol, 9-hydroxy-10-methoxy-monostearate from palm oil as modifier of epoxy resin for coating. *Procedia Chemistry* 2015: Indonesian Symposium on Applied Chemistry.
63. Ghozali M, Saputra AH, Triwulandari E, **Haryono A**. Pengaruh 1,4-butandiol sebagai polioliol pada modifikasi epoksi menggunakan poliuretan. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia* 2015; 17(1), 1–7.
64. Yuan YC, Yin T, Rong MZ, Zhang MQ. Self healing in polymers and polymer composite. Concepts, realization and outlook: A review. *Express Polymer Letters* 2008; 2(4): 238–250.
65. Triwulandari E, Ghozali M, Restu WK, Meliana Y, Septiyanti M, **Haryono A**. Hydrolysis and condensation of alkoxy silane for the preparation of hybrid coating based on polyurethane/ polysi-

- loxane-modified epoxy. *Polymer Science, Series B* 2019; 61(2): 180–188.
66. Septevani AA, **Haryono A**. Pembuatan mikrokapsul poliurethan melalui polimerisasi antarmuka sebagai bahan self healing coating. *Jurnal Widyariset*, Desember 2011.
  67. Septevani AA, **Haryono A**. Pembuatan mikrokapsul poliurethan untuk menyalut bahan aktif heksametilendiisiosianat (HDI) sebagai agent healing pada pelapis otomotif. Seminar Jaringan Kerja Sama Kimia Indonesia, Yogyakarta, 3 November 2011.
  68. Triwulandari E, **Haryono A**, Ghozali M., Savitri, Devy YA, Hadidjah. Hybrid coating berbasis epoksi termodifikasi poliuretan dan atau polisiloksan sebagai bahan anti korosi pada logam serta metode pembuatannya. *Paten Indonesia No. P00201304757*. 2013.
  69. Mansur D, **Haryono A**, Meliana Y, Harmami SB, Fahmiati S, Sampora Y. Polimer biosida sebagai antifouling dan proses pembuatannya. *Paten Indonesia; No. P00201407034*. 2014.
  70. Ghozali M, Triwulandari E, **Haryono A**, Yuanita E. Effect of lignin on morphology, biodegradability, mechanical and thermal properties of low linear density polyethylene/lignin biocomposites, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 2017; 223: 012022.
  71. Triwulandari E, Ghozali M, Sondari D, Septiyanti M, Sampora Y, Meliana Y, Fahmiati S, Restu WK, **Haryono A**. Effect of lignin on mechanical, biodegradability, morphology, and thermal properties of polypropylene/polylactic acid/lignin biocomposite. *Plastics, Rubber and Composites* 2019; 48(2): 82–92.
  72. **Haryono A**, Harmami SB. Biodegradable composite polymer for medical applications: A review. *ICBS 2011 (International Conference on Basic Science)*, Brawijaya University, Malang, February 2011.
  73. **Haryono A**, Harmami SB. Komposit biopolimer dengan polyvinyl chlorida (PVC) untuk aplikasi plastik biodegradable. *Seminar Nasional & Workshop Kimia Terapan Indonesia*, Serpong, Mei 2011.

74. **Haryono A**, Triwulandari E, Ghozali M, Sudirman, Pudjiastuti W. Pengembangan material biokomposit PVC untuk kemasan kantong darah. Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia, 2013.
75. Ghozali M, **Haryono A**, Hadijah, Devy YA. Preparation of cellulose nanoparticles and their composite in poly(vinyl chloride) matrix. International Conference on Innovation Polymer Science and Technology (IPST), Bali, 28 November–1 Desember 2011.
76. Ghozali M, **Haryono A**. Effect of size of cellulose particle as filler in the PVC biocomposite on their thermal and mechanical properties. Material Science Forum 2013; 737: 67–73.
77. Harahap F, Silveira S, Khatiwada D. Cost competitiveness of palm oil biodiesel production in Indonesia. Energy 2019; 170: 62–72.
78. Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN), <http://www.kemenperin.go.id/ripin.pdf> diakses tanggal 26 Februari 2019.
79. Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 13/M-IND/PER/1/2010 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 111/M-IND/PER/10/2009 tentang Peta Panduan (*Road Map*) Pengembangan Klaster Industri Hilir Kelapa Sawit.

## DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

### Buku Nasional

1. Setiawan AAR, **Haryono A.** Manajemen pengembangan usaha metil sinamat. Prospek Usaha Metil Sinamat dari Minyak Lengkuas sebagai Bahan Farmasi dan Aditif Pangan. Jakarta: 2013; Penerbit Titian Pena. 64–79.

### Bagian dari Buku Internasional

2. Tursiloadi S, Rochman NT, **Haryono A.** Country report of nanotechnology in Indonesia. Centre for Science & Technology of the Non-Aligned and other Developing Countries (NAM S&T Centre), 2013.

### Jurnal Internasional

3. Zhang P, Liu P, Fan M, Jiang P, **Haryono A.** High-performance magnetite nanoparticles catalyst for biodiesel production: Immobilization of 12-tungstophosphoric acid on SBA-15 works effectively. *Renewable Energy* 2021; 175: 244–252.
4. Gu Q, Jiang PP, Shen Y, Zhang K, Wai PT, **Haryono A.** High-dispersed MoO<sub>3</sub> nanoparticles in 3D-dendritic mesoporous silica nanospheres: heterogeneous catalysts for the epoxidation of olefins. *Journal of Porous Materials* 2021; 28(3): 779–789.
5. Nie Z, Jiang P, Zhang P, Liu D, **Haryono A.**, Zhao M, Zhao H. Zirconia-coated magnetic Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles supported 12-tungstophosphoric acid: A novel environmentally friendly catalyst for biodiesel production. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 2020: 1–12.
6. Gu Q, Jiang P, Shen Y, Leng Y, Wai PT, Zhang K, **Haryono A.** Synthesis of coralloid carbon nitride polymers and photocatalytic selective oxidation of benzyl alcohol. *Nanotechnology* 2021; 32(23): 235602.

7. Gu Q, Jiang PP, Shen Y, Zhang K, Wai PT, **Haryono A**. Lamellar porous mo-modified carbon nitride polymers photocatalytic epoxidation of olefins. *Molecular Catalysis* 2021; 504: 11144.
8. Dai Z, Jiang P, Zhang P, Wai PT, Bao Y, Gao X, Xia J, **Haryono A**. Multiwalled carbon nanotubes/castor-oil-based waterborne polyurethane nanocomposite prepared using a solvent-free method. *Polymers for Advanced Technologies* 2021; 32(3): 1038–1048.
9. Yue C, Li C, Zhang P, Fan M, **Haryono A**, Leng Y, Dong Y, Jiang P. Efficiently selective oxidation of glycerol by BiQDs/BiOBr-Ov: Promotion of molecular oxygen activation by Bi quantum dot and oxygen vacancy. *New Journal of Chemistry* 2021; 45: 12.938–12.944.
10. Zhang Z, Jiang P, Liu D, Feng S, Leng Y, Zhang P, **Haryono A**, Li Z, Li Y. Synthesis of novel lactic ester end-capped oligomeric lactic acid and its plasticizing performance in poly (vinyl chloride). *New Journal of Chemistry* 2021; 45: 11.371–11.379.
11. Zhang P, Yue C, Fan M, **Haryono A**, Leng Y, Jiang P. The selective oxidation of glycerol over metal-free photocatalysts: insights into the solvent effect on catalytic efficiency and product distribution. *Catalysis Science & Technology* 2021; 11: 3.385–3.392.
12. Trisanti PN, Airlangga B, Mayangsari NE, **Haryono A**. The degradation of cellulose in ionic mixture solutions under the high pressure of carbon dioxide. *RSC Advances*. 2021; 11(6): 3484–94.
13. Gao W, Jiang P, Gu Q, Zhang H, Zhang P, **Haryono A**. Synthesis and properties of a bio-based PVC plasticizer derived from lactic acid. *New Journal of Chemistry* 2021; 45(1): 123–130.
14. Liu D, Shen Y, Wai PT, **Haryono A**, Zhang P, Jiang P, Nie Z, Jiang G, Zhao H, Zhao M. An efficient plasticizer based on waste cooking oil: Structure and application. *Journal of Applied Polymer Science* 2021; 138: e50128.

15. Dekai L, Shen Y, Jiang P, Wai PT, Zhang Z, Zhang P, **Haryono A**, Nie Z, Zhao M, Zhao H. An efficient cold-resistant strategy: Synthesis and application of green cold-resistant bio-based plasticizer for poly(vinyl chloride). *European Polymer Journal*, 2021; 142: 110.154.
16. Dai Z, Jiang P, Lou W, Zhang P, Bao Y, Gao X, Xia J, **Haryono A**. Preparation of degradable vegetable oil-based waterborne polyurethane with tunable mechanical and thermal properties. *European Polymer Journal* 2020; 139: 109.994.
17. Zhang Z, Jiang P, Liu D, Feng S, Zhang P, Wang Y, Fu J, **Haryono A**. Research progress of novel bio-based plasticizers and their applications in poly(vinyl chloride). *Journal of Materials Science*, 2021; 56(17): 10.155–10.182.
18. Gea S, **Haryono A**, Andriyani A, Sihombing JL, Pulungan AN, Nasution T. The effect of chemical activation using base solution with various concentrations towards sarulla natural zeolite elk-awnie. *Journal of Islamic Science and Technology* 2020; 6(1): 85–95.
19. Gea S, **Haryono A**, Andriyani A, Sihombing JL, Pulungan AN, Nasution T. The stabilization of liquid smoke through hydrode-oxygenation over nickel catalyst loaded on sarulla natural zeolite. *Applied Sciences* 2020; 10(12): 4.126.
20. Wen Y, Jiang P, **Haryono A**, Zhang P, Zhang L, Wai PT, Li D, Cao Z, Xu J. Synthesis and properties of epoxy soybean oil-based polyurethanes modified by 3, 13-dimethylhydroxysilyl double-decker phenylsilsesquioxane. *Chemical Papers* 2019; 73(3): 747–756.
21. Triwulandari E, Ghozali M, Restu WK, Meliana Y, Septiyanti M, **Haryono A**. Hydrolysis and condensation of alkoxy-silane for the preparation of hybrid coating based on polyurethane/polysiloxane-modified epoxy. *Polymer Science, Series B* 2019; 61(2): 180–188.
22. Triwulandari E, Ghozali M, Sondari D, Septiyanti M, Sampora Y, Meliana Y, Fahmiati S, Restu WK, **Haryono A**. Effect of ligin on mechanical, biodegradability, morphology, and thermal

properties of polypropylene/poly(lactic acid)/lignin biocomposite. *Plastics, Rubber and Composites* 2019; 48(2): 8292.

23. Laksmono JA, Sudibandriyo M, Saputra AH, **Haryono A**. Structured polyvinyl alcohol/zeolite/carbon composites prepared using supercritical fluid extraction techniques as adsorbent for bioethanol dehydration; *International Journal of Chemical Engineering* 2019; 6036479.
24. Wen Y, Jiang P, Huang J, **Haryono A**, Deng J, Cao Z. Preparation and characterization of polyhedral octaphenylsilsesquioxane modified castor oil based polyurethane. *Indonesian Journal of Applied Chemistry*, 2019; 20: 16–25.
25. **Haryono A**, Meliana Y, Ghozali M, Harmami SB. Effect of concentration on the ionic interaction between polystyrene sulfonate and cationic surfactant in aqueous solution. *Material Science Forum* 2018; 916: 24–29.
26. Siagian AAR, Sulaswatty A, **Haryono A**. Innovation readiness assessment toward research commercialization: case of surfactants for food processing. *International Journal of Innovation*, 2018; 6(2): 180–193.
27. Huang J, Jiang P, Wen Y, **Haryono A**. Synthesis and properties of castor oil based polyurethanes reinforced with double-decker silsesquioxane. *Polymer Bulletin* 2017; 74(7): 2.767– 2.785.
28. Hu L, Jiang P, Bian G, Huang M, **Haryono A**, Zhang P, Bao Y, Xia J. Effect of octa (aminopropyl) polyhedral oligomeric silsesquioxane (OapPOSS) functionalized graphene oxide on the mechanical, thermal, and hydrophobic properties of waterborne polyurethane composites. *Journal of Applied Polymer Science* 2017; 134(6): 44.440.
29. Meliana Y, Ibnusantosa G, **Haryono A**. Characterization of IR spectra and molecular weight of the products on modified ring opening polymerization of poly lactid acid. *Advanced Science Letters* 2017; 23(12): 11.810–11.814.



30. Sampora Y, Juwono AL, **Haryono A**, Irawan Y. Study of synthesis polyethylene glycol oleate sulfonated as an anionic surfactant for enhanced oil recovery (EOR). *Journal of Physics: Conference Series* 2017; 909(1): 012078.
31. **Haryono A**, Salsabila K, Restu WK, Harmami SB, Safari D. Effect of chitosan and liposome nanoparticles as adjuvant codelivery on the immunoglobulin G subclass distribution in a mouse model. *Journal of Immunology Research* 2017; ID9125048: 1–5.
32. Zuas O, Kristiani A, **Haryono A**. Synthesis of the nano structured zinc oxide using the soft template of cylea barbata miers extract and its promising property for dye adsorbent. *Journal of Advanced Materials and Processing*, 2015; 3(1): 39–50.
33. Ghozali M, Triwulandari E, **Haryono A**. Preparation and characterization of polyurethane-modified epoxy with various types of polyol. *Macromolecular Symposia. Wiley-VCH*, 2015; 353: 154–160.
34. Laksmono JA, **Haryono A**, Saputra AH. Functionality of Polysiloxane in the attachment of silver nanoparticles on nylon fiber surface. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering* 2014; 5(12).
35. **Haryono A**, Harmami SB, Sondari D. Preparation of magnetite nanoparticles by thermal decomposition of Iron (III) acetylacetonate with oleic acid as capping agent. *Materials Science Forum* 2013; 737: 153–158.
36. Ghozali M, **Haryono A**. Effect of size of cellulose particle as filler in the PVC biocomposite on their thermal and mechanical properties. *Material Science Forum* 2013; 737: 67–73.
37. **Haryono A**, Harmami SB. Sulfonation of waste high impact polystyrene from food packaging as a polymeric flocculant. *Advanced Materials Research* 2012; 486: 426–431.
38. Sondari D, **Haryono A**, Harmami SB, Randy A. Influence of palmitoyl pentapeptide and Ceramide III B on the droplet size of nanoemulsion. *Southeast Asian International Advances in Micro/Nanotechnology* 2010; 7743: 77430D.

39. Nuryadi R, **Haryono A**. Numerical simulation of single electron transistor using master equation. *Southeast Asian International Advances in Micro/Nanotechnology 2010*; 7743: 77430L.
40. **Haryono A**, Harmami SB, Sondari D. Antimicrobial effect of nylon fiber immersed with nano-silver. *Southeast Asian International Advances in Micro/Nanotechnology 2010*; 7743: 77430H.
41. **Haryono A**, Triwulandari E, Sondari D. Development of polyurethane rigid form from palm oil polyols. *Polymer Preprints. Japan 57th SPSJ Annual Meeting*, 57–57.
42. **Haryono A**, Binder WH. Controlled arrangement of nano-particle arrays in block-copolymer domains, *Small 2006*; 2(5): 600–611.
43. **Haryono A**, Astrini N, Mulyani E, Hendrana S, Rahayu WS. Plasticization effect of palm oil derivative ester compounds on polyvinyl chloride. *Nihon Yuka Gakkai Nenkai Koen Yoshishu 2004*; 43: 75.
44. Oyaizu K, **Haryono A**, Shinoda H, Tsuchida E. Oxidative polymerization of pyrrole promoted by four-electron transfer to O<sub>2</sub>: Catalysis of O<sub>2</sub>-oxidation by  $\mu$ -oxo dinuclear complexes with macrocyclic ligands. *Macromolecular Chemistry and Physics 2001*; 202(7): 1273–1279.
45. Miyatake K, **Haryono A**, Oyaizu K, Tsuchida E. Synthesis and thermal properties of a polysulfonium salt with a comb-like structure. *Journal of Macromolecular Science, Part A 2001*; 38(8): 851–859.
46. Oyaizu K, **Haryono A**, Natori J, Shinoda H, Tsuchida E. Electroreduction of  $\mu$ -Oxo Iron (III) porphyrins adsorbed on an electrode leading to a cofacial geometry for the Iron (II) complex: Unexpected active site for the catalytic reduction of O<sub>2</sub> to H<sub>2</sub>O. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 73(5): 1153–1163.
47. **Haryono A**, Shimada S, Takeda H, Onishi S, Nakanishi F, Matsuda M. Preparation and photo-polymerization of self-assembled monolayer of 1,3-Diacetylenic monomer having a sulfur atom directly bound to sp-carbon. *Polymer Preprints Japan-English Edition 2000*; 49(2): E 812–E 812.

48. **Haryono A**, Shimada S, Takeda H, Fukuda T, Ohnishi S, Matsuda N. Photo-reaction of self-assembled diacetylene monolayer. *Polymer Preprints Japan-English Edition* 2000; 49(1): E 609.
49. Oyaizu K, **Haryono A**, Nishimura Y, Yamamoto K, Tsuchida E. Analytical and inorganic-articles-molecular structure of a  $\mu$ -oxo chromium-iron complex: Rare example of a crystallographically characterized  $\mu$ -oxo heterometallic porphyrin. *Bulletin of the Chemical Society of Japan* 1999; 72(8): 1781–1784.
50. Oyaizu K, **Haryono A**, Tsuchida E. Four-electron reduction of oxygen to water by oxo-bridged dinuclear complexes. *Abstracts of Papers of The American Chemical Society* 1999; 217: U1062–U1062.
51. Yonemaru H, **Haryono A**, Oyaizu K, Miyatake K, Tsuchida E. Oxidative Polymerization of Aromatic Sulfides with Oxygen. *Polymer Preprints Japan-English Edition* 1999, 48.
52. **Haryono A**, Miyatake K, Tsuchida E. Synthesis and photochemical reaction of polyarylenesulfonium salts. *Macromolecular Chemistry and Physics* 1999; 200(6): 1.257–1.267.
53. **Haryono A**, Miyatake K, Natori J, Tsuchida E. Synthesis of a novel oligo(*p*-phenylene) ladder by Sulfide and Sulfonio Groups. *Macromolecules* 1999; 32(9): 3.146–3.149.
54. Miyatake K, **Haryono A**, Tsuchida E. Synthesis of novel poly-heteroacene containing sulfonio groups. *Abstract of papers of the American Chemical Society* 1999; 217: U473–U473.
55. **Haryono A**, Oyaizu K, Yamamoto K, Natori J, Tsuchida E. Electrocatalytic reduction of dioxygen to water by a carbon electrode coated with ( $\mu$ -oxo) bis [(meso-tetraphenyl-porphyrinato) iron (III)]: A convenient template for cofacially oriented Iron (II) Porphyrins. *Chemistry Letters* 1998; 27(3): 233–23.
56. Oyaizu K, **Haryono A**, Nishimura Y, Yamamoto K, Tsuchida E. Molecular structure of a  $\mu$ -oxo chromium–iron complex: Rare example of a crystallographically characterized  $\mu$ -oxo heterometallic porphyrin. *Bulletin of the Chemical Society of Japan* 1998; 72(8): 1781–1784.

57. **Haryono A**, Yamamoto K, Tsuchida E. Synthesis and nucleophilic dealkylation of poly [alkyl-(4-(phenylthio) phenyl) sulfonium trifluoromethanesulfonate]s. *Macromolecules* 1998; 31(4): 1202–1207.
58. Oyaizu K, **Haryono A**, Yonemaru H, Tsuchida E. Catalytic behavior of a  $\mu$ -oxo dimanganese (III) octaethylporphyrin in O<sub>2</sub> reduction. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions* 1998; 94(22): 3.393–3.399.
59. Oyaizu K, **Haryono A**, Natori J, Tsuchida E. ( $\mu$ -Peroxo) bis [pyridine (phthalocyaninato) iron (III)] as a convenient catalyst for the four-electron reduction of dioxygen. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions* 1998; 94(24): 3.737–3.742.
60. Tsuchida E, Yamamoto K, Shouji E, **Haryono A**. Photochemical recycling of polyarylene sulfide, *Chemical Communications* 1996: 2.091–2.092.

### Jurnal Nasional

61. Harmami SB, Mansur D, **Haryono A**. Polymerization of vinyl acetate and acrylic acid monomers using azobisisobutyronitrile (aibn) initiator as polymeric biocide. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Januari 2015; 16(2): 72–75.
62. Astrini N, Anah L, **Haryono A**. Pengaruh metilen bisakrilamid (MBA) pada pembuatan superabsorben hidrogel berbasis selulosa terhadap sifat penyerapan air. *Jurnal Kimia dan Kemasan* 2016; 38(1): 15–20.
63. Anah L, Astrini N, Nurhikmat A, **Haryono A**. Studi Awal sintesa carboxy methyl cellulose-graftpoly (acrylic acid)/monmorilonit superabsorben polimer hidro gel komposit melalui proses kopolimerisasi cangkok. *Jurnal Selulosa* 2016; 45(01).
64. Anah L, Astrini N, **Haryono A**. Pengaruh suhu reaksi pada polimerisasi hidrogel berbasis kitosan. *Jurnal Sains Materi Indonesia (Indonesian Journal of Materials Science)* 2016; 17(2) 63–68.

65. Triwulandari E, **Haryono A**, Syahputra OA. The Influence of silane on mechanical properties of modified epoxy polyurethane. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia* 2015; 17(1): 15–26.
66. Triwulandari E, Ghozali M, **Haryono A**. Karakterisasi resin epoksi termodifikasi poliuretan berbasis 1,4-butandiol monooleat dari asam oleat minyak sawit. *Majalah Polimer Indonesia* 2015; 18(2): 89–99.
67. Ghozali M, Saputra AH, Triwulandari E, **Haryono A**. Pengaruh 1,4-butandiol sebagai polioliol pada modifikasi epoksi menggunakan poliuretan. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia* 2015; 17(1): 1–9.
68. Triwulandari E, Astrini N, **Haryono A**. Pembuatan polioliol berbasis komponen minyak sawit sebagai bahan baku busa poliuretan. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2014; 16(1): 43–48.
69. Ghozali M, Saputra AH, Triwulandari E, **Haryono A**. Modifikasi epoksi dengan poliuretan tanpa melalui tahap prepolimer poliuretan. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2014; 15(4): 208–213.
70. Mansur D, **Haryono A**. Sintesa dan karakterisasi sodium-polistiren sulfonat dan identifikasi penempelan gugus sulfonat dengan metode FT-IR dan NMR. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2014; 16(1): 36–42.
71. Sampora Y, Mansur D, **Haryono A**. Preparasi dan karakterisasi kopolimer vinil asetat dan asam akrilat-Cu sebagai biosida untuk antifouling. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2014; 15(4): 201–207.
72. Nasruddin, Sudirman, Mahendra A, **Haryono A**. Model pengembangan formula kompon vulkanisir ban luar dump truck dengan filler fly ash. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri, Kementerian Perindustrian* 2014; 25(1): 53–61.
73. **Haryono A**, Restu WK, Harmami SB. Preparasi dan karakterisasi nanopartikel aluminium fosfat. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2012; 14(1): 51–55.

74. Triwulandari E, **Haryono A**, Pudjiastuti W. Effect of NCO/ OH ratio and mold system on physical and mechanical properties of rigid polyurethane foam based on palm oil. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2011; 12(2): 96–101.
75. Saputra AH, **Haryono A**, Laksmono JA, Anshari MH. Preparasi koloid nanosilver dengan berbagai jenis reduktor sebagai bahan anti bakteri. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2011; 12(3): 202–208.
76. Astrini N, Anah L, **Haryono A**. Pengaruh penambahan bentonit pada superabsorben komposit hidrogel berbasis selulosa. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 2011; 13: 49–53.
77. **Haryono A**, Harmami SB. Aplikasi nanopartikel perak pada serat katun sebagai produk jadi tekstil antimikroba. *Jurnal Kimia Indonesia* 2010; 5(1): 1.
78. Pudjiastuti W, Sudirman, **Haryono A**, Deswita D. Aplikasi teknologi kemasan yang ramah lingkungan dan prospeknya. *Jurnal Kimia dan Kemasan* 2010; 32(1): 19–26.
79. Anah L, Astrini N, Nurhikmat A, **Haryono A**. Studi awal sintesa carboxy methyl cellulose-graft-poly(acrylic acid)/monmorilonit superabsorben hidrogel komposit melalui proses polimerisasi cangkok. *Jurnal Berita Selulosa*, 2010; 45(1): 1–8.
80. **Haryono A**, Triwulandari E, Sondari D, Randy A, Ridwanuloh AM. Control of biodegradability of polyurethane foam based on palm oil by ratio of soft segment on the polymer backbone. *Annales Bogorienses* 2010; 14(1): 11–17.
81. Fitriyani S, Herda E, **Haryono A**. Pengaruh intensitas cahaya terhadap derajat konversi komposit nano partikel. *Journal of Dentistry Indonesia* 2008; 14(2): 156–152.
82. **Haryono A**, Sondari D, Harmami SB, Randy A. Sintesa nanopartikel perak dan potensi aplikasinya. *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)* 2008; 2(3): 156–163.

83. Triwulandari E, Prihastuti H, **Haryono A**, Susilo E. Synthesis and structure properties of rigid polyurethane foam from palm oil based polyol. *Jurnal Sains dan Materi Indonesia* 2008; 31–36.
84. Sondari D, Astrini N, Anah L, **Haryono A**. Pengaruh surfaktan sorbitan monolaurat terhadap polimerisasi suspensi superabsorben asam poliakrilat. *Jurnal Sains dan Materi Indonesia*, 2008; 43: 21–24.
85. Triwulandari E, Prihastuti H, **Haryono A**, Susilo E. Synthesis and structure properties of rigid polyurethane foam from palm oil based polymer. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. Edisi Khusus Desember 2008; 31–36.

### Prosiding Internasional

86. Setiawan AAR, Sulaswatty A, Haq MS, Utomo THA, Randy A, Arutanti O, Agustian E, Wiloso E, **Haryono A**. A study on eco-labeling and Life Cycle Assessment for food products in Indonesia: Potential application to improve the competitiveness of the tea industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2019; 277(1): 012026.
87. Purwandari V, Gea S, Wirjosentono B, **Haryono A**. Synthesis of graphene oxide from the Sawahlunto-Sijunjung coal via modified hummers method. *AIP Conference Proceedings* 2019; 2049(1): 020065.
88. Laksmono JA, Pangesti UA, Sudibandriyo M, **Haryono A**, Sa-putra AH. Adsorption capacity study of ethanol-water mixture for zeolite, activated carbon, and polyvinyl alcohol. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2018; 105(1): 012025.
89. Laksmono JA, Pratiwi IM, Sudibandriyo M, **Haryono A**, Sa-putra AH. Kinetic studies of adsorption in the bioethanol dehydration using polyvinyl alcohol, zeolite and activated carbon as adsorbent, *AIP Conference Proceedings*, 27 November 2017; 1904(1): 020076.

90. Athaillah ZA, Eviana I, Pudjiraharti S, **Haryono A**. Optimization of carrageenan-based jelly products added with nutrients for reducing osteoporosis risks. AIP Conference Proceedings 2017; 1904(1): 020051.
91. Astrini N, Anah L, **Haryono A**. Water absorbency of chitosan grafted acrylic acid hydrogel. IOP Conference Series: Material Science and Engineering 2017.
92. Ghozali M, Triwulandari E, **Haryono A**, Yuanita E. Effect of lignin on morphology, biodegradability, mechanical and thermal properties of low linear density polyethylene/lignin biocomposites. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 2017; 223: 012022.
93. **Haryono A**, Triwulandari E, Jiang P. Interaction between vegetable oil based plasticizer molecules and polyvinyl chloride, and their plasticization effect. AIP Conference Proceedings 2017; 1803: 020045.
94. Laksmono, JA, Sudibandriyo M, Saputra AH, **Haryono A**. Development of porous structured polyvinyl alcohol/zeolite/carbon composites as adsorbent. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 2017; 201: 012006.
95. Fahmiati S, Harmami SB, Meliana Y, **Haryono A**. Emulsion polymerization of polystyrene-co-acrylic acid with Cu<sub>2</sub>O incorporation. AIP Conference Proceedings 2017; 1803(1): 020043.
96. Fahmiati S, Minami H, **Haryono A**, Adilina IB. Dispersion polymerization of L-lactide utilizing ionic liquids as reaction medium. AIP Conference Proceedings 2017; 1904: 010001.
97. Setiawan AAR, Sulaswatty A, **Haryono A**. Finding the most efficient technology transfer route using Dijkstra Algorithm to foster innovation: The case of essential oil developments in the Research Center for Chemistry at the Indonesian Institute of Sciences. Journal of STI Policy and Management, 2016; 1(1): 75–102.



98. Meliana Y, Fahmiati S, **Haryono A**. Emulsion copolymerization of styrene-Co-maleic acid and incorporation of Cu<sub>2</sub>O into its matrix. *MATEC Web of Conferences* 2016; 58: 01010.
99. Triwulandari E, Ghozali M, **Haryono A**. Synthesis of 1,4-butanediol monooleate and 1,4-butanediol, 9-hydroxy-10-methoxy-monostearate from Palm Oil as Modifier of Epoxy Resin for Coating. *Procedia chemistry*.
100. Restu WK, Sampora Y, Meliana Y, **Haryono A**. Effect of accelerated stability test on characteristics of emulsion systems with chitosan as a stabilizer. *Procedia Chemistry*, 2015; 16: 171–176.
101. Setiawan AAR, Sulaswatty A, **Haryono A**. Finding the most efficient route to innovate using Dijkstra Algorithm: Case of Essential Oil Developments in Research Center for Chemistry—Indonesian Institute of Sciences. *Prosiding Global. 12th International Conference Asialics Innovation Driven Natural Resource Based Industry*, 2015 September 15–17, Yogyakarta, Indonesia.
102. Anah L, Astrini N, **Haryono A**. The Effect of temperature on the grafting of acrylic acid onto carboxymethyl cellulosa. *Macromolecular Symposia* 2015; 353: 178–184. Wiley-VCH.
103. Saputra AH, Laksmono JA, **Haryono A**, Anshari MH. The effect of additional polysiloxane in composite of polyester-nanosilver on antibacterial stability. *International Journal of Engineering and Technology*, 2015; 12(6): 10–13.
104. Triwulandari E, Ghozali M, **Haryono A**. Mechanical and thermal properties of hybrid coating products from polyurethane and/or polysiloxane modified epoxy based on acrylic polyol and tolonate. *Conference: The International Conference on the Innovation in Polymer Science and Technology 2013 (IPST2013)* Yogyakarta, Indonesia, October 2013: 7–10.
105. Setiawan AAR, Wibowo JW, **Haryono A**. Evaluation of research readiness toward technology transfer using analytic hierarchy process: A numerical case from Research Center for Chemistry, Indonesian Institute of Sciences. *Proceedings 2nd International Conference Technology Management & Technopreneurship 2013 (IC-TMT 2013)*.

106. Restu WK, Sampora Y, **Haryono A**. The Influence of Accelerated stability test to physical properties of varied-stirring speed chitosan-based nanoemulsion. Proceedings The International Conference on Innovation in Polymer Sciences and Technology 2013 (IPST 2013), Yogyakarta, October 7–13, 2013: 219–226.
107. **Haryono A**. Review: Development of lignin polymers as future green materials. The 3rd International Symposium for Sustainable Humanosphere (ISSH), University of Bengkulu; September 2013: 17–18.
108. Harmami SB, Meliana Y, **Haryono A**, Sondari D. Review: Development of herbal plants with potential application for the treatment of cellulite. International Polymer Science and Technology (IPST) Yogyakarta 2013: 8–10.
109. Waskitoaji W, Triwulandari E, **Haryono A**. Synthesis of plasticizers derived from palm oil and their application in polyvinyl chloride. *Procedia Chemistry* 2012; 4: 313–321.
110. **Haryono A**, Triwulandari E. Development of palm oil based plasticizer for polyvinyl chloride. Green Plasticizer Forum 2012, Beijing-China, 5–6 July.
111. **Haryono A**, Ghozali M, Harmami SB, Triwulandari E. Compatibility studies of plasticizer for soft polyvinylchloride from palm oil as a renewable resource material. Proceeding of Science Council Asia, Bogor 2012, 11–12 July.
112. Astrini N, Anah L, **Haryono A**. Crosslinking parameter on the preparation of cellulose based hydrogel with divinylsulfone. *Procedia Chemistry*. 2012; 4: 275–81.
113. Ghozali M, **Haryono A**. Preparation of cellulose nanoparticles and their composite in poly(vinylchloride) matrix. Proceedings of the International Conference on Innovation in Polymer Science and Technology 2011 (IPST2011). Indonesian Polymer Association (HPI) October 2012.
114. Septevani AA, **Haryono A**. Modification of natural rubber and their potential application as modified binder polymer. International Conference on Innovation in Polymer Sciences and Technology (IPST), 2011; 28 November–1 Desember.

115. Septevani AA, **Haryono A**. Preliminary study of traffic marking formulation using natural rubber grafted modification. International Conference on Basic Science, Malang, Indonesia, February 2011.
116. **Haryono A**, Restu WK, Harmami SB. Preparation of poly(methyl methacrylate) nanoparticle and thier stabilization in emulsion system. International Conference on Innovation Polymer Science and Technology (IPST), Bali 2011; 29 November–1 Desember.
117. **Haryono A**, Harmami SB. Biodegradable composite polymer for medical applications: A review. ICBS 2011 (International Conference on Basic Science), Brawijaya University, Malang, February 2011.
118. Ghozali M, **Haryono A**, Hadijah, Devy YA. Preparation of cellulose nanoparticles and their composite in poly(vinyl chloride) matrix. International Conference on Innovation Polymer Science and Technology (IPST), Bali 2011; 28 November–1 Desember.
119. Triwulandari E, **Haryono A**. Synthesis of isobutyl oleate from palm oil as the plasticizer substitute of DOP on PVC resin. Proceeding of International Conference Polymer Science, 2007: 6–12.
120. **Haryono A**, Astrini N, Mulyani E, Hendrana S, Wuryaningsih SR. Plasticization effect of palm oil derivative ester compound on polyvinylchloride. The 43rd Annual Meeting of Japan Oil Chemist'society, International Section, Osaka, Japan, November 2004.

### Prosiding Nasional

121. Restu WK, Sampora Y, **Haryono A**. Pengaruh komposisi fase air pada preparasi dan karakterisasi nanoemulsi. Prosiding SNK-TI 2013; 4: 118–123.
122. Restu WK, Sampora Y, **Haryono A**. Metode preparasi nanopartikel polimetil metakrilat (PMMA) dan aplikasinya sebagai adjuvan vaksin. Prosiding Seminar Nasional Material 2013.

123. Triwulandari E, Ghozali M, **Haryono A**. Karakteristik binder epoksi sebagai bahan coating dengan variasi jenis dan komposisi hardener. Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia 2013. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan Himpunan Kimia Indonesia (HKI), Juli 2013.
124. **Haryono A**, Triwulandari E, Ghozali M, Sudirman, Pudjiastuti W. Pengembangan material biokomposit PVC untuk kemasan kantong darah. Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia 2013. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan Himpunan Kimia Indonesia (HKI), Juli 2013.
125. Ghozali M, **Haryono A**. Penentuan kondisi optimum pada sintesa isobutil oleat. Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia: Potensi Riset Kimia Terapan dalam Mendukung Pembangunan Iptek Berbasis Inovasi 2011; 110–113.
126. **Haryono A**, Harmami SB. Komposit biopolimer dengan polyvinyl chlorida (PVC) untuk aplikasi lastik biodegradable. Seminar Nasional & Workshop Kimia Terapan Indonesia, Serpong, Mei 2011.
127. Septevani AA, **Haryono A**. Pembuatan mikrokapsul poliurethan untuk menyalut bahan aktif heksametilendiisiosianat (HDI) sebagai agent healing pada pelapis otomotif. Seminar jaringan kerja sama kimia Indonesia, Jogjakarta, 3 November 2011.
128. Restu WK, **Haryono A**, Harmami SB, Meliana Y. Preparasi dan karakterisasi nanopartikel aluminium hidroksida (Al(OH)<sub>3</sub>). Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, 2011.
129. Septevani AA, **Haryono A**, Sondari D, Ghozali M, Yenni AD. Diversifikasi karet alam sebagai biopolymer binder pada formulasi marka jalan. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2011. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta, Desember 2011.
130. Ghozali M, **Haryono A**. Pengaruh jenis dan jumlah katalis pada sintesa gliserol dioleat. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2011. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta Desember 2011.

131. Anah L, Astrini N, **Haryono A**. Pengaruh crosslinker N.N-Methylene Bis(acrylamide) pada sintesa hidrogel carboxymethyl cellulose-g-poly(acrylic acid) sebagai soil conditioner untuk pertanian. Prosiding Seminar Nasional ke 45, Seminar Nasional XIX, Kimia dalam Industri dan Lingkungan. Jogjakarta, 11 November 2010.
132. Astrini, Anah L, Sondari D, **Haryono A**. Effect of curing temperature on the properties of cellulose based superabsorbent hydrogel. Prosiding Seminar Nasional ke-45. Seminar Nasional XIX, Kimia dalam Industri dan Lingkungan. Jogjakarta, 11 November 2010; 353–356.
133. **Haryono A**, Astrini N, Mulyani E, Hendrana S, Rahayu WS. Thermal properties of palm oil derivative plasticizer on polyvinyl chloride. Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2004; SP34-1–SP34-4.
134. Rahayu WS, Astrini N, Mulyani E, **Haryono A**. Esterification of palm oil derivative compounds as an alternatives for non-toxic plasticizer. Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2004; SP35-1–SP35-3.

### **Paten**

135. Tsuchida E, Yamamoto K, **Haryono A**, Oyaizu K, Natori J. Iron dinuclear complex catalyst for reduction of dioxygen; Japan Patent 10-249208; 1998.
136. Tsuchida E, Yamamoto K, **Haryono A**, Oyaizu K, Yonemaru H. Manganese complex catalyst for reduction of dioxygen; Japan Patent 10-57165; 1998.
137. **Haryono A**, Rahayu WS, Widayati NA, Nugroho RH, Triwulandari E. Pembuatan plasticiser alkohol ester dari minyak nabati dan formulasinya dengan resin polivinil klorida. Paten Indonesia No. P00200600528. 2006.

138. **Haryono A**, Sendari D, Mansur D. Proses sintesis polisakarida kationik larut air yang memiliki rantai samping gugus ammonium kuartiner sebagai surfaktan polimer untuk produk kosmetik. Paten Indonesia No. P00200700607. 2007.
139. Sondari D, **Haryono A**, Dewi RT, Septevani AA, Irawan Y, Ghozali M. Sediaan farmasi dan/atau kosmetik nano-emulsi yang mengandung asiatikosida dari pegagan dan ekstrak jahe sebagai bahan anti selulit. Paten Indonesia No. P00201000639. 2010.
140. Sondari D, **Haryono A**, Triwulandari E, Septevani AA, Sampora Y, Devy YA. Komposisi mikrokapsul agen self healing dari poliuretan berbasis minyak sawit dan proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201000864. 2010.
141. **Haryono A**, Sondari D, Septevani AA, Ghozali M, Devy YA. Proses pembuatan marka jalan berbasis karet alam dan komposisi yang terkandung padanya. Paten Indonesia No. P00201000865. 2010.
142. Sondari D, **Haryono A**, Septevani AA, Irawan Y, Ghozali M, Minarti. Mikrokapsul sediaan farmasi dan/atau kosmetik untuk anti selulit yang mengandung asiatikosida dan ekstrak jahe untuk penggunaan oral. Paten Indonesia No. P0020110027012. 2011.
143. **Haryono A**, Kardono LBS, Restu WK, Harmami SB, Sampora Y, Hadidjah. Komposisi adjuvan vaksin kombinasi dari nanopartikel polimetil metakrilat (PMMA) dalam nanoemulsi serta proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201201244. 2012.
144. Triwulandari E, **Haryono A**, Ghozali M, Savitri, Devy YA, Hadidjah. Hybrid coating berbasis epoksi termodifikasi poliuretan dan/atau polisiloksan sebagai bahan anti korosi pada logam serta metode pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201304757. 2013.
145. Mansur D, **Haryono A**, Meliana Y, Harmami SB, Fahmiati S, Sampora Y. Polimer biosida sebagai antifouling dan proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201407034. 2014.

146. Meliana Y, Sondari D, **Haryono A**, Ghozali M, Agustian E, Harmami SB, Restu WK, Adityarini, Sampora Y, Devy YA. Krim antiselulit berbasis herbal dan proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201501180. 2015.
147. **Haryono A**, Ghozali M, Meliana Y, Triwulandari E, Adilina IB, Septiyanti M, Fahmiati S, Restu WK, Devy YA, Setiawan, Laksmono JA. Pembuatan poli asam laktat menggunakan katalis timah berpenyangga mineral liat. Paten Indonesia No. P00201506801. 2015.
148. Meliana Y, **Haryono A**, Triwulandari E, Ghozali M, Fahmiati S. Polimer biosida dengan zat aktif Cu dan metode pembuatannya; Paten Indonesia No. P00201507469. 2015.
149. Meliana Y, Sondari D, Restu WK, **Haryono A**, Ghozali M, Triwulandari E, Laksmono JA, Devy YA, Harmami SB. Produk nanoenkapsulasi sediaan oral dari kombinasi ekstrak pagagan dan ekstrak jahe serta proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201507472. 2015.
150. Triwulandari E, **Haryono A**, Ghozali M, Meliana Y, Fahmiati S, Devy YA, Nuraini L. Proses pembuatan hybrid coating berbasis resin epoksi termodifikasi poliuretan dan polisiloksan. Paten Indonesia No. P00201604225. 2016.
151. Laksmono JA, **Haryono A**, Meliana Y, Widjaya RR, Ajie FT, Ramdani D, Hadidjah. Adsorben komposit untuk pemurnian etanol dan proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201606543. 2016
152. Irawan Y, Adilina IB, **Haryono A**, Ghozali M, Savitri, Juliana I. Surfaktan nonionik berbasis asam oleat dan polietilen glikol serta metode pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201608791. 2016.
153. Anah L, Widayati NA, **Haryono A**. Metoda pembuatan hidrogel komposit berbasis polisakarida dan produk yang dihasilkannya. Paten Indonesia No. P00201608781. 2016.

154. Meliana Y, Septiyanti M, **Haryono A**, Triwulandari E, Ghozali M, Sampora Y, Devy YA, Irawan Y, Septevani AA, Laksmono JA, Fahmiati S, Sondari D. Sediaan topikal nanoemulsi kombinasi ekstrak pegagan, ekstrak kulit manggis, ekstrak timun dan ekstrak tomat untuk mengatasi kerut kulit dan proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201700686. 2017.
155. Irawan Y, Adilina IB, **Haryono A**, Juliana I, Ghozali M, Savitri, Meliana Y, Triwulandari E, Fahmiati S, Septiyanti M, Septevani AA. Proses pembuatan surfaktan anionik dengan prekursor polietilen glikol oleat dan metil ester serta produk yang dihasilkan dari proses tersebut. Paten Indonesia No. P00201701285. 2017.
156. Ghozali M, **Haryono A**, Setiawan AH, Meliana Y, Triwulandari E, Septiyanti M, Fahmiati S, Septevani AA, Irawan Y. Proses pembuatan monomer uretan non-isosianat dari minyak jarak pagar dan produk yang dihasilkan dari proses tersebut. Paten Indonesia No. P00201702046. 2017.
157. Ghozali M, **Haryono A**, Setiawan AH, Meliana Y, Triwulandari E, Septiyanti M, Fahmiati S, Septevani AA, Irawan Y, Juliana I. Proses pembuatan poliester polioliol berbasis asam oleat dan produk yang dihasilkannya. Paten Indonesia No. P00201703488. 2017.
158. Meliana Y, **Haryono A**, Ghozali M, Triwulandari E, Septiyanti M, Fahmiati S, Septevani AA, Irawan Y, Wahyuni S, Lestari R, Rinaldi N. Sediaan topikal nanoemulsi ekstrak alpukat. Paten Indonesia No. P00201705059; 2017.
159. Athaillah ZA, **Haryono A**, Devi AF, Dewijanti ID, Muzdalifah D, Pudjiraharti S, Eviana I, Endah ES, Kosasih W. Puding pracampur yang mengandung dyfructose anhydride III dan bahan herbal. Paten Indonesia No. S00201707646. 2017.
160. Septevani AA, Sudirman, Sampora Y, Burhani D, Sudiyarman-to, Septiyanti M, Devy YA, Sondari D, Triwulandari E, Ghozali M, Meliana Y, **Haryono A**. Nanoselulosa dari limbah biomassa tandan kosong kelapa sawit dan proses pembuatannya. Paten Indonesia No. P00201806646. 2018.



161. Laksmono JA, Widiyarti G, **Haryono A**, Sondari D, Hadidjah, Ramdani D, Jaya S. Alat ekstraksi mekanik getah tanaman herbal. Paten Indonesia No. P00201806633. 2018.
162. Laksmono JA, **Haryono A**, Hadidjah, Ramdani D, Widyarto A, Suhandi A, Jawahir. Formulasi sabun cair menggunakan teknologi nano medisinal yang memiliki sifat antibakteri. Paten Indonesia No. P00201807707. 2018.
163. Susilowati A, Aspiyanto, Maryati Y, Melanie H, Lotulung PDN, Artanti N, **Haryono A**, Ghozali M, Fahmiati S, Nugraha T, Purnama I, Sari, Pratiwi R. Proses pembuatan nano float berbahan dasar sayuran terfermentasi dan produk yang dihasilkannya; Paten Indonesia No. P00201807906. 2018.
164. Ghozali M, Triwulandari E, Meliana Y, Fahmiati S, **Haryono A**, Septiyanti M, Septevani AA, Sondari D, Sampora Y. Proses pembuatan monouretan non-isosianat dari asam oleat teroksidasi dan produk yang dihasilkannya. Paten Indonesia No. P00201810003. 2018.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### A. Data Pribadi

Nama : Dr. Eng. Agus Haryono  
Tempat, Tanggal Lahir : Pamekasan, 21 Februari 1969  
Anak ke : 5 dari 7 Bersaudara  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Nama Ayah Kandung : Drs. H. Atlan, M.M. (Alm.)  
Nama Ibu Kandung : Subaidah  
Nama Istri : Siti Kumala, S.K.M., M.K.M.  
Jumlah Anak : 6 orang  
Nama Anak : 1. Alif Iqbal Dhiaulhaq  
2. Muhammad Ilham Abdurrauf  
3. Faruq Miftahus Shiddiq  
4. Afifah Nisrina Mahdiyah  
5. Kamila Noor Syahidah  
6. Ahmad Uzaim Abdurrosyid  
Nama Instansi : Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)  
Judul Orasi : Modifikasi Struktur Makromolekul untuk Optimalisasi Sifat Mekanik dan Thermal pada Kemasan Ramah Lingkungan Berbasis *Bioplasticizer* Turunan Kelapa Sawit  
Bidang Keahlian : Kimia Makromolekul  
No. SK Pangkat IV/c : 00048/KEP/AA/15001/17  
No. SK Peneliti Ahli Utama : 83/M TAHUN 2017

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah/PT	Kota dan Negara	Tahun Lulus
1.	SD	SD Negeri Ngantru IV	Trenggalek/ Indonesia	1982
2.	SMP	SMP Negeri 1	Lumajang/ Indonesia	1985
3.	SMA	SMA Negeri 2	Lumajang/ Indonesia	1988
4.	S1	Waseda University	Tokyo/ Jepang	1994
5.	S2	Waseda University	Tokyo/ Jepang	1996
6.	S3	Waseda University	Tokyo/ Jepang	1999

## C. Pendidikan Nonformal

No.	Nama Pendidikan	Lamanya	Tahun	Tempat
1.	Pendidikan Bahasa Jepang, Tokyo Nihongo Gakuin	6 bulan	1988–1989	Jakarta, Indonesia
2.	Pendidikan Bahasa Jepang, Takushoku University	1 tahun	1989–1990	Tokyo, Jepang
3.	Postdoctoral di National Agency for Industrial Science and Technology	3 tahun	1999–2002	Tsukuba, Jepang
4.	Postdoctoral di Vienna University of Technology	1 tahun	2005–2006	Vienna, Austria
5.	Pendidikan dan Pelatihan Kepemimpinan Tingkat IV	3 bulan	2003	Ciawi, Indonesia
6.	Pendidikan dan Pelatihan Kepemimpinan Tingkat III	3 bulan	2004	Ciawi, Indonesia

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Pendidikan	Lamanya	Tahun	Tempat
7.	Pendidikan dan Pelatihan Kepemimpinan Tingkat II	4 bulan	2017	Jakarta, Indonesia
8.	Pendidikan dan Pelatihan Fungsional Peneliti Tingkat Pertama	2 bulan	2008	Depok, Indonesia
9.	Pendidikan dan Pelatihan Fungsional Peneliti Tingkat Lanjut	2 minggu	2012	Cibinong, Indonesia
10.	Pendidikan dan Pelatihan Kepemimpinan Tingkat I	6 bulan	2019	Jakarta Indonesia

#### D. Jabatan Struktural

No.	Jabatan	Instansi	Tahun
1.	Kasubbid Pengembangan Kerja Sama dan Jasa Pusat Penelitian Kimia	LIPI	2008–2010
2.	Kabid Jasa Iptek Pusat Penelitian Kimia	LIPI	2010–2014
3.	Kabid Pengelolaan dan Diseminasi Hasil Penelitian (PDHP) Pusat Penelitian Kimia	LIPI	2014–2015
4.	Kepala Pusat Penelitian Kimia	LIPI	2015–2019
5.	Deputi Bidang Ilmu Pengetahuan Teknik	LIPI	2019–2021
6.	Plt. Kepala Organisasi Riset Ilmu Pengetahuan Teknik	BRIN	2021–sekarang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

### E. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	Peneliti Ahli Muda	03-08-2009
2.	Peneliti Ahli Madya	28-03-2013
3.	Peneliti Ahli Utama	22-06-2017

### F. Penugasan Khusus Nasional/Internasional

No.	Jabatan	Pemberi Tugas	Tahun
1.	Anggota Komisi Pestisida Republik Indonesia	Kepala LIPI	2008– sekarang
2.	Representative Member Asia Pacific Region for Persistent Organic Pollutants Review Committee (POPRC) UNEP	Dirjen PLSB KLHK	2012–sekarang

### G. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
1.	Malaysia Technical Cooperation Programme: Aspiring Leaders of Research Tech Organization Programme	Delegasi	Malaysia	2010
2.	Training Course on Foresight	Delegasi	Comstech, Islamabad, Pakistan	2009
3.	Bantuan Tenaga ahli Balitbang Industri Kemenperin	Tenaga Ahli	Jakarta, Indonesia	2009

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
4.	The 7 <sup>th</sup> meeting of the Persistent Organic Pol-lutants Review Committee	Scientific Expert	Jenewa, Swiss	2011
5.	The 8 <sup>th</sup> meeting of the Persistent Organic Pol-lutants Review Committee	Scientific Expert	Jenewa, Swiss	2012
6.	The 9 <sup>th</sup> meeting of the Persistent Organic Pol-lutants Review Committee	Scientific Expert	Roma, Italia	2013
7.	The 10 <sup>th</sup> meeting of the Persistent Organic Pol-lutants Review Committee	Scientific Expert	Roma, Italia	2014
8.	The 11 <sup>th</sup> meeting of the Persistent Organic Pol-lutants Review Committee	Scientific Expert	Roma, Italia	2015
9.	The 12 <sup>th</sup> meeting of the Persistent Organic Pol-lutants Review Committee	Scientific Expert	Roma, Italia	2016

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
10.	The 13 <sup>th</sup> meeting of the Persistent Organic Pollutants Review Committee	Scientific Expert	Roma, Italia	2017
11.	The 14 <sup>th</sup> meeting of the Persistent Organic Pollutants Review Committee	Scientific Expert	Roma, Italia	2018

#### H. Keterlibatan dalam Pengelolaan Jurnal Ilmiah

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
1.	Jurnal Kimia Terapan Indonesia	Pusat Penelitian Kimia LIPI	Penanggung Jawab	2014–2018
2.	Jurnal Sains dan Materi Indonesia	BATAN	Editor	2012–2015
3.	Majalah Polimer Indonesia	Perhimpunan Polimer Indonesia	Editor	2006–2014
4.	Jurnal Kimia dan Kemasan	Balai Besar Kimia dan Kemasan	Mitra Bestari	2015–sekarang
5.	Jurnal Bahan dan Barang Teknik	Balai Besar Bahan dan Barang Teknik	Mitra Bestari	2014–2016

Buku ini tidak diperjualbelikan.

## I. Karya Tulis Ilmiah

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	-
2.	Bersama Penulis Lainnya	164
	Total	164

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	57
2.	Bahasa Inggris	105
3.	Bahasa Lainnya	2
	Total	164

## J. Pembinaan Kader Ilmiah

### Mahasiswa

No.	Nama	Universitas	Peran/Tugas	Tahun
1.	Vivi Purwandari	USU	Co-Promotor	2016–2019
2.	Joddy Arya Laksmono	UI	Co-Promotor	2016– sekarang
3.	Yulianti Sampora	UI	Pembimbing	2017–2018
4.	Yan Irawan	UI	Pembimbing	2015–2016
5.	Muhammad Ghozali	UI	Pembimbing	2011–2012
6.	Evi Triwulandari	UI	Pembimbing	2009–2010
7.	Dewi Sondari	IPB	Pembimbing	2007–2008

## K. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Ketua Umum	Perhimpunan Polimer Indonesia (HPI)	2014–2017
2.	Ketua Dewan Penasehat	Perhimpunan Polimer Indonesia (HPI)	2017–sekarang



No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
3.	Ketua Bidang Kerjasama Internasional	Himpunan Kimia Indonesia (HKI)	2009–2012
4.	Ketua I	Masyarakat Nano Indonesia (MNI)	2005–2012

#### L. Tanda Penghargaan

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Satyalancana Karya Satya X Tahun	Presiden RI	2004
2.	Satyalancana Karya Satya XX Tahun	Presiden RI	2012
3.	Satyalancana Pembangunan	Presiden RI	2018
4.	Mizuno Award	<i>Waseda University, Jepang</i>	1999
5.	Koukenkai Award	<i>Waseda University, Japan</i>	1999
6.	Outstanding Research Award	Institute for Science and Technology Studies Japan	2001
7.	Peneliti Muda Terbaik Bidang Teknik Rekayasa	LIPI	2003
8.	Peneliti Terbaik	Pusat Penelitian Kimia LIPI	2007
9.	Asian Excellence Award	Society of Polymer Science Japan	2008
10.	Ikon Prestasi Pancasila	Badan Pembinaan Ideologi Pancasila	2021

Buku ini tidak diperjualbelikan.



**BRIN**  
BANGSA BERKECAKAPAN  
DAN INOVASI NASIONAL

Diterbitkan oleh:

**Penerbit BRIN**

**Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah**

Gedung BJ Habibie, Jl. M.H. Thamrin No.8,

Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,

Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340

Whatsapp: 0811-8612-369

*E-mail:* penerbit@brin.go.id

*Website:* lipipress.lipi.go.id

DOI: 10.14203/press.495



ISBN 978-602-496-310-1



9 786024 963101

Buku ini tidak diperjualbelikan.