

Book
Chapter
Kimia Jilid 1



Book Chapter Kimia Jilid 1

Editor

Dr. Widya Hary Cahyati,, S. KM., M. Kes.

Penyunting

Prof. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S. T., M. T.

Desain Sampul dan Tata Letak

Yoris Adi Maretta, S. Pd., M. Pd.

IT

Muhammad Kurniawan, S. Pd., M. Pd.

Penerbit LPPM Universitas Negeri Semarang

Gedung Prof. Dr. Retno Sriningsih Satmoko, Penelitian dan

Pengabdian Masyarakat, Kampus Sekaran, Gunungpati,

Semarang 50229 WA 085158837598 |

Email sentraki@mail.unnes.ac.id

Cetakan Pertama, 2022

ISSN 2829-3878

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

PRAKATA

Dalam rangka pelaksanaan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi, maka kegiatan menulis buku merupakan salah satu indikator penting, terutama dalam bidang penelitian. Penulisan buku juga merupakan salah satu wujud penyebarluasan informasi kepada masyarakat di lingkungan akademik, maupun di masyarakat luas. Untuk itu, kami sebagai bagian dari komunitas akademik menghadirkan *bookchapter* sebagai wujud pelaksanaan dari Tri Dharma Perguruan Tinggi.

“*Bookchapter* Inovasi Kimia” ini terdiri dari sembilan bab, yang masing-masing ditulis oleh kelompok peneliti yang mempunyai latar belakang keilmuan di bidang kimia. Dalam bab 1, menjelaskan tentang penggunaan limbah cangkang udang sebagai bahan dasar pembuatan kitin dan kitosan sebagai upaya untuk meningkatkan nilai ekonomi cangkang udang. Kitin dan kitosan dari cangkang udang berhasil disintesis dan memiliki karakteristik sesuai dengan Protan Laboratories dan SNI 7949:2013. Hasil karakterisasi kitin meliputi kadar air sebesar 1,92%, kadar abu 2,06% serta nilai derajat deasetilasi sebesar 51,55%. Hasil karakterisasi kitosan meliputi kadar air sebesar 1,92%, kadar abu 2,06% serta nilai derajat deasetilasi sebesar 71,20%.

Dalam bab 2 membahas tentang kajian untuk mengetahui pengaruh durasi pencampuran terhadap sifat mekanik pada material *crucible* yang dihasilkan. Spesimen *crucible* dibuat dengan mencampurkan semen tahan api, limbah *evaporation boats*, dan kaolin dengan komposisi tertentu. Proses pencampuran bahan dilakukan selama 30, 60 dan 90 menit dengan penambahan air sebanyak 15% dari total berat material. Spesimen dengan durasi *mixing* yang paling lama (90 menit) memiliki kekerasan yang paling tinggi dikarenakan campuran bahan yang dihasilkan lebih homogen dibandingkan spesimen yang lain.

Di bab 3 dibahas tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan dalam bentuk sistem pembangkit *hybrid*. Sistem interaktif grid yang memanfaatkan *photovoltaic array* dan *diesel generator* sebagai sumber energi dapat diaplikasikan di Indonesia dimana saat ini masih mengandalkan sumber energi fosil. Tegangan keluaran dari *photovoltaic (PV)* diubah dari DC menjadi AC dengan menggunakan inverter. Ketika *photovoltaic (PV)* belum bisa menyuplai beban sepenuhnya maka jaringan listrik PLN dan *diesel generator* masuk untuk membantu menyuplai beban.

Bab 4 pada *bookchapter* ini membahas tentang biomassa sebagai salah satu sumber energi terbarukan sangat potensial untuk dieksplorasi dan dikonversi menjadi bahan bakar cair melalui proses pirolisis menjadi *bio-oil*. Beberapa proses *upgrading bio-oil* seperti pembentukan emulsi dan penambahan pelarut, *hydrocracking*, *hydrotreatment*, *steam reforming*, dan reaksi dalam *supercritical fluids* telah diteliti dan dikembangkan. Esterifikasi merupakan salah satu teknik *upgrading bio-oil* yang sederhana, murah dan cukup efektif untuk meningkatkan kualitas *bio-oil*.

Dalam bab 5 menjelaskan tentang tanaman krokot (*Portulaca oleracea L.*), yang merupakan tanaman lokal yang berpotensi tinggi sebagai sumber asam lemak omega-3. Isolasi asam lemak omega-3 dari daun krokot telah dilakukan dengan menggunakan teknik maserasi. Kandungan omega-3 pada simplisia daun krokot sejumlah 1,6 g/100 g simplisia dan kandungan omega-3 pada daun krokot segar sebesar 0,12%. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman krokot memiliki potensi yang besar sebagai bahan pangan lokal sumber omega-3. Untuk memberikan perlindungan pada senyawa omega-3, dilakukan proses enkapsulasi ekstrak daun krokot dengan metode *plate drying* menggunakan penyalut maltodekstrin.

Pada bab 6 menjabarkan tentang potensi keanekaragaman jenis tumbuhan yang banyak dimanfaatkan masyarakat. Tumbuhan yang ditemukan kemudian didokumentasi, dicatat, dilabel, diidentifikasi, dan diambil titik koordinatnya. Hasil analisis kekayaan jenis tanaman berpotensi atsiri menunjukkan total

tercatat sebanyak 41 jenis teridentifikasi (304 individu) yang termasuk dalam 24 famili dan 17 ordo) di Desa Ngesrepbalong.

Bab 7 membahas tentang film tipis ZnO doping Al (ZnO:Al) dideposisi pada substrat *corning glass* menggunakan metode *DC magnetron sputtering*. Proses deposisi film tipis ZnO:Al menggunakan variasi daya plasma yaitu 33, 43, dan 50 watt. Karakterisasi sifat optik film tipis ZnO:Al menggunakan *Photoluminescence* spektroskopi. Daya plasma yang berbeda dapat mempengaruhi energi ion dan momentum tumbukannya. Perbedaan daya plasma tersebut memiliki efek terhadap kualitas film tipis yang dihasilkan, dimana peningkatan daya plasma menyebabkan kualitas film tipis yang dihasilkan semakin baik.

Dalam bab 8 menjelaskan tentang *crucible*, yang terbuat dari bahan keramik atau logam yang digunakan untuk meleburkan logam atau bahan lainnya pada suhu yang sangat tinggi sebelum dituangkan pada suatu cetakan. *Crucible* dibuat dengan mencampurkan semen tahan api, limbah *evaporation boats*, pasir silika, grafit dan kaolin dengan komposisi tertentu. Proses karakterisasi menggunakan pengujian *impact* sesuai dengan ASTM D256 dan pengujian makrografi. Hasil pengujian makrografi pada semua spesimen menunjukkan patahan *brittle* yang ditandai dengan patahan datar.

Di bab 9 menjabarkan tentang peningkatan kesadaran akan kesehatan dan lingkungan, produksi pewarna alami sebagai pewarna yang direkomendasikan. Zat pewarna alami dapat diperoleh dari tumbuhan maupun hewan. Salah satu tumbuhan yang mengandung zat warna alami adalah limbah kulit ubi ungu. Proses pembuatan pewarna alami dari limbah kulit ubi ungu sangat dipengaruhi dari jenis pelarut yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang maksimal ditinjau dari kandungan antioksidan, kadar air dan derajat warna.

Penulis menyadari *bookchapter* ini masih belum sempurna, sehingga penulis menerima saran yang membangun. Semoga *bookchapter* ini bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, Februari 2022

Tim Editor

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN IDENTITAS BUKU.....	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I. PEMBUATAN KITIN DAN KITOSAN DARI LIMBAH CANGKANG UDANG SEBAGAI UPAYA MEMANFAATKAN LIMBAH MENJADI MATERIAL MAJU	1
Abstrak	1
PENDAHULUAN	2
MATERIAL MAJU.....	3
KITIN	7
KITOSAN	10
KARAKTERISASI KITIN DAN KITOSAN	18
SIMPULAN.....	35
UCAPAN TERIMA KASIH.....	35
Daftar Pustaka.....	35
BAB II. PENGARUH DURASI PENCAMPURAN TERHADAP <i>MECHANICAL PROPERTIES</i> <i>CRUCIBLE</i> PELEBURAN ALUMINIUM.....	39
Abstrak	39
PENDAHULUAN	40
<i>MIXING</i> (PENCAMPURAN)	43
PEMBUATAN DAN PENGUJIAN MATERIAL <i>CRUCIBLE</i>	46
SIMPULAN.....	60
Daftar Pustaka.....	61

BAB III. PEMODELAN SISTEM PEMBANGKIT <i>HYBRID</i> DIESEL GENERATOR-PV <i>MICROGRID</i> <i>INTERAKTIF</i>	65
Abstrak	65
PENDAHULUAN	66
PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN	67
ENERGI SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF ..	68
SISTEM PEMBANGKIT <i>HYBRID</i> DIESEL GENERATOR-PV <i>MICROGRID INTERAKTIF</i>	76
DESAIN SIMULASI SISTEM PEMBANGKIT <i>HYBRID</i>	81
SIMPULAN.....	84
UCAPAN TERIMA KASIH.....	84
Daftar Pustaka.....	84
BAB IV. ZEOLIT ALAM INDONESIA SEBAGAI KANDIDAT KATALIS ASAM PADAT YANG UNGGUL UNTUK PROSES <i>UPGRADING BIO-OIL</i> MELALUI TEKNIK ESTERIFIKASI	88
Abstrak	88
PENDAHULUAN	89
<i>BIO-OIL</i> : KEUNGGULAN DAN TANTANGAN	91
<i>UPGRADING BIO-OIL</i>	93
TEKNIK ESTERIFIKASI SEBAGAI TEKNIK <i>UPGRADING BIO- OIL</i> YANG EFEKTIF DAN SEDERHANA.....	99
KATALIS DALAM PROSES ESTERIFIKASI <i>BIO-OIL</i>	102
ZEOLIT ALAM INDONESIA SEBAGAI MATERIAL KATALIS UNGGUL UNTUK ESTERIFIKASI <i>BIO-OIL</i>	106
SIMPULAN.....	111
UCAPAN TERIMA KASIH.....	112
Daftar Pustaka.....	112
BAB V. EKSTRAKSI ASAM LEMAK OMEGA-3 DARI DAUN KROKOT (<i>Portulaca oleracea L.</i>) DENGAN PELARUT ALKOHOL <i>FOODGRADE</i> DAN ENKAPSULASI MENGGUNAKAN METODE <i>PLATE-DRYING</i>	119
Abstrak	119

PENDAHULUAN	120
METODE.....	124
HASIL DAN PEMBAHASAN	127
SIMPULAN.....	137
Daftar Pustaka.....	138
BAB VI. KEKAYAAN JENIS TANAMAN BERPOTENSI	
ATSIRI DI DESA NGESREPBALONG,	
KABUPATEN KENDAL.....	140
Abstrak	140
PENDAHULUAN	141
DESA NGESREPBALONG	142
TANAMAN ATSIRI.....	145
KEKAYAN JENIS TANAMAN BERPOTENSI ATSIRI DI DESA	
NGESREPBALONG	147
SIMPULAN.....	155
UCAPAN TERIMA KASIH	156
Daftar Pustaka.....	156
BAB VII. EFEK DAYA PLASMA TERHADAP SIFAT	
FOTOLUMINESEN FILM TIPIS ZnO DOPING Al	
.....	160
Abstrak	160
PENDAHULUAN	160
ZINC OXIDE (ZnO).....	163
ALUMUNIUM (Al)	164
STRUKTUR ZnO:Al	165
FILM TIPIS	167
SEL SURYA	172
DC MAGNETRON SPUTTERING	174
PEMBUATAN FILM TIPIS ZnO:Al	178
KARAKTERISASI DAN ANALISIS FILM TIPIS ZnO:Al	180
SIMPULAN.....	188
UCAPAN TERIMA KASIH	189
Daftar Pustaka.....	189

BAB VIII. PENGARUH KOMPOSISI BAHAN TERHADAP MECHANICAL PROPERTIES PADA CRUCIBLE UNTUK PELEBURAN ALUMINIUM	197
Abstrak	197
PENDAHULUAN	198
KOWI/CRUCIBLE.....	201
PENGARUH KOMPOSISI BAHAN TERHADAP KUALITAS CRUCIBLE.....	210
SIMPULAN.....	218
UCAPAN TERIMA KASIH	219
Daftar Pustaka.....	219
BAB IX. OPTIMALISASI JENIS PELARUT PADA PERWARNA KULIT UBI UNGU	222
Abstrak	222
PENDAHULUAN	223
PEWARNA MAKANAN.....	224
KULIT UBI UNGU	228
METODE EKSTRAKSI.....	229
PEWARNA KULIT UBI UNGU	235
SIMPULAN.....	248
UCAPAN TERIMA KASIH	248
Daftar Pustaka.....	249

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Karakteristik Kitin dan Kitosan	21
Tabel 1.2. Hasil Uji Spektra Kitin dan Kitosan	27
Tabel 1.3. Beberapa Indikator Titrasi Asam Basa	32
Tabel 1.4. Volume NaOH yang Dibutuhkan Untuk Menetralkan HCl 0,1M	34
Tabel 4.1. Sifat dan Karakteristik <i>Bio-oil</i> Hasil Pirolisis Biomassa Dibandingkan Dengan Bahan Bakar Komersial (Oasmaa <i>et al.</i> (2012)).....	92
Tabel 5.1. Komposisi Asam Lemak dari Filtrat Hasil Ekstraksi ..	131
Tabel 6.1. Kekayaan Jenis Tanaman Berpotensi Atsiri di Desa Ngesrepbalong	147
Tabel 6.2. Jenis Tanaman Berpotensi Atsiri	148
Tabel 7.1. Spektrum Emisi Berdasarkan Dekonvolusi (Das & Mondal, 2014)	162
Tabel 7.2. Karakteristik Senyawa ZnO.....	163
Tabel 7.3. FWHM dari Film Tipis ZnO:Al dengan Variasi Daya Plasma	182
Tabel 8.1. Sifat Fisik dan Mekanik pada <i>Evaporation Boats</i>	200
Tabel 8.2. Komposisi Bahan Dalam Pembuatan <i>Crucible</i>	206
Tabel 9.1. Bahan Pewarna yang Diizinkan di Indonesia.....	224
Tabel 9.2. Total Fenol, Antosianin, Antioksidan Ubi Jalar Ungu	228
Tabel 9.2. Konstanta Dielektrikum Pelarut Organik	234
Tabel 9.3. Kandungan Kadar Air Simplisia Kulit Ubi Ungu	242
Tabel 9.4. Kandungan Antioksidan Simplisia Kulit Ubi Ungu	243
Tabel 9.5. Ruang Warna Simplisia Kulit Ubi Ungu.....	243
Tabel 9.6. Kandungan Pewarna Kulit Ubi Ungu.....	246
Tabel 9.7. Kandungan Antioksidan Pewarna Kulit Ubi Ungu	247
Tabel 9.8. Ruang Warna Pewarna Kulit Ubi Ungu	247

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Struktur Kitin	10
Gambar 1.2. Struktur Kitosan	10
Gambar 1.3. Cangkang Udang Halus Ukuran 50 Mesh	12
Gambar 1.4. Tahap Penambahan Larutan HCl Menghasilkan Buih yang Cukup Banyak	14
Gambar 1.5. Keadaan Larutan selama Proses Deproteinasi	15
Gambar 1.6. Proses Deasetilasi	17
Gambar 1.7. Spektrum Infra Merah Kitin	25
Gambar 1.8. Spektrum Infra Merah Kitosan	26
Gambar 1.9. Penentuan DD Kitin Menggunakan Metode <i>Base Line</i>	28
Gambar 1.10. Penentuan DD Kitosan Menggunakan Metode <i>Base Line</i>	29
Gambar 2.1. Penggunaan <i>Crucible</i> untuk Peleburan Logam	40
Gambar 2.2. <i>Fracture</i> pada <i>Crucible</i> karena <i>Melt Wetting</i> pada <i>Crucible</i> Berbahan (a) <i>Glassy Carbon</i> dan (b) <i>Zirconia</i> (Ilias, 2018)	41
Gambar 2.3. <i>Fracture</i> pada <i>Crucible</i> Selama Proses <i>Cooling</i> (<i>Thermal Shock Resistance</i> yang Rendah) (Ilias, 2018)	41
Gambar 2.4. <i>Fracture</i> pada <i>Crucible</i> karena Bereaksi dengan Logam yang Dileburkan (Ilias, 2018).	42
Gambar 2.5. Crack yang Terjadi pada <i>Crucible</i> (Hendawi et al., 2020)	43
Gambar 2.6. Ilustrasi <i>Random Mixing</i>	44
Gambar 2.7. Ilustrasi <i>Orderd Mixing</i>	45
Gambar 2.8. Mesin <i>Mixer</i>	45
Gambar 2.9. Limbah <i>Evaporation Boats</i>	46
Gambar 2.10. Mesin <i>Crusher</i> untuk Limbah <i>Evaporation Boats</i> ...	47
Gambar 2.11. Mesh 80	47
Gambar 2.12. Serbuk Limbah <i>Evaporation Boats</i>	48

Gambar 2.13. Hasil Uji XRD pada Limbah <i>Evaporation Boats</i> (Fajri <i>et al.</i> , 2021).....	48
Gambar 2.14. Mesin <i>Mixer</i>	49
Gambar 2.15. Dimensi Spesimen <i>Crucible</i>	50
Gambar 2.16. Spesimen <i>Crucible</i> setelah Proses Kompaksi	50
Gambar 2.17. Foto produk <i>crucible</i> dengan beda durasi pencampuran setelah proses sintering	51
Gambar 2.18. Proses Pengujian (a) Kekerasan dan (b) Struktur Makro.....	51
Gambar 2.19. Pengaruh Durasi <i>Mixing</i> terhadap Kekerasan Spesimen <i>Crucible</i>	52
Gambar 2.20. Pengaruh Durasi <i>Mixing</i> terhadap Torsi (Arifin & Sulong, 2017).....	53
Gambar 2.21. Ilustrasi pada Proses (a) <i>Mixing</i> dan Kompaksi (b) Sintering (Singh <i>et al.</i> , 2019)	54
Gambar 2.22. Pengaruh Suhu Sintering terhadap <i>Bulk Density</i> yang Dihasilkan pada Setiap Variasi Durasi <i>Mixing</i> (Aripin <i>et</i> <i>al.</i> , 2014).....	55
Gambar 2.23. Pengaruh Suhu Sintering terhadap Kekerasan yang Dihasilkan pada Setiap Variasi Durasi <i>Mixing</i> (Aripin <i>et</i> <i>al.</i> , 2014).....	56
Gambar 2.24. Hubungan <i>Impact Energy</i> dan Kekerasan (Wang <i>et</i> <i>al.</i> , 2004).....	57
Gambar 2.25. Hubungan <i>Compressive Strength</i> dan Kekerasan (Crucible.com, 2021).....	57
Gambar 2.26. Foto Makro pada Permukaan Spesimen dengan Durasi <i>Mixing</i> 30 Menit	58
Gambar 2.27. Foto Makro pada Permukaan Spesimen dengan Durasi <i>Mixing</i> 60 Menit	59
Gambar 2.28. Foto Makro pada Permukaan Spesimen dengan Durasi <i>Mixing</i> 90 Menit	60
Gambar 3.1. Susunan Panel Surya Secara (a) Seri dan (b) Paralel .	70

Gambar 3.2. Struktur Penyusun Panel Surya	71
Gambar 3.3. Jenis-jenis Sel PV	72
Gambar 3.4. Penambahan Elektron di Tipe-N dan Lubang di Tipe-P	74
Gambar 3.5. Pembangkit Hybrid Sistem Seri	77
Gambar 3.6. Pembangkit Hybrid Sistem <i>Switch</i>	78
Gambar 3.7. Pembangkit Hybrid Sistem Paralel.....	78
Gambar 3.8. Skema Sistem Interaktif Grid	80
Gambar 3.9 . Single Line Diagram Pembangkit Hybrid	82
Gambar 3.10. Percobaan Load Flow atau Aliran Daya.....	83
Gambar 4.1. Prediksi Konsumsi Energi Berdasarkan Sumber Energi Dan Sektor Pengguna (https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021).	89
Gambar 4.2. Reaksi yang Terjadi pada Proses Hidrorengkah Fraksi Berat Komponen-komponen <i>Bio-oil</i>	96
Gambar 4.3. Reaksi antara Asam Karboksilat, Aldehyd/Keton, dan Levoglukosan dan Alkohol yang Terjadi Pada Teknik <i>Upgrading Bio-oil</i> Melalui Proses Esterifikasi.....	100
Gambar 4.4. Struktur Satuan dari Zeolit A, Sodalit dan Faujasit (Masoudian <i>et al.</i> , 2013).	107
Gambar 4.5. <i>Building Blocks</i> Tipe Zeolit Beta: Lapisan Dasar Bidang a) [001], b) [010], c) [100] dan d) Struktur Pori Zeolit Beta (Leite <i>et al.</i> , 2009).	108
Gambar 4.6. Struktur (a) Klinoptilolit dan (b) Mordenit	109
Gambar 5.1. Struktur Kimia Asam Lemak Omega-3.....	121
Gambar 5.2. Tumbuhan Krokot Segar yang Baru Dipetik.....	122
Gambar 5.3. Daun Krokot yang sedang Dikeringkan	122
Gambar 5.4. Sample Ekstrak Asam Lemak Omega-3 dari Daun Krokot Sebelum Dipekatkan	128
Gambar 5.5. Filtrat dari Hasil Ekstraksi Daun Krokot dengan Alkohol <i>Foodgrade</i> 96% Sesudah Dipekatkan	129

Gambar 5.6. Massa Filtrat dari Ekstrak Daun Krokot.....	129
Gambar 5.7. Kromatogram GC-MS pada Analisis Filtrat Hasil Ekstraksi Simplisia Daun Krokot.....	132
Gambar 5.8. Kandungan Omega-3 Hasil Ekstraksi dari Beragam Jenis Simplisia dengan Berbagai Jenis Pelarut	133
Gambar 5.9. Perbandingan Kandungan Omega-3 pada Simplisia Daun Krokot dan Simplisia Beragam Spesies Rumput Laut	134
Gambar 5.10. Enkapsulasi dengan Menggunakan Maltrodekstrin sebagai Bahan Penyalut (<i>Wall</i>) untuk Rasio Material Inti : Penyalut (1: 0,5)	136
Gambar 5.11. Enkapsulasi Menggunakan Maltrodekstrin sebagai Material Penyalut (<i>Wall</i>) untuk Rasio Bahan Inti : Penyalut (1:1)	137
Gambar 6.1. Peta Administrasi Desa Ngesrepbalong (Kariada <i>et al.</i> 2020).	143
Gambar 6.2. Bagian Tanaman yang Dimanfaatkan sebagai Atsiri	155
Gambar 7.1. Struktur Kristal ZnO: (a) Struktur Kubus <i>Rocksalt</i> , (b) Struktur <i>Zinc Blende</i> , dan (c) Struktur <i>Wurtzite</i> (Qi., 2014)	164
Gambar 7.2. Struktur Kristal ZnO:Al (Maldonado & Stashans, 2010)	166
Gambar 7.3. (i) <i>Photoluminescence (PL)</i> ZnO dan ZnO:Al yang di <i>Annealing</i> pada Temperatur 550°C (Al Farsi <i>et al.</i> , 2021)	167
Gambar 7.4. Prinsip Spektroskopi PL	169
Gambar 7.5. Spektrum PL Film Tipis ZnO (Mickan, 2017).....	170
Gambar 7.6. Skema <i>Defect</i> pada Film Tipis ZnO:Al Berdasarkan Energi Puncak Emisi PL (Kaur <i>et al.</i> , 2015)	170
Gambar 7.7. PL Film Tipis ZnO:Al dengan Variasi Daya Plasma (Srinatha <i>et al.</i> , 2016)	171

Gambar 7.8. Spektra PL Film Tipis ZnO:Al (Hu <i>et al.</i> , 2017)	172
Gambar 7.9. Struktur Sel Surya Film Tipis (Bagher <i>et al.</i> , 2015)	173
Gambar 7.10. Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik pada Sel Surya (Sidopekso & Febriwiyanti, 2010)	174
Gambar 7.11. Skematik Plasma Argon pada <i>Sputtering</i> (Mickan, 2017)	176
Gambar 7.12. Skematik Alat <i>Homemade</i> DC Magnetic Spetturing (Marwoto, et al., 2010)	177
Gambar 7.13. Skema Reaksi <i>DC Magnetron Sputtering</i> (Hughes, 2016)	178
Gambar 7.14. Hasil Karakterisasi <i>Photoluminiscence</i> Sampel Film Tipis ZnO:Al dengan Variasi Daya Plasma (Astuti <i>et al.</i> , 2019)	181
Gambar 7.15. Spektrum <i>Photoluminescence</i> Kristal Film Tipis ZnO:Al dengan Daya Plasma 33W	183
Gambar 7.16. Skema Proses Rekombinasi Film Tipis ZnO:Al yang Ditumbuhkan Dengan Daya Plasma 33W	185
Gambar 7.17. Spektrum XRD Film Tipis ZnO:Al pada Daya Plasma 26, 28 dan 33W	186
Gambar 8.1. Skema Proses <i>Metalizing Plastic</i> pada <i>Vacuum</i> <i>Chamber</i> (Bayus, 2015)	198
Gambar 8.2. Hasil Uji XRD pada Limbah <i>Evaporation Boats</i>	199
Gambar 8.3. Penggunaan <i>Crucible</i> pada Dapur Induksi	202
Gambar 8.4. Penggunaan <i>Crucible</i> pada <i>Microwave Furnace</i>	203
Gambar 8.5. Limbah <i>Evaporation Boats</i>	204
Gambar 8.6. Mesin <i>Crusher</i>	205
Gambar 8.7. Ayakan <i>Mesh</i> 80	205
Gambar 8.8. Serbuk Limbah <i>Evaporation Boats</i>	206
Gambar 8.9. Mesin <i>Mixer</i> untuk Mencampurkan Bahan Baku	207
Gambar 8.10. Geometri Spesimen Pengujian	207
Gambar 8.11. Spesimen <i>Crucible</i> Setelah Proses Kompaksi	208

Gambar 8.12. Proses <i>Sintering</i> pada Spesimen <i>Crucible</i>	209
Gambar 8.13. Kamera Cannon 600D	209
Gambar 8.14. Proses Uji <i>Impact</i> Menggunakan Alat Mesin <i>Impact Gotech</i>	210
Gambar 8.15. Pengaruh Komposisi Terhadap Kekuatan <i>Impact</i> pada Spesimen <i>Crucible</i>	210
Gambar 8.16. Pengaruh Komposisi Grafit sebagai Aditif Terhadap Kekuatan <i>Impact</i> (Ando, 2018).....	212
Gambar 8.17. Pengaruh Komposisi Kaolin Terhadap Kekuatan <i>Impact</i> (Yang et al., 2017).....	214
Gambar 8.18. Foto Makro dengan Perbesaran 100x pada (a) Spesimen A, (b) Spesimen B, dan (c) Spesimen C.....	216
Gambar 8.19. Foto Makro dengan Perbesaran 100x pada (a) spesimen D, (b) spesimen E, dan (c) spesimen F	217
Gambar 8.20. Foto Permukaan <i>Cleavage</i> pada Material Keramik (Poznyak <i>et al.</i> , 2012).....	217
Gambar 8.21. Skema Terjadinya <i>Transgranular Fracture</i>	217
Gambar 8.22. Foto Permukaan pada <i>Brittle Fracture</i>	218
Gambar 9.1. Skala Ruang Warna L*a*b	244
Gambar 9.2. Maserat Kulit Ubi Ungu	245

BAB V. EKSTRAKSI ASAM LEMAK OMEGA-3 DARI DAUN KROKOT (*Portulaca oleracea L.*) DENGAN PELARUT ALKOHOL *FOODGRADE* DAN ENKAPSULASI MENGGUNAKAN METODE *PLATE-DRYING*

Nurahmad Rifai¹ dan Ratna Dewi Kusumaningtyas^{1*}

¹Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
ratnadewi.kusumaningtyas@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ik.v1i1.64>

Abstrak

Tanaman krokot (*Portulaca oleracea L.*) merupakan tanaman lokal yang berpotensi tinggi sebagai sumber asam lemak omega-3. Isolasi asam lemak omega-3 dari daun krokot telah dilakukan dengan menggunakan teknik maserasi. Maserasi dilakukan terhadap 100 g simplisia daun krokot kering dengan berbagai variasi volume pelarut (1; 1,6; 2 L) dan waktu maserasi 20 dan 30 hari. Massa ekstrak terbanyak (14,82 g) diperoleh dari proses maserasi terhadap 100 g simplisia daun krokot yang dijalankan selama 30 hari dengan volume pelarut sebanyak 2 L. Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa peningkatan volume pelarut dan waktu maserasi meningkatkan rendemen ekstrak daun krokot. Hasil analisis *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* mengidentifikasi adanya 2 senyawa komponen asam lemak omega-3 pada ekstrak daun krokot, yaitu *alpha-linoleic acid* (ALA) dan *eicosapentaenoic acid* (EPA). Kandungan senyawa ALA sebesar 3,89% dan EPA sebesar 6,95%, sehingga total kandungan omega-3 sebesar 10,84%. Berdasarkan perhitungan, diketahui bahwa kandungan omega-3 pada simplisia daun krokot sejumlah 1,6 g/100 g simplisia dan kandungan omega-3 pada daun krokot segar sebesar 0,12%. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman krokot memiliki potensi yang besar sebagai bahan pangan lokal sumber omega-3. Untuk memberikan perlindungan pada senyawa omega-

3, dilakukan proses enkapsulasi ekstrak daun krokot dengan metode *plate drying* menggunakan penyalut maltodekstrin. Hasil observasi visual menunjukkan bahwa rasio bahan inti dengan penyalut 1:1 memberikan hasil kristal yang lebih baik.

Kata kunci: krokot, maserasi, omega-3, enkapsulasi, maltodekstrin

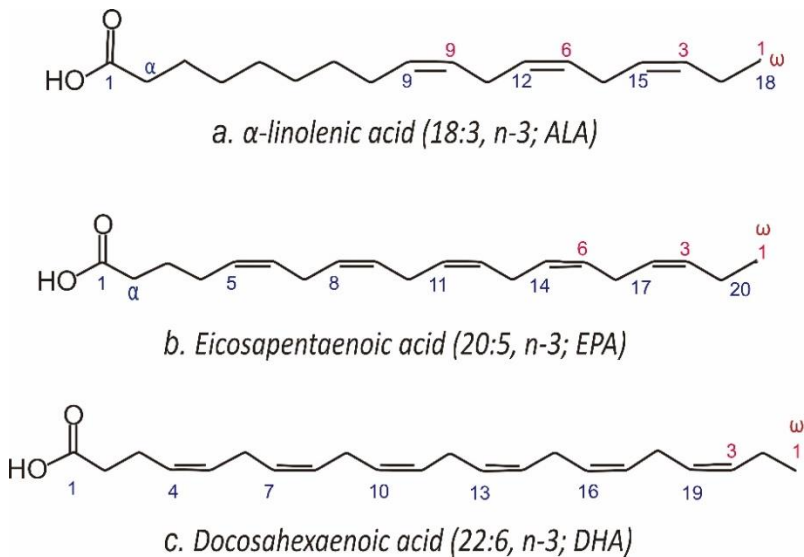
PENDAHULUAN

Asam lemak omega-3 dikenal sebagai asam lemak esensial karena penting untuk kesehatan, namun tidak dapat disintesis oleh tubuh manusia. Asam lemak omega-3 tergolong ke dalam jenis *Polyunsaturated Fatty Acids* (PUFA) yang memberikan berbagai manfaat terhadap tubuh, di antaranya ~~adalah~~ dapat bertindak sebagai anti-inflammatory, anti pembekuan darah, dapat menurunkan kadar trigiliserida darah, menurunkan tekanan darah, menurunkan resiko diabetes, kanker, dan sebagainya (Ji *et al.*, 2015). Omega-3 juga memiliki peran untuk mencegah gangguan syaraf, masalah kardiovaskular, artritis, dan asma. Selain itu, Omega-3 juga terlibat dalam berbagai fungsi fisiologis vital dan merupakan komponen penting dari membrane sel otak (Zhang *et al.*, 2018). Oleh karena itu, asupan omega-3 yang cukup amat penting bagi janin maupun anak usia dini terkait perkembangan kecerdasan. Tubuh manusia tidak memiliki kemampuan untuk membuat sendiri asam lemak omega-3 sehingga senyawa ini harus diperoleh dari makanan atau nutrisi yang dikonsumsi.

Asam lemak adalah rantai karbon dengan gugus metil di salah satu ujung (disebut omega, ω) dan gugus karboksil di ujung lainnya. Atom karbon di sebelah gugus karboksil disebut sebagai karbon α dan atom berikutnya disebut β . Omega-3 merupakan asam lemak tak jenuh ganda atau *polyunsaturated fatty acids* (PUFAs) yang memiliki lebih dari satu ikatan rangkap. Ikatan rangkap pada PUFA dipisahkan satu sama lain oleh gugus metilene. Istilah omega dan angka 3 mengacu pada struktur kimia dari asam lemak tersebut. Ikatan rangkap pertama pada asam lemak omega-3 terletak di antara ujung karbon omega ketiga dan keempat

sebagaimana dilaporkan oleh Gammone *et al.*, (2019) serta Rustan dan Drevon (2005).

Asam lemak omega-3 ini merupakan komponen dari lemak pada nutrisi yang dikonsumsi manusia. Terdapat 3 senyawa asam lemak omega-3 yang paling esensial secara klinis, yaitu asam alfa-linolenat atau *alpha-linoleic acid* (ALA), *eicosapentaenoic acid* (EPA) dan *docosahexaenoic acid* (DHA). ALA merupakan rantai yang terdiri atas 18 C dan memiliki 3 ikatan rangkap. Struktur kimia ALA, EPA, dan DHA disajikan pada Gambar 1:



Gambar 5.1. Struktur Kimia Asam Lemak Omega-3 (ALA, EPA, dan DHA)

Asam lemak ALA dapat diperoleh dari tanaman misalnya minyak nabati. ALA memiliki fungsi untuk mencegah rusaknya membrane sel dalam tubuh dan digunakan untuk pra-pembentukan EPA dan DHA. EPA (rantai dengan 20 carbon dan 5 ikatan rangkap) dan DHA (rantai dengan 22 karbon dengan 6 ikatan rangkap) diperlukan untuk mendapatkan kondisi kesehatan yang optimal pada manusia, terutama pada masa pertumbuhan cepat dan perkembangan, sebagai contoh pada masa kehamilan

dan pada tahun pertama kehidupan. EPA dan DHA umumnya diperoleh dari ikan atau minyak ikan (*Bellows et al., 2015*).

Asam lemak omega-3 dapat diperoleh dari berbagai sumber hewani maupun dari tanaman, terutama sayuran berdaun, kacang-kacangan, dan ikan laut dalam (*Amjad Khan et al., 2017*). Indonesia memiliki banyak tanaman lokal sumber omega-3 yang belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber utama omega-3. Salah satu contohnya adalah tanaman krokot. Ilustrasi tanaman krokot dalam keadaan basah dan kering disajikan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 5.2. Tumbuhan Krokot Segar yang Baru Dipetik



Gambar 5.3. Daun Krokot yang sedang Dikeringkan

Tanaman krokot (*Portulaca oleracea L.*) merupakan sumber ALA yang baik. Hasil penelitian Simopoulos *et al.* (1992) menunjukkan bahwa 100 gram daun krokot segar mengandung 300-400 mg ALA, 12,2 mg α -tokoferol, 26,6 asam askorbat, 1,9 mg β -karoten, dan 14,8 glutathione. Uddin *et al.* (2014) melaporkan bahwa tanaman krokot adalah tanaman hijau yang memiliki

kandungan asam lemak omega-3 tertinggi dibandingkan dengan tanaman lain. Jika dibandingkan dengan bayam, krokot memiliki kandungan asam lemak omega-3 sejumlah 5 kali lebih tinggi. Selain itu, krokot juga kaya akan vitamin A, C, B kompleks, dan berbagai jenis mineral. Jika dibandingkan dengan asam lemak omega-3 dari minyak ikan, omega-3 dari krokot memiliki keunggulan yaitu kandungan kolesterol, trigliserida, dan kalori yang rendah.

Karena potensi dan keunggulan tanaman krokot tersebut, perlu dilakukan isolasi asam lemak omega-3 dari daun krokot dengan cara ekstraksi. Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pelarut yang aman untuk produk pangan, yaitu alkohol *foodgrade* 96% dan metode ekstraksi yang dipilih adalah maserasi. Metode maserasi dipilih karena sederhana, efisien, dan dapat digunakan untuk menangani bahan baku simplisia dalam jumlah besar sekaligus dalam sekali proses. Selain itu, maserasi dilakukan pada suhu rendah sehingga ekonomis dari sisi biaya energy dan aman bagi bahan yang sensitif terhadap suhu (Q. W. Zhang *et al.*, 2018).

Asam lemak tak jenuh ganda omega-3 dalam bentuk produk cair memiliki kelemahan, yaitu rentan terhadap degradasi oksidatif. Adanya sifat mudah teroksidasi ini menyebabkan asam lemak omega-3 memiliki stabilitas penyimpanan yang rendah, menurun kandungan nutrisinya, timbul aroma yang tidak sedap atau ketengikan, dan dapat memunculkan toksisitas yang menyebabkan masalah kesehatan kronis jika dikonsumsi secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama. Kelemahan ini dapat diatasi dengan teknologi enkapsulasi, yaitu mengubah asam lemak tak jenuh ganda omega-3 ke dalam bentuk koloid, seperti liposom, droplet lipida, atau partikel biopolimer. Material koloid ini selanjutnya dapat diubah ke dalam bentuk bubuk dengan cara *drying* untuk meningkatkan ketahanannya terhadap oksidasi sekaligus untuk memudahkan dalam penanganan, penyimpanan, dan penggunaannya. Enkapsulasi asam lemak omega-3 juga bermanfaat untuk meningkatkan stabilitas kimia, kemampuan dispersi pada air, dan bioavailabilitas asam lemak omega-3 (Venugopalan *et al.*, 2021).

Pada kajian ini, dilakukan ekstraksi asam lemak omega-3 dari daun krokot dengan metode maserasi. Pelarut yang digunakan adalah alkohol *food grade* 96%. Dilakukan pula enkapsulasi omega-3 menggunakan metode *plate drying* menggunakan penyalut maltodekstrin. Enkapsulasi ini bertujuan supaya bahan aktif dan nutrisi yang ada dalam minyak omega-3 hasil ekstraksi dari daun krokot dapat dipertahankan karena stabilitas penyimpanan menjadi lebih baik karena terlindungi oleh kapsul gelatin. Secara khusus, eksperimen dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan antara bahan (*simplisia* daun krokot) dengan pelarut serta lama waktu maserasi yang menghasilkan rendemen ekstrak terbanyak pada ekstraksi asam lemak omega-3 dengan pelarut alkohol *food grade* 96%, menentukan komposisi asam lemak omega-3 pada ekstrak daun krokot, mengetahui kuantitas kandungan omega-3 pada ekstrak dari *simplisia* daun krokot, dan mengetahui rasio bahan inti dan penyalut yang lebih baik pada enkapsulasi ekstrak asam lemak omega-3 daun krokot dengan metode *plate drying*. Kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini adalah menawarkan teknologi sederhana pengolahan daun krokot sebagai sumber asam lemak omega-3, memperkaya khasanah ilmu pengetahuan terkait metode ekstraksi asam lemak omega-3 dari tanaman krokot dengan pelarut alkohol *food grade* 96%, menyajikan teknik enkapsulasi sederhana menggunakan metode *plate drying*.

METODE

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut: timbangan digital, peralatan gelas, termometer, Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry Simadzu (GC-MS) QP 5000, dan *rotary evaporator*. Bahan-bahan yang digunakan adalah: tanaman krokot yang dipetik dari lingkungan setempat, pelarut alkohol *food grade* 96%, maltodekstrin, kapsul gelatin.

2. Variabel

Variabel 1: Volume Pelarut

- a. Rasio simplisia dan pelarut = 100 gram berat simplisia : 1 L liter pelarut (1:10 g/mL)
- b. Rasio simplisia dan pelarut = 100 gram berat simplisia : 1,6 liter pelarut (1:16 g/ml)
- c. Rasio simplisia dan pelarut = 100 gram berat simplisia : 2 liter pelarut (1:20 g/ml)

Variabel 2: Waktu ekstraksi pelarut

- a. Proses ekstraksi maserasi dilakukan selama 20 dan 30 hari.

3. *Prosedur Penelitian*

Preparasi Simplisia Kering

Tanaman krokot diambil daunnya, dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel, selanjutnya dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Daun krokot yang telah dikeringkan selanjutnya disimpan pada suhu ruang dengan cara dihamparkan dan siap menjalani proses ekstraksi.

Maserasi Daun Tanaman Krokot

Simplisia daun krokot kering diambil dan ditimbang sebanyak 100 g/sampel. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan digital agar lebih akurat. Sampel untuk variabel 1 dengan berat 100 g per sampel dimasukkan ke dalam tangki maserasi. Selanjutnya, ditambahkan pelarut dengan berbagai volume (1; 1,6; 2 L). Tangki maserasi ditutup rapat, lalu diletakkan pada lokasi yang tidak terkena paparan langsung sinar matahari. Selanjutnya, maserasi dilakukan selama 20 hari. Percobaan yang sama dilakukan untuk berbagai rasio berat simplisia dan volume pelarut tersebut dengan waktu maserasi 30 hari. Hasil maserasi selanjutnya disaring sehingga dapat dipisahkan antara filtrat dan pelarut dengan ampasnya. Cairan filtrat yang telah dipisahkan dari ampasnya selanjutnya dipekatkan dengan menggunakan *rotary evaporator* untuk menguapkan kandungan airnya dan mendapatkan ekstrak dengan konsentrasi yang lebih tinggi.

Perhitungan Rendemen dan Analisis Asam Lemak Omega-3

Rendemen berupa massa filtrat ekstrak dari daun krokot untuk setiap sampel dapat dihitung dengan Persamaan (1) :

$$\text{Massa Filtrat (g)} = \text{Berat (vial+ekstrak), (g)} - \text{berat vial (g)} \quad (1)$$

Analisis komposisi asam lemak minyak omega-3 dilakukan dengan *Gas Chromatography-Mas Spectrocopy* (GC-MS) Shimadzu QP 5000. Sampel yang diinjeksikan untuk analisis sebanyak 1 μL . Kolom yang digunakan berupa kolom kaca yang memiliki panjang 25 m, diameter 0,25 mm, dan tebal 0,25 μm . Fasa diam berupa CP-Sil 5 CB. Suhu operasi diset pada rentang 50°C–250°C, dan kenaikan diatur 25°C/ menit menuju 200°C, 30°C/menit menuju 230°C, dan 18 menit untuk *split rasio*. Gas pembawa yang digunakan adalah gas helium bertekanan 12 kPa. Hasil analisis GC-MS berupa komposisi asam lemak dan persentase relatifnya selanjutnya disajikan pada tabel pengamatan. Penentuan kandungan asam lemak omega-3 secara kuantitatif dilakukan dengan Persamaan (2)

$$\text{kon. } \omega - 3 = \frac{[C \times Y]}{W_{\text{simplisia}}} \quad (2)$$

Di mana: kon. ω -3 adalah kandungan ekstrak omega-3 (g/ 100g), C adalah presentase asam lemak omega-3 yang berdasarkan hasil analisis GC-MS (%), Y adalah berat suspensi filtrat dari ekstrak daun krokot setelah dipekatkan dengan cara evaporasi menggunakan *rotary evaporator* (g), dan $W_{\text{simplisia}}$ adalah berat dari simplisia daun krokot yang telah dikeringkan (g).

Enkapsulasi Omega - 3 dari Ekstrak Daun Krokot

Pada tahap ini dilakukan enkapsulasi omega-3 hasil ekstraksi daun krokot dengan metode *plate drying* menggunakan perekat atau penyalut maltodekstrin untuk mengubah cairan pekat ekstrak menjadi bubuk. Perbandingan antara bahan inti filtrat omega-3 dengan penyalut adalah 1:0,5 dan 1:1. Selanjutnya, bubuk yang dihasilkan disimpan di dalam kapsul gelatin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Rasio Berat Simplisia dan Volume Pelarut Alkohol Foodgrade serta Waktu Ekstraksi terhadap Rendemen Ekstrak Omega-3

Isolasi asam lemak omega-3 dari daun krokot telah dilakukan dengan metode maserasi. Terdapat banyak teknologi baru untuk ekstraksi, seperti ekstraksi berbantuan gelombang mikro, berbantuan gelombang ultrasonik, teknologi superkritis yang menggunakan suhu dan tekanan tinggi di atas titik kritis, dan sebagainya. Teknologi tersebut dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi, namun memiliki beberapa kelemahan untuk diterapkan pada ekstraksi omega-3, di antaranya adalah: biaya operasi yang mahal, pengoperasian pada suhu tinggi berpotensi menyebabkan oksidasi atau merusak senyawa yang sensitive terhadap suhu, proses yang kompleks dan tidak mudah dalam operasi maupun perawatan alat, atau kapasitas proses yang terbatas. Metode ekstraksi tradisional seperti maserasi, maserasi berpengaduk, dan soxhletasi masih paling luas penggunaannya di dunia karena mudah dioperasikan, murah, sederhana, dan dapat digunakan untuk kapasitas produksi yang besar (Cacique *et al.*, 2020). Oleh karena itu, ekstraksi dengan metode maserasi dipilih untuk diaplikasikan pada ekstraksi omega-3 pada tanaman krokot. Ekstraksi maserasi dapat dilakukan pada suhu yang rendah sehingga hemat biaya energi dan aman terhadap ekstrak omega-3 yang dihasilkan.

Proses maserasi daun krokot untuk mengisolasi senyawa omega-3 ini dijalankan dengan pelarut alkohol *foodgrade* 96%. Pelarut ini lebih murah jika dibandingkan dengan heksana. Adapun pelarut lain yang juga terkenal efektif untuk mengekstraksi omega-3 seperti kloroform dan metanol, memiliki resiko jika digunakan pada produk pangan karena bersifat toksik (Aygün & Topuz, 2021). Isolasi senyawa yang akan dimanfaatkan sebagai bahan pangan, obat, atau suplemen harus memperhatikan keamanan pelarut yang digunakan pada proses ekstraksi.

Ekstrak asam lemak omega-3 dari daun krokot dari hasil maserasi ditunjukkan pada Gambar 4. Selanjutnya, ekstrak

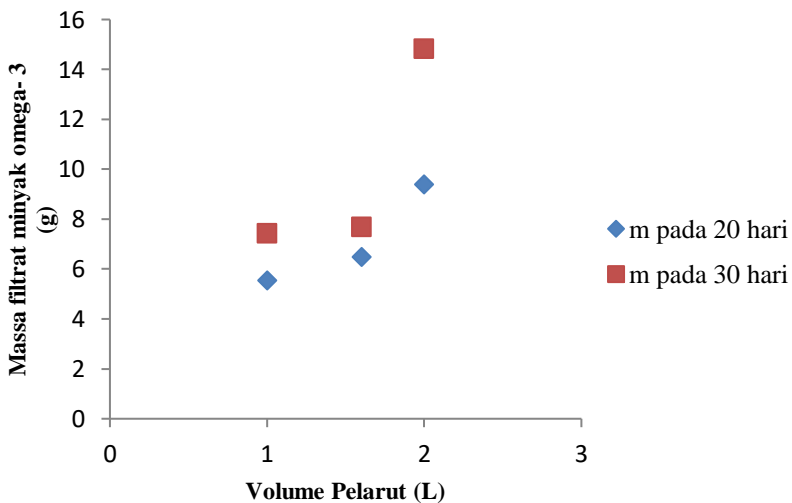
dipekatkan konsentrasinya dengan menggunakan *rotary evaporator* hingga diperoleh cairan pekat sebagaimana disajikan pada Gambar 4. Adapun massa filtrat yang dihasilkan setelah pemekatan disajikan pada Gambar 5. Hasil yang disajikan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa maserasi yang dijalankan selama 30 hari dengan volume pelarut sebanyak 2 L menghasilkan ekstrak omega-3 yang paling banyak, yaitu dengan massa filtrat sebesar 14,82 g. Adapun maserasi yang dijalankan selama 20 hari dengan pelarut sebanyak 1 L memperlihatkan rendemen ekstrak dengan jumlah yang paling sedikit yaitu 5,532 g.



Gambar 5.4. Sample Ekstrak Asam Lemak Omega-3 dari Daun Krokot Sebelum Dipekatkan



Gambar 5.5. Filtrat dari Hasil Ekstraksi Daun Krokot dengan Alkohol *Foodgrade* 96% Sesudah Dipekatkan



Gambar 5.6. Massa Filtrat dari Ekstrak Daun Krokot

Terlihat pula pada Gambar 6 bahwa penambahan volume pelarut atau rasio pelarut terhadap simplisia memberikan

pengaruh signifikan untuk meningkatkan massa ekstrak yang diperoleh. Jika volume pelarut dinaikkan menjadi 2 L dengan waktu maserasi yang tetap (20 hari), maka diperoleh massa filtrate sebesar 9,389 g, atau terjadi kenaikan sebesar 64,24%. Adapun peningkatan volume pelarut dari 1 L ke 2 L untuk waktu maserasi 30 hari dapat meningkatkan massa filtrate dari 7,42 g menjadi 14,82%, atau meningkat sebesar 99,73%. Akan tetapi, terlihat pada grafik bahwa penambahan volume pelarut hingga 1,6 L tidak cukup signifikan untuk meningkatkan perolehan massa filtrat. Kecenderungan ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Aygün dan Topuz (2021).

Waktu maserasi juga berpengaruh terhadap rendemen filtrat dari ekstrak daun krokot yang diperoleh. Massa filtrat yang diperoleh pada maserasi dengan volume pelarut 1 L dan waktu maserasi 20 hari adalah sebesar 5,532 g. Jika waktu maserasi diperpanjang menjadi 30 hari dengan volume pelarut yang tetap (1 L), maka diperoleh massa filtrat sebesar 7,42 g, atau terjadi kenaikan sebesar 34,13%. Fenomena ini terjadi karena semakin lama proses maserasi dilakukan, maka semakin lama pula waktu kontak antara simplisia dengan pelarut sehingga semakin banyak senyawa omega-3 yang terambil. Akan tetapi, waktu maserasi tidak disarankan untuk diperpanjang lebih lama lagi karena waktu maserasi yang terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya ketidakstabilan dan degradasi dari ekstrak yang akan diambil karena pengaruh lingkungan (Monton & Luprasong, 2019).

Massa filtrate yang dihasilkan (14,82 g) ternyata lebih rendah dari pada hasil penelitian terdahulu (Abdullah & Kusumaningtyas, 2020), yaitu maserasi daun krokot dengan pelarut alkohol 48% sebanyak 1 L selama 20 hari dengan massa filtrat yang dihasilkan sebanyak 19,894 gram. Hal ini dipengaruhi oleh sifat kepolaran dari pelarut. Aygün & Topuz (2021) menyatakan bahwa polaritas pelarut mempengaruhi rendemen ekstrak secara signifikan. Ekstraksi omega-3 dari algal dengan menggunakan pelarut metanol menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dari pada ekstraksi dengan etanol. Hal ini menunjukkan bahwa pelarut yang lebih polar akan menghasilkan rendemen

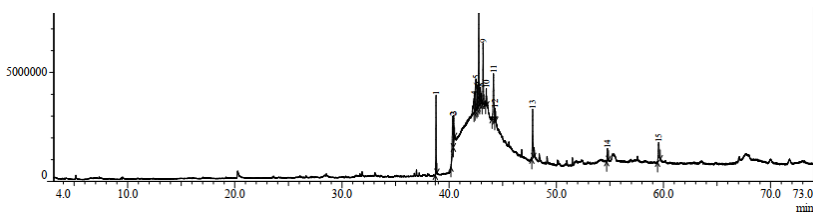
omega-3 yang lebih tinggi. Pada proses isolasi omega-3 dari daun krokot, pelarut alkohol 48% (campuran alkohol dengan aquades) memiliki kepolaran yang lebih tinggi dari pada alkohol 96% karena adanya pengaruh kepolaran dari air.

2. *Komposisi Asam Lemak Omega-3 pada Ekstrak Daun Krokot*

Filtrat hasil ekstraksi daun krokot dianalisis dengan GC-MS untuk mengetahui komposisi dan kadar asam lemak omega-3 yang dapat diekstrak. Sampel yang dianalisis adalah sampel dengan massa filtrat tertinggi yaitu hasil maserasi daun krokot selama 30 hari dengan pelarut 2 L yang menghasilkan filtrat sebanyak 14,82 g. Komposisi asam lemak ekstrak daun krokot disajikan pada Tabel 1 dan kromatogram GC-MS pada Gambar 7.

Tabel 5.1. Komposisi Asam Lemak dari Filtrat Hasil Ekstraksi Daun Krokot Berdasarkan Pengujian GC-MS

Nama Asam Lemak	Tipe Asam Lemak	Persen Relatif (%)
<i>Hexadecanoic acid</i>	<i>Saturated</i>	14,79
<i>9-Octadecenoic acid</i>	<i>Unsaturated (w-9)</i>	40,68
<i>Octadecenoic acid</i>	<i>Unsaturated (w-9)</i>	01,90
<i>2-hexadecen-1-ol</i>	<i>Saturated</i>	08,61
<i>9,12,15-Octadecatrienoic acid (α-linolenat)</i>	<i>Unsaturated (w-3)</i>	03,89
<i>1-Eicosanol</i>	<i>Unsaturated (w-3)</i>	06,95
<i>Methyl 9-Dideutero-Octadecanoate</i>	<i>Unsaturated (w-9)</i>	02,80
<i>Ethyl 9-Octadecanoate</i>	<i>Unsaturated (w-9)</i>	01,70
<i>Hexadecanamide</i>	<i>Saturated</i>	10,30
<i>9-Octadecenamide</i>	<i>Unsaturated (w-9)</i>	08,37
Total		100,00



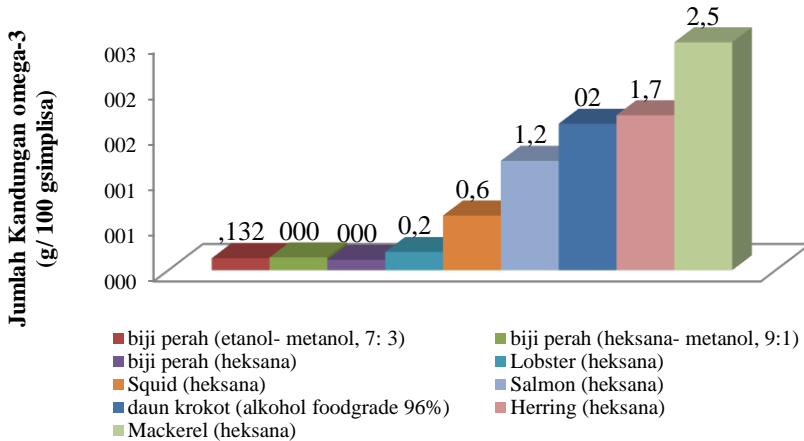
Gambar 5.7. Kromatogram GC-MS pada Analisis Filtrat Hasil Ekstraksi Simplisia Daun Krokot

Berdasarkan hasil analisis GC-MS, teridentifikasi 2 senyawa komponen asam lemak omega-3 pada filtrat dari ekstrak, yaitu ALA dan EPA. Terlihat pada Tabel 1, senyawa ALA atau *Octadecatrienoic acid* memiliki persentase kandungan 3,89%, sedangkan EPA atau *1-Eicosanol (Arachidic acid)* memiliki persentase kandungan 6,95%, sehingga jumlah total kandungan omega-3 dari filtrat hasil ekstraksi daun krokot sebesar 10,84%. Adapun konsentrasi omega-3 pada simplisia daun krokot dalam satuan berat (g omega-3/ 100 g simplisia daun krokot) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2). Berdasarkan hasil perhitungan, kandungan asam lemak omega-3 pada 100 gram simplisia kering daun krokot sejumlah 1,6 g/100 g simplisia. Simplisia daun krokot kering dihasilkan dari 1,3 kg daun krokot segar. Oleh karena itu, kandungan omega-3 pada daun krokot segar sebesar 0,12%.

Kandungan ALA pada simplisia daun krokot yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 3,89% atau jika dihitung dengan Persamaan (2) diperoleh kandungan ALA sebesar 576,5 mg/ 100 g simplisia. Kandungan ini lebih tinggi dari pada hasil ekstraksi daun krokot yang dihasilkan oleh (Simopoulos *et al.*, 1992) dan (Uddin *et al.*, 2014).

Kandungan omega-3 pada simplisia daun krokot sebesar 1,6 g/ 100 g simplisia dapat dikatakan tinggi dibandingkan dengan kandungan omega-3 pada simplisia bahan alam lain. Gambar 8 menunjukkan perbandingan kandungan omega-3 pada simplisia daun krokot terhadap bahan lain yang diekstraksi dengan berbagai jenis pelarut. Kandungan omega-3 simplisia daun krokot hanya kalah dengan kandungan omega-3 pada simplisia ikan herring yang

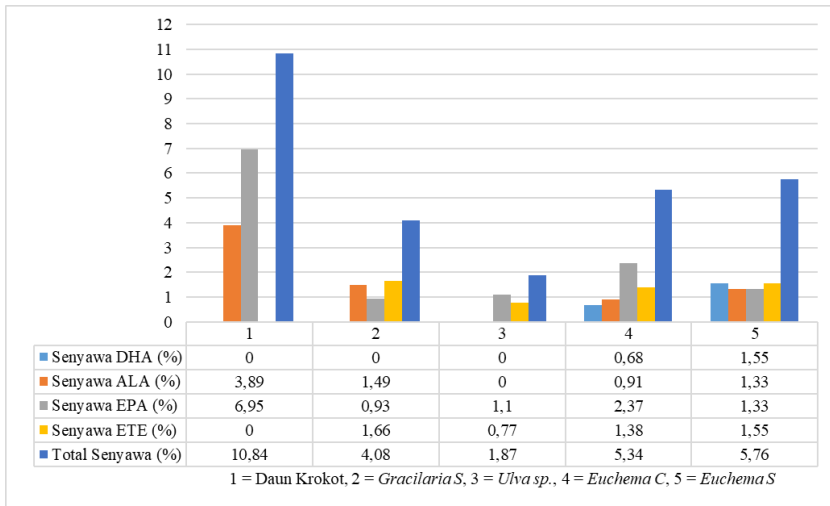
diekstraksi dengan pelarut heksana (1,7 mg/ 100 g simplisia) dan simplisia ikan makarel yang diekstraksi dengan pelarut heksana (2,5 mg/100 g simplisia). Tanaman krokot memiliki prospek yang besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber pangan lokal yang kaya omega-3 sehingga memiliki prospek ekonomi yang baik dalam industri pangan, suplemen, dan farmasi.



Simplisia dan Pelarut

Gambar 5.8. Kandungan Omega-3 Hasil Ekstraksi dari Beragam Jenis Simplisia dengan Berbagai Jenis Pelarut

Kandungan senyawa ALA dan total omega-3 pada simplisia daun krokot jika dibandingkan dengan rumput laut juga lebih unggul, sebagaimana disajikan pada Gambar 9.



Gambar 5.9. Perbandingan Kandungan Omega-3 pada Simplisia Daun Krokot dan Simplisia Beragam Spesies Rumput Laut

3. Pengaruh Enkapsulasi Menggunakan Metode Plate Drying

Enkapsulasi didefinisikan sebagai teknologi penyalutan material inti yang berupa padatan, cairan atau gas pada matriks atau kapsul kecil yang dapat mengeluarkan isi material intinya dengan kecepatan terkontrol dan pada jangka waktu yang lebih lama (Champagne & Fustier, 2007). Teknologi ini sangat penting bagi sektor farmasi (obat, suplemen, vaksin) maupun makanan untuk mencegah pelepasan bahan bioaktif, menjaga stabilitas senyawa bioaktif selama pemrosesan maupun penyimpanan, untuk mencegah interaksi yang tidak diinginkan dengan lingkungan. Corrêa-Filho *et al.* (2019) juga menyatakan bahwa enkapsulasi bioaktif dari bahan alam dapat melindungi bahan yang kurang stabil terhadap pengaruh lingkungan, rentan terhadap oksidasi, mudah terdegradasi karena paparan cahaya, dan rentan terhadap panas, serta perubahan pH dan kadar air. Dengan enkapsulasi, maka penanganan ekstrak dari bahan alam lebih mudah sekaligus dapat meningkatkan bioavailabilitasnya.

Pada proses enkapsulasi, bahan yang akan dienkapsulasi disebut sebagai *core* atau inti, sedangkan bahan yang digunakan untuk enkapsulasi disebut *wall* atau dinding atau penyalut. Inti

disebut juga sebagai bahan aktif, sedangkan penyalut dikenal juga dengan istilah matriks, material pelapis, atau cangkang. Mikrokapsul umumnya berukuran 3 – 800 mikron dan mengandung 10 – 90 % inti. Penyalut dirancang untuk mencegah difusi bahan aktif keluar dari kapsul, atau bahan dari luar masuk ke dalam kapsul, mencegah kerusakan bahan aktif (Anwar, 2011).

Proses enkapsulasi dapat dilakukan dengan berbagai jenis metode, misalnya *spray drying*, *freeze drying*, *coacervation*, dan sebagainya. Masing-masing metode memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing. Diperlukan metode yang tepat agar sesuai dengan karakteristik bahan dan kondisi yang tersedia. Proses enkapsulasi pada eksperimen ini dilakukan dengan metode yang sederhana dan murah, yaitu menggunakan *plate drying*.

Proses enkapsulasi memerlukan adanya bahan penyalut. Mikrokapsul yang diproduksi untuk produk makanan harus dibuat dengan bahan penyalut yang tergolong *food-grade* dan polimer yang *edible*, sebagai contoh maltodekstrin, inulin, gum arab, atau pati. Pemilihan penyalut perlu dilakukan dengan tepat karena bahan penyalut memiliki struktur kimia dan sifat fisikokimia yang berbeda yang mempengaruhi efisiensi proses enkapsulasi. Bahan penyalut yang digunakan pada kajian ini adalah maltodekstrin. Maltodekstrin dihasilkan dari hidrolisis pati dengan nilai ekuivalen dekstrosa (DE) kurang dari 20. Derajat konversi hidrolitik pati, yang dinyatakan sebagai nilai ekuivalen dekstrosa (DE), adalah kriteria untuk klasifikasi dan karakterisasi hidrolisat. Maltodekstrin digunakan secara luas pada proses enkapsulasi senyawa bioaktif karena kinerjanya yang memuaskan, biaya relatif rendah, dan rasa dan aroma yang netral. Bahan ini memiliki karakteristik kelarutan dalam air yang tinggi, viskositas rendah pada konsentrasi tinggi, memiliki kemampuan dalam pembentukan film, dan memberikan perlindungan yang baik pada bahan inti terhadap oksidasi (Corrêa-Filho *et al.*, 2019).

Proses enkapsulasi dengan *plate drying* mengubah bentuk bahan inti senyawa omega-3 dari ekstrak daun krokot yang mula-mula berbentuk cairan pekat menjadi bentuk partikel atau agregat. Agregat yang telah diperoleh ini kemudian dimasukkan ke dalam

kapsul gelatin untuk memberikan perlindungan ganda pada agregat bahan aktif omega-3 terhadap pengaruh negatif lingkungan luar. Bahan inti berupa ekstrak omega-3 daun krokot mengalami pengkristalan sebagai hasil dari proses enkapsulasi menggunakan penyalut maltodekstrin dengan *plate-drying*. Kristal yang dihasilkan dimasukkan ke dalam kapsul gelatin. Gambar 10 menunjukkan hasil enkapsulasi dengan rasio bahan inti terhadap penyalut sebesar 1: 0,5, dan Gambar 11 menggunakan rasio 1:1. Rasio 1:0,5 menunjukkan hasil kristal yang kurang optimal karena perbandingan material penyalut terhadap material inti yang belum sesuai. Adapun rasio 1:1 memperlihatkan hasil kristal yang lebih baik secara pengamatan visual karena menggunakan penyalut dan rasio bahan inti (ekstrak) yang cukup.



Gambar 5.10. Enkapsulasi dengan Menggunakan Maltrodekstrin sebagai Bahan Penyalut (*Wall*) untuk Rasio Material Inti : Penyalut (1: 0,5)



Gambar 5.11. Enkapsulasi Menggunakan Maltodekstrin sebagai Material Penyalut (*Wall*) untuk Rasio Bahan Inti : Penyalut (1:1)

Berdasarkan pengamatan visual, maka dapat disimpulkan bahwa enkapsulasi asam lemak omega-3 dari ekstrak daun krokot dengan metode *plate drying* dan penyalut maltodekstrin optimal dilakukan dengan rasio bahan inti dan penyalut sebesar 1:1. Pada penelitian ini, kristal omega-3 dengan penyalut maltodekstrin yang telah terbentuk dimasukkan ke dalam kapsul gelatin untuk memberikan perlindungan ganda terhadap omega-3 daun krokot. Gelatin gum arab merupakan salah satu bahan yang sering digunakan sebagai pelindung produk pangan secara luas (Corrêa-Filho *et al.*, 2019).

SIMPULAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa maserasi yang dijalankan selama 30 hari dengan volume pelarut sebanyak 2 L menghasilkan ekstrak omega-3 yang paling banyak, yaitu massa filtrat sebesar 14,82 g. Penambahan volume pelarut dari 1 L menjadi 2 L dapat meningkatkan hasil massa filtrat yang lebih signifikan dari pada penambahan waktu maserasi dari 20 hari menjadi 30 hari. Hasil analisis GC-MS berhasil mengidentifikasi adanya 2 senyawa komponen asam lemak omega-3 pada filtrat dari ekstrak daun

krokot, yaitu ALA dan EPA. Diperoleh kandungan senyawa ALA sebesar 3,89% dan EPA sebesar 6,95%, sehingga total kandungan asam lemak omega-3 dari ekstrak daun krokot sebesar 10,84%. Kandungan omega-3 tersebut setara dengan 1,6 g/100 g simplisia daun krokot kering atau 0,12% dari daun krokot segar. Proses enkapsulasi dengan metode *plate drying* menggunakan penyalut maltodekstrin dapat melindungi senyawa omega-3. Rasio bahan inti dengan penyalut maltodekstrin sebesar 1:1 memberikan hasil kristal yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Abdullah, M.S., & Kusumaningtyas, R.D., 2020. The Extraction of Purslane (*Portulaca oleracea* L.) using Alcohol Solvents 48 % and Its Utilization as a Source of Encapsulated Omega-3 Oil. *AIP Conference Proceedings*, 2197.
- Amjad-Khan, W., Chun-Mei, H., Khan, N., Iqbal, A., Lyu, S.W., & Shah, F., 2017. Bioengineered Plants Can Be a Useful Source of Omega-3 Fatty Acids. *BioMed Research International*, 2017, 7348919.
- Anwar, H.S., 2011. Microencapsulation of omega-3 fatty acids: What it is, how it's made, and challenges in food technology. *Proceeding of The Annual International Conference Syiah Kuala Univeristy*.
- Aygün, T., & Topuz, O.K., 2021. Optimization of Extraction Parameters and Effect of Different Solvent Systems on The Omega-3 Fatty Acids Content of Algal Oil (*Nannochloropsis* sp.). *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 3(2), 174–189.
- Bellows, L., Clifford, J., Niebaum, K., & Bunning, M., 2015. Omega-3 Fatty Acids. *Food and Nutrition Series/Health*, 9.
- Cacique, A.P., Barbosa, É.S., de Pinho, G.P., & Silvério, F.O., 2020. Maceration Extraction Conditions for Determining the Phenolic Compounds and the Antioxidant Activity of *Catharanthus roseus* (L.) g. don. *Ciencia e Agrotecnologia*, 44, 1–12.
- Champagne, C.P., & Fustier, P., 2007. Microencapsulation for the Improved Delivery of Bioactive Compounds into Foods. *Current Opinion in Biotechnology*, 18(2), pp.184–190.
- Corrêa-Filho, L.C., Moldão-Martins, M., & Alves, V.D., 2019.

- Advances in the Application of Microcapsules as Carriers of Functional Compounds for Food Products. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(3).
- Gammone, M.A., Riccioni, G., Parrinello, G., & D'orazio, N., 2019. Omega-3 polyunsaturated Fatty Acids: Benefits and Endpoints in Sport. *Nutrients*, 11(1), pp.1–16.
- Ji, X.-J., Ren, L.-J., & Huang, H., 2015. Omega-3 Biotechnology: a Green and Sustainable Process for Omega-3 Fatty Acids Production. *Nutrients*, 3(4), pp.1301–1315.
- Monton, C., & Luprasong, C., 2019. Effect of Temperature and Duration Time of Maceration on Nitrate Content of *Vernonia cinerea* (L.) less.: Circumscribed Central Composite Design and Method Validation. *International Journal of Food Science*, 2019.
- Rustan, A.C., & Drevon, C.A., 2005. Fatty Acids: Structures and Properties. *ELS*, pp.1–7.
- Simopoulos, A.P., Norman, H.A., Gillaspay, J.E., & Duke, J.A., 1992. Common Purslane: A Source of Omega-3 Fatty Acids and Antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 11(4), pp.374–382.
- Uddin, M.K., Juraimi, A.S., Hossain, M.S., Nahar, M.A.U., Ali, M.E., & Rahman, M.M., 2014. Purslane weed (*Portulaca oleracea*): A Prospective Plant Source of Nutrition, Omega-3 Fatty Acid, and Antioxidant Attributes. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Venugopalan, V.K., Gopakumar, L.R., Kumaran, A.K., Chatterjee, N.S., Soman, V., Peeralil, S., Mathew, S., McClements, D.J., & Nagarajarao, R.C., 2021. Encapsulation and Protection of Omega-3-rich Fish Oils Using Food-grade Delivery Systems. *Foods*, 10(7), pp.1–20.
- Zhang, Q.W., Lin, L.G., & Ye, W.C., 2018. Techniques for Extraction and Isolation of Natural Products: A Comprehensive Review. *Chinese Medicine (United Kingdom)*, 13(1), pp.1–26.
- Zhang, Y., Ward, V., Dennis, D., Plechkova, N.V., Armenta, R., & Rehmann, L., 2018. Efficient Extraction of a Docosaheptaenoic Acid (DHA)-rich Lipid Fraction from *Thraustochytrium* sp. Using Ionic Liquids. *Materials*, 11(10), pp.1–11.



ISSN 2829-3878

