JURNAL KIMIA UNAND

ISSN No. 2303-3401

Volume 7 Nomor 3 Agustus, 2018

> Media untuk mempublikasikan hasil-hasil penelitian seluruh dosen dan mahasiswa Kimia FMIPA Unand

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Andalas

Tim Editorial Jurnal Kimia Unand

Emil Salim, M.Sc, M.Si

Dr. Syukri

Prof. Dr. Adlis Santoni

Prof. Dr. Rahmiana Zein

Prof. Dr. Syukri Arief

Dr. Mai Efdi

Alamat Sekretariat

Jurusan Kimia FMIPA Unand

Kampus Unand Limau Manis, Padang - 25163

PO. Box 143, Telp./Fax.: (0751) 71 681

Website Jurnal Kimia Unand: www.jurnalsain-unand.com

 $Corresponding \ E\text{-}mail: \underline{salim_emil17@yahoo.com}$

syukri@fmipa.unand.ac.id

DAFTAR ISI

JUI	OUL ARTIKEL	Halaman
1.	PENENTUAN KADAR LOGAM (Cu, Zn, Fe) PADA TANAMAN PAKCOY (Brassica rapa L.) DAN IKAN NILA (Oreochromis Niloticus) YANG DIBUDIDAYAKAN DALAM SISTEM AKUAPONIK Deswati, Yulizar Yusuf, Egieta Faraidy Abe	1-6
2.	PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT Cu, Fe, DAN Zn DI DALAM AIR PADA SISTEM AKUAPONIK TANAMAN PAKCOY (Brassica rapa L.) - IKAN NILA (Oreochromis niloticus) Deswati, Yulizar Yusuf, Azimatul Karimah Muchtar	7-12
3.	PENGARUH VARIASI KONSENTRASI NH4OH, NH4NO3, DAN PENCUCIAN PADA PENGENDAPAN R2O3 TERHADAP KANDUNGAN Al2O3 DALAM SEMEN OPC DENGAN METODE GRAVIMETRI Yulizar Yusuf, Hermansyah Aziz, Febri Maulana, Erin Ashari	13-18
4.	SINTESIS HIDROKSIAPATIT DAN Zn-HIDROKSIAPATIT MENGGUNAKAN KALSIUM DARI CANGKANG KERANG PENSI DANAU MANINJAU SERTA UJI RESISTENSI TERHADAP BAKTERI Werian Arisa Putra, Anthoni Agustien, Novesar Jamarun	19-25
5.	ADSORPSI ATOM LITIUM PADA DINDING SINGLE WALLED CARBON NANOTUBE (SWCNT) (8.0) MENGGUNAKAN METODE SEMIEMPIRIS AM1 Imelda, Friska Fajrina, Yeni Stiadi	26-33
6.	PEMANFAATAN KARBON AKTIF DARI TANAH GAMBUT SEBAGAI BAHAN ELEKTRODA SUPERKAPASITOR Olly Norita Tetra, Hermansyah Aziz, Mega Nofriani	34-39
7.	PENGARUH VARIASI KONSENTRASI NH4OH, NH4NO3, DAN PENCUCIAN ENDAPAN R2O3 TERHADAP KANDUNGAN A12O3 DALAM SEMEN PPC SECARA GRAVIMETRI	40-46

Yulizar Yusuf, Hermansyah Aziz, Febri Maulana, Vivin Tri Annesya

8 EFEK MIKROALGA Scenedesmus dimorphus TERHADAP 47-54 PENURUNAN OBESITAS PADA MENCIT YANG DIBERI MAKANAN TINGGI LEMAK (HIGH-FAT DIET) Siti Hajir, Armaini, Yetria Rilda

PENENTUAN KADAR LOGAM (Cu, Zn, Fe) PADA TANAMAN PAKCOY (Brassica rapa L.) DAN IKAN NILA (Oreochromis Niloticus) YANG DIBUDIDAYAKAN DALAM SISTEM AKUAPONIK

Deswati*, Yulizar Yusuf, Egieta Faraidy Abe

Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengtahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia *E-mail: deswati_ua@yahoo.co.id

Abstrak: Akuaponik merupakan teknologi yang menggabungkan budidaya hewan akuatik dan tanaman hidroponik dengan memanfaatkan sistem resirkulasi air. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar logam (Cu, Zn dan Fe) yang terkandung dalam ikan nila (*Oreochromis Niloticus*) dan tanaman pakcoy (*Brassica Rapa L*). Teknik pengambilan sampel ikan dan tanaman dilakukan secara acak. Metoda destruksi basah dengan pelarut aquaregia (HCl: HNO₃) digunakan untuk preparasi sampel ikan dan tanaman. Kadar logam Cu, Zn, dan Fe dianalisa menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Hasil penelitian menunjukkan kadar logam Cu, Zn, Fe tertinggi pada daging ikan nila (*Oreochromis niloticus*) adalah 23,94 mg/kg, 157,10 mg/kg, 826,91 mg/kg. Kadar logam esensial Cu, Zn, Fe tertinggi pada tanaman pakcoy adalah 27,82 mg/kg, 210,81 mg/kg, 2583,61 mg/kg, ketiga kadar logam tertinggi pada tanaman terdapat pada sampel yang dianalisa di hari ke 30. Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar logam Cu, dan Zn pada ikan nila dan tanaman pakcoy telah melebihi batas maksimum standar nasional menurut Surat Keputusan DirJend POM/03725/B/SKVII/89.

Kata kunci: Akuaponik, logam (Cu,Zn,Fe), ikan nila (*Oreochromis Niloticus*), pakcoy (*Brassica Rapa L*)

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan Negara yang memiliki lahan pertanian luas karena sebagian besar penduduknya berprofesi sebagai petani. Selain sebagai petani, banyak penduduk Indonesia yang memiliki mata pencarian sebagai pembudidaya ikan, terbukti dengan maraknya pembudidayaan dengan teknik keramba di beberapa daerah di Indonesia. Namun, dizaman modern saat ini lahan pertanian semakin berkurang karena banyak penggunaan lahan untuk pembangunan seperti pelebaran jalan, pembangunan mall, perumahan dan fasilitas-fasilitas umum lainnya. Kegiatan pembangunan ini akan terus meningkat seiring meningkatnya jumlah penduduk Indonesia, akibatnya lahan untuk pertanian dan persediaan air bersih kehidupan semakin berkurang. Limbah cair seperti limbah industri, limbah buangan rumah tangga dan perikanan merupakan penyebab berkurangnya Dengan perkembangan bersih. ilmu pengetahuan dan teknologi maka telah ditemukan solusi yang dapat mengatasi masalah kekurangan lahan dan peningkatan limbah cair yaitu memanfaatkan kombinasi akuakultur dan hidroponik untuk memelihara ikan dan tanaman dalam satu sistem yang terhubung, dikenal dengan

akuaponik¹. Sistem akuaponik sistem prinsip menggunakan resirkulasi penggunaan air secara berulang-ulang setelah melewati proses filtrasi menanggulangi penurunan kualitas dengan adanya akumulasi, mineralisasi, dan nitrifikasi bahan organik dalam media sehingga dapat menghemat penggunaan air2. Sistem akuaponik memiliki keuntungan yaitu hemat energi, mencegah keluarnya limbah lingkungan, ke menghasilkan pupuk organik bagi tanaman, serta menghemat penggunaan air².

Pada penelitian ini dibuat sistem akuaponik dengan menggunakan ikan nila sebagai hewan akuatik yang dibudidayakan. Ikan nila adalah ikan air tawar yang banyak dibudidayakan karena memiliki sifat toleransi tinggi terhadap lingkungan seperti suhu air yang tinggi, konsentrasi oksigen terlarut rendah, dan adanya ammonia berlebih. Ikan merupakan bahan pangan yang memiliki mutu gizi yang sangat baik karena kandungan proteinnya yang tinggi³. Nutrisi logam seperti Cu, Zn, Fe yang berasal dari pelet memiliki peran untuk pertumbuhan ikan dalam jumlah sedikit. Logam Cu dan Zn dibutuhkan oleh organisme akuatik untuk mempertahankan fisiologis dan pertumbuhan morfologi, perkembangan dan reproduksi.

Besi (Fe) merupakan nutrisi penyusun utama dari hemoglobin, mioglobin dan beberapa enzim⁴.

Pertumbuhan sayuran pakcoy juga membutuhkan nutrisi seperti logam Cu, Zn dan Fe. Logam ini berasal dari pakan ikan, maka dibutuhkan pemberian pakan yang untuk pertumbuhan ikan cukup dan produksi nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan tanaman pakcoy. Pada tanaman, Fe berperan dalam pembentukan klorofil, logam Cu sebagai penyusun enzim, pembentukan klorofil, serta metabolisme karbohidrat dan protein sedangkan logam Zn terlibat dalam beberapa fungsi enzim untuk meningkatan reaksi-reaksi metabolik, sintesis senyawa-senyawa pertumbuhan tanaman. memproduksi klorofil dan karbohidrat⁵. Logam-logam essensial dibutuhkan dalam jumlah atau konsentrasi sedikit, sedangkan apabila konsentrasi logam-logam esensial meningkat dapat menyebabkan keracunan bagi tanaman, makhluk hidup yang terdapat diperairan dan bahkan bagi manusia yang mengkonsumsi hasil pembudidayaan tersebut⁶. Konsumsi logam Cu yang berlebihan oleh manusia berhubungan dengan beberapa penyakit mental dan syaraf. Gagal ginjal, kelainan fungsi hati, hipertensi, dan penuaan kulit juga dapat dipengaruhi oleh kelebihan logam Cu7. Toksisitas Fe dalam tubuh akan menyebabkan kerusakan hati, jantung dan paru-paru, diabetes mellitus, kelainan hormon, dan

penyimpangan fungsi sistem imun⁸. Kelebihan Zn dalam tubuh dapat mengakibatkan gangguan mental dan mengurangi fokus9. Penelitian ini dilakukan secara berkelompok, dimana dibagi menjadi tiga bagian, yaitu analisis kandungan nitrat, nitrit dan ammonia dalam air, analisis kandungan logam berat (Cu, Zn dan Fe) dalam air serta analiis kadar logam berat (Cu, Zn dan Fe) dalam tanaman dan ikan.

Metodologi Penelitian 2.

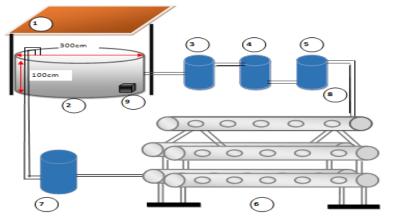
2.1

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah AAS (Atomic Absorbtion Spectroscopy), kolam ikan, pompa air, tangki air, pipa PVC, aerator, netpot, blender, oven, desikator, neraca analitis, labu kjedhal, penangas, dan peralatan gelas yang umum digunakan dalam laboratorium.

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pakan ikan, bibit sayuran, media tanam rockwool, 1000 ekor ikan (8-10 cm), air sebanyak 6 m³, akuades, HCl 37% (p.a), HNO₃ 65% (p.a), kertas Whatman No.42, larutan induk Zn 1000 mg/L, larutan induk Fe 1000 mg/L dan larutan induk Cu 1000 mg/L.

2.4 Prosedur Penelitian



Keterangan gambar: 1. Atap

- 2. Kolam ikan
- 3. Tangki penampung air kolam
- 4. Tangki biofilter
- 5. Tangki penampung air hasil biofilter
- 6. Rangkaian hidroponik
- 7. Tangki penampung air dari rangkaian hidroponik
- 8. Pipa
- 9. Aerator

Gambar 1. Skema Rangkaian Alat Penelitia

2.4.1 Persiapan Sistem Akuaponik Sistem akuaponik terdiri dari kolam ikan dengan diameter 300 cm dan tinggi 100 cm, tangki penyaring sedimen (150 dm³), tangki

bio-media (150 dm³), tangki air hasil filtrasi (150 dm³) dan rangkaian hidroponik. Kolam ikan diisi dengan air sebanyak 6 m³, dimasukkan ±1000 ekor ikan dengan panjang

HNO₃)

perbandingan

± 8 -10 cm dan berat ± 6,84 g/ekor. Pelet ikan dimasukkan ke dalam kolam ikan sebanyak 2% dari berat ikan total dengan frekuensi pemberian pelet 2 kali sehari. Setiap 50 mg pelet mengandung logam Cu, Fe, dan Zn sebanyak ± 2.7 g/kg; 60.7 g/kg; 3,8 g/kg secara berturut-turut. Air dari dialirkan kolam ikan menuju tangki penyaringan sedimen, kemudian dialirkan ke tangki biomedia, selanjutnya dialirkan ke tangki air hasil filtrasi. Air hasil filtrasi dialirkan ke rangkaian hidroponik, kemudian air dari rangkaian hidroponik ditampung pada tangki akhir sebelum dialirkan kembali ke kolam ikan. Pengaliran air diatur dengan menggunakan pompa dan kebutuhan oksigen diatur dengan menggunakan dalam air aerator.

2.4.2 Analisis logam pada Ikan2.4.2.1 Persiapan Sampel Ikan

Sampel ikan nila dihancurkan seluruh bagiannya dengan blender kemudian diambil ± 2 gram dan di oven pada suhu 105°C selama 1 jam untuk menghilangkan kadar air, cawan yang berisi sampel didiamkan pada desikator ± 20 menit kemudian ditimbang beratnya. Hal yang sama dilakukan hingga diperoleh berat kering sampel yang konstan.

2.4.2.2 Destruksi Sampel Ikan Sampel kering dimasukkan kedalam labu kjedhal, ditambahkan pelarut akuaregia (HCl

Dipanaskan pada suhu 135-200°C sampai warna larutan berubah dari kuning-orange menjadi jernih, dinginkan selama 15 menit kemudian diencerkan kedalam labu ukur 50 mL, disaring menggunakan kertas whatman no 42. Dianalisa dengan SSA.

2.4.3 Analisis Logam pada Tanaman 2.4.3.1 Persiapan Sampel Tanaman

dengan

Seluruh bagian tanaman dicuci bersih dengan air menagalir hingga sedimen yang menempel pada tanaman terlepas. Kemudian tanaman dipotong - potong kecil dan diambil seluruh bagian tanaman (daun, batang, akar), ditimbang ± 2 gram. Sampel tanaman dimasukkan kedalam cawan dan di oven pada suhu 105°C untuk menghilangkan kadar air, cawan yang berisi sampel didiamkan dalam desikator selama ± 20 menit kemudian ditimbang beratnya. Hal yang sama dilakukan hingga diperoleh berat kering sampel yang konstan.

2.4.3.2 Destruksi Sampel Tanaman

Sampel kering dimasukkan kedalam labu kjedhal, ditambahkan pelarut akuaregia (HCl: HNO₃) dengan perbandingan 3:1. Dipanaskan pada suhu 135-200°C sampai warna larutan berubah menjadi jernih, dinginkan selama 15 menit kemudian diencerkan kedalam labu ukur 50 mL, disaring menggunakan kertas whatman no 42. Dianalisa dengan SSA.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis logam (Cu, Zn, Fe) pada Ikan

Tabel 1. Perbandingan Kadar Logam Pada Ikan Dengan Baku Mutu

Jenis		Kadar loga	Baku mutu logam (mg/kg)		
logam	Hari 0	Hari 10	Hari 20	Hari 30	_
Cu	9,37	10,23	22,94	23,97	20
Zn	157,10	134,76	70,24	77,09	100
Fe	377,83	316,29	712,46	826,91	-
Sumber					Surat Keputusan DirJend Pom/03725/B/SKVII/89

Dari tabel 1 dapat dilihat hasil analisa kadar logam Cu, Zn dan Fe didalam ikan mulai dari hari 0 hingga hari ke-30. Kadar logam Cu pada ikan meningkat dari hari 0, hingga hari 30 yaitu 9,37 mg/kg, 10,23 mg/kg, 22,94 mg/kg, 23,97 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa pada hari ke-20 telah terlihat jelas adanya akumulasi logam Cu dalam tubuh ikan. Hal ini terjadi karena sisa pakan dan

feses ikan yang mulai menumpuk pada kolam Logam Cu sifatnya cendrung terakumulasi didalam tubuh sehingga dapat membahayakan kehidupan ikan. Kelebihan logam Cu dapat menghambat aktivitas enzim ikan¹⁰. dan pertumbuhan Kekurangan mineral ikan tembaga pada akan menyebabkan pertumbuhan ikan menjadi lambat, dan memiliki tubuh yang kerdil¹⁰.

Kadar logam Fe pada ikan di hari 0 adalah 377,83 mg/kg kemudian menurun setelah 10 hari penerapan sistem akuaponik menjadi 316,29 mg/kg. Hal ini dapat terjadi karena ikan masih kecil sehingga yang kebutuhannya terhadap logam Fe belum banyak, selain itu juga dapat disebabkan karena ikan masih beradaptasi dengan lingkungannya mengingat bahwa sistem baru berjalan selama 10 hari. Pada hari ke-20 hingga 30 kadar logam Fe pada ikan meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran tubuh ikan yaitu 712,46 mg/L, 826,91 mg/L. Hal ini berhubungan dengan fungsi sebagai penyusun utama Fe hemoglobin dalam darah, semakin besar tubuh ikan maka semakin banyak hemoglobin¹⁰. pembentukan Ikan membutuhkan mineral besi lebih banyak karena fungsi besi dalam sistem respirasi untuk transportasi oksigen ke jaringan (hemoglobin) dan mekanisme oksidasi seluler, serta untuk menunjang metabolisme yang tinggi pada pertumbuhan¹⁰. Sedangkan kadar logam Zn pada ikan di hari 0 cukup tinggi yaitu 157,09 mg/kg, hal ini dapat dipengaruhi oleh kondisi air pada pembudidayaan ikan saat sebelum dipindahkan ke kolam akuaponik. Kemudian setelah 10 hari menjadi 134, 75 mg/kg, dan di hari ke-20 hingga 30 terjadi penurunan yang cukup signifikan yaitu 70,24 mg/kg, 77,09 mg/kg. Penurunan kadar Zn pada ikan dapat disebabkan karena tubuh ikan yang semakin besar sedangkan kebutuhannya terhadap logam Zn hanya sedikit. Semakin besar pertumbuhan ikan maka semakin sedikit penyerapannya terhadap Zn. Selain itu, logam Zn bekerja antagonis terhadap Fe sehingga kandungannya akan berbanding terbalik dalam tubuh ikan¹¹. Seng berfungsi untuk mengkatalis kerja enzim juga untuk mengatur ekspresi gen yaitu bertindak sebagai faktor transkripsi. Kekurangan mineral Zn pada ikan dapat menyebabkan pertumbuhan menjadi lambat, erosi pada kulit dan sirip, kerdil dan nafsu makan hilang¹⁰. Selain itu, perbedaan kadar logam yang dianalisa pada masing - masing ikan dapat dipengaruhi oleh berat dan panjang tubuh ikan, jenis kelamin, umur, laju pertumbuhan dan kondisi fisik ikan¹².

Berdasarkan Keputusan DirJend Pom/03725/B/SKVII/89 kadar logam Cu, Zn, pada ikan budidaya akuaponik ini tidak aman dikonsumsi karena kadar logam telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Namun, kadar logam Fe belum ditetapkan batas maksimumnya karena sifat logam Fe yang lebih dibutuhkan oleh tubuh.

3.2 Analisis Logam (Cu, Zn, Fe) pada Tanaman

Tabel 2. Perbandingan Kadar Logam Pada Tanaman Dengan Baku Mutu

Jenis		Kadar loga	Poly mutu logom (mg/lgs)			
logam	Hari 0 Hari 10 Hari 20 Hari 30				- Baku mutu logam (mg/kg)	
Cu	8,34	16,79	13,84	27,82	30	
Zn	74,43	162,60	55,35	210,81	40	
Fe	387,67	1296,82	475,00	2583,61	_	
Sumber					Surat Keputusan DirJend Pom/03725/B/SKVII/89	

Berdasarkan grafik, kadar Cu tanaman dari hari 0 ke hari 10 mengalami peningkatan mencapai 16,79 mg/kg. Hal ini menunjukkan adanya penyerapan logam maksimum oleh tanaman akar yang dalam kondisi pertumbuhan. Sedangkan pada hari ke 20 terjadi penurunan kadar logam Cu menjadi 13,84 mg/kg, menunjukkan bahwa adanya gangguan terhadap penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Hal ini dapat dipengaruhi oleh akar tanaman yang tertutup jamur dan sehingga menghambat penyerapan nutrisi. Adanya jamur pada akar tanaman hidroponik merupakan umum masalah dalam pembudidayaan tanaman khususnya sayuran. Berdasarkan penelitian¹³ akar tanaman pakcoy mudah

diserang oleh jamur pythium, jamur ini muncul karena kurangnya oksigen terlarut dalam air. Lumut pada akar tanaman berasal dari air kolam, menunjukkan bahwa filter yang digunakan pada sistem tidak berfungsi dengan baik. Dan pada hari ke-30 kadar logam Cu kembali meningkat menjadi 27,82 mg/kg, dipengaruhi karena adanya proses pemotongan akar tanaman. Untuk

menghilangkan pengaruh keberadaan lumut dan jamur terhadap penyerapan nutrisi pada akar maka dilakukan pemotongan akar. Menurut¹⁴pemotongan akar dapat meningkatkan luas permukaan, diameter dan bobot segar akar tanaman. Dengan memotong ujung akar mampu meningkatkan pertumbuhan akar lateral. Pertumbuhan

akar – akar lateral akan memperbanyak jumlah akar sehingga serapan unsur hara semakin maksimal. Kadar logam Cu pada tanaman pakcoy hari ke 0, 10, 20, 30 masih dalam batas aman berdasarkan Surat Keputusan DirJend POM/03725/B/SKVII/89 untuk dikonsumsi.

Zn merupakan unsur hara mikro yang dibutuhkan oleh makhluk hidup. Dalam tanaman, Zn berperan dalam meningkatkan reaksi - reaksi metabolik, sintesis senyawa senyawa pertumbuhan tanaman, memproduksi klorofil dan karbohidrat¹⁵. Kadar logam Zn pada tanaman sama seperti logam Cu, terjadi peningkatan pada hari ke-10 dari 74,43 mg/kg menjadi 162,60 mg/kg dan mengalami penurunan yang cukup tajam pada hari ke-20 menjadi 55,33 mg/kg. Setelah dilakukan pemotongan akar tanaman penyerapan Zn meningkat pada hari ke - 30 mencapai 210,81 mg/kg. Dari data yang penyerapan diperoleh, logam Zn tanaman lebih besar dibandingkan Cu karena ketersediaan Zn didalam air juga lebih banyak dibandingkan Cu. Kadar logam Zn pada hari ke 0, 10, 20 dan 30 menurut DirJend Pom/03725/B/SKVII/89 melewati batas maksimal vaitu lebih dari 40 mg/kg untuk konsumsi.

Besi (Fe) merupakan logam yang berperan dalam pembentukan klorofil. Kadar Fe dalam tanaman harus dalam keadaan optimal sehingga pembentukan klorofil akan sempurna. Kadar Fe pada tanaman pakcoy di hari-0 adalah 387,67 mg/kg menunjukkan bahwa kandungan Fe pada tanaman pakcoy cukup tinggi dan memerlukan esensial Fe yang banyak. Pada hari ke-10 terjadi peningkatan kadar Fe menjadi 1286,82 mg/kg dan pada hari ke-20 kadar Fe menurun menjadi 475,00 mg/kg. Hal ini terjadi karena adanya lumut dan jamur yang menempel pada akar sehingga menghambat penyerapan unsur hara oleh akar tanaman, kemudian meningkat tajam pada hari ke- 30 menjadi 2583,61 mg/kg. Peningkatan kadar logam pada hari ke-30 dapat dipengaruhi oleh adanya pemotongan akar tanaman.

Menurut Surat Keputusan DirJend POM/03725/B/SKVII/89 tidak dicantumkan batas maksimum kadar Fe terhadap sayuran dan olahannya karena logam esensial Fe makhluk dibutuhkan oleh hidup. Melonjaknya kadar logam pada tanaman yang berada jauh diatas ambang batas konsumsi dapat disebabkan karena produksi nutrisi berlebih dari pakan ikan, tidak sebanding dengan jumlah tanaman yang tersedia untuk menyerap nutrisi¹⁶.

4 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa, sistem akuaponik ini mampu memberikan kebutuhan logam (Cu, Zn dan Fe) pada pembudidayaan ikan nila (Oreochromis niloticus) dan tanaman pakcoy (Brassica rapa L). Kadar logam Cu dan Zn pada ikan yang dibudidayakan dalam sistem akuaponik ini telah melewati batas maksimum yang ditetapkan oleh DirJend Pom/03725/B/SKVII/89 untuk dikonsumsi. Kadar logam Cu, Zn, pada tanaman pakcoy (Brassica rapa L) hari 0 masih berada dibawah batas baku mutu yang ditetapkan sehingga layak dikonsumsi, sedangakan kadar logam pada hari 10, 20 dan 30 telah berada diatas baku mutu yang ditetapkan oleh DirJend Pom/03725/B/SKVII/89.

5 Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Blasta Rumah Hidroponik Ulak Karang Padang, Laboratorium Terapan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas, Laboratorium Dasar dan Sentral Universitas Andalas, Laboratorium Kopertis wilayah X Padang yang telah memberikan bantuan fasilitas untuk penelitian ini.

Referensi

- 1. Diver S. Aquaponic-integration hydroponic with aquaculture. National Centre of Appropriate Technology. Department of Agriculture's Rural Bussiness Cooperative Service. P. 2006.
- 2. Helfrich, L. A and Libey, G. Fish Farming in Recirculating Aquaculture System (RAS). Department of Fisheries and Wildlife Sciences. Virginia Tech. 2000. 28
- 3. Mochtadi, D. Protein: Sumber dan Teknologi. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. *Institut Pertanian Bogor*, Bogor. 1989.
- Ira-Adeline, F.; Victor C.; Stefen-Mihai, P.; Elena.: The Presence Of Heavy Metals In Fish Meat From Danube River: An Overview. AACL Bioflux, 2016, 9(1),1388-1399.
- 5. Prita Fatma Adelia.; Koesriharti.; Sunaryo.: Pengaruh Penambahan Unsur Hara Mikro (Fe Dan Cu) Dalam Media Paitan Cair Dan Kotoran Sapi Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bayam Merah (Amaranthus Tricolor L) Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. Jurnal Produksi Tanaman . 2013, 1(3).

- 6. S. Langard, M. Costa,: Chromium. Handbook on the Toxicologyof Metals, 4th edition, Nordberg & Fowler & Nordberg Elsevier. 2014 (33).
- 7. Pfeiffer, Carl C.; Richard Mailloux.: Excess Copper As A Factor In Human Diseases. *Journal Of Orthomolecular Medicine*. 1987, 2(3).
- 8. Gurzau, E, S.; Corneliu Neagu.; Anca Elena Gurzau,: Essential Metals-Case Study On Iron. *Ecotoxicology And Environmental Safety*. 2003, 56, 190-200.
- 9. Bartzatt, Ronald. 2017. Neurological Impact Of Zinc Excess And Deficiency In Vivo. European Journal Of Nutrition And Food Safety. 7(3).155-160.
- 10. Nurhayati, Tati; Nurjanah; Alfi H. Z.; Komposisi mineral mikro dan logam berat pada ikan bandeng dari tambak tanjung pasir kabupaten tanggerang. *Depik*, 2014, 3 (3), 234-240.
- 11. Kajodinovic J; Potier M; Le Corre M; Cosson RP, Bustamante P. Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. *J Environment Poll.* 2007.146 (2): 548-566.
- 12. Kamal J. E.; Shareef K. M.; Nisam M.:. Heavy metal concentrations in some

- commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). Gaza, Palestine: *Chemistry, The Islamic University of Gaza.* 2013.
- 13. Gull C.; Labuschagnedan N.; Botha W J.: Pythium Species Associated With Wilt And Root Rot Of Hydroponically Grown Crops In South Africa. *African Plant Protection*. 2004, 10 (2).
- 14. Febriani, D.N.S.: Pengaruh Pemotongan Akar Dan Lama Aerasi Media Terhadap Pertumbuhan Selada (Lactuca Sativa L.) Nutrient Film Technique. *Jurnal Vegetalika* .2012, 1(1).
- Sri Ratmini.: Peluang Peningkatan Kadar Seng (Zn) Pada Produk Tanaman Serealia. Prosiding Seminar Nasional Lahan Sub optimal. 2014
- 16. Azizah E.; Fathurrahman, L.; Siti H. A. H.; Ahmad, J.; Wan, N. W. N.: Balancing Of Nutrient Uptake By Water Spinach (Lpomoea Aquatic) Nand Mustard Green (Brassica Juncea) With Nutrient Production By African Catfish (Clarias Garie pinus) In Scaling Aquaponik Recirculation System. Desalination and Water Treatment. 2016.

PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT Cu, Fe, DAN Zn DI DALAM AIR PADA SISTEM AKUAPONIK TANAMAN PAKCOY (Brassica rapa L.) - IKAN NILA (Oreochromis niloticus)

Deswati*, Yulizar Yusuf, Azimatul Karimah Muchtar

Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengtahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia *E-mail: deswati_ua@yahoo.co.id

Abstrak: Akuaponik adalah suatu integrasi dari budidaya hewan akuatik dan tanaman hidroponik dengan sistem resirkulasi air. Sistem produksi ini diharapkan dapat mengurangi masalah lingkungan dari limbah air budidaya ikan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dari penerapan sistem akuaponik terhadap kualitas air antara lain kandungan logam berat Cu, Fe, dan Zn dalam air. Sampel air diambil dari tiga lokasi yaitu tangki kolam ikan (TK), tangki setelah biofilter (TSB), dan tangki setelah hidroponik (TSH). Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 kali selama satu bulan yaitu pada 0 hari, 10 hari, 20 hari, dan 30 hari. Kandungan logam berat Cu, Fe, dan Zn dalam air dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom nyala (SSA). Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi logam berat Cu, Fe, dan Zn yang diperoleh paling tinggi pada hari ke-10, baik pada sampel air TK, TSB, maupun TSH. Menurut PP RI No 82 tahun 2001 untuk klasifikasi air kelas II dalam budidaya ikan dan tanaman, dari hasil parameter yang dianalisis untuk kandungan logam berat Cu, telah memenuhi standar baku mutu air, dan untuk kandungan logam berat Zn belum memenuhi standar baku mutu air, sedangkan untuk kandungan logam Fe tidak dipersyaratkan.

Kata kunci : Akuaponik, kualitas air, Logam berat (Cu, Fe, Zn), Pakcoy (*Brassica Rapa* L.), ikan Nila (*Oreochromis Niloticus*).

1. Pendahuluan

Pangan merupakan salah satu faktor penting dalam keberlangsungan hidup manusia. Secara global pertumbuhan permintaan dunia yang cepat meningkatnya populasi akan memberikan pengaruh signifinikan terhadap ketahanan pangan. Produksi hasil pangan yang banyak memerlukan lahan yang luas dan air bersih. Penyusutan lahan dan pencemaran air merupakan permasalahan dalam penyediaan pertanian yang menyebabkan berkurangnya produktifitas pertanian¹.

Akuaponik menjadi jawaban yang tepat untuk efisiensi air dan penghematan lahan mengkombinasikan budidaya yang pemeliharaan ikan dengan tanaman. Sistem akuaponik juga menghubungkan akuakultur ikan berprinsip resirkulasi yaitu tanaman tumbuh dalam satu sistem yang terintegrasi dan mampu menciptakan suatu simbiotik diantara keduanya2. Sistem ini merupakan budidaya ikan dan tanaman dengan terapan hemat lahan dan air. Selain hemat lahan dan air dalam pelaksanaannya, sistem akuaponik cukup efektif dalam mengurangi limbah buangan hasil budidaya. Manfaat terbesar dari penerapan sistem akuaponik yaitu air limbah budidaya ikan

dapat diserap dan digunakan sebagai pupuk oleh tanaman akuatik sehingga menurunkan konsentrasi cemaran serta meningkatkan kualitas air. Bakteri nitrifikasi yang terdapat pada media hidroponik memiliki peran penting dalam siklus nutrisi, tanpa mikroorganisme ini seluruh sistem tidak akan berjalan³.

Pada dasarnya, limbah ikan di perairan masih memiliki kandungan makro dan mikro nutrien yang dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi tanaman⁴. Pertumbuhan tanaman yang sehat membutuhkan kehadiran dan mikro nutrien makro tambahan yaitu, nitrogen (N), kalium (K), fosfor (P), kalsium (Ca), magnesium (Mg), Sulfur (S), besi (Fe), boron (B), tembaga (Cu), seng (Zn), dan mangan (Mn) dalam proporsi dan konsentrasi tertentu dalam air. Pada sistem budidaya tanpa pergantian air (zero water exchange) seperti pada kolam air tenang, konsentrasi limbah budidaya seperti nitrit amonia (NH₃), $(NO_2),$ CO_2 , kandungan logam berat akan meningkat sangat cepat dan bersifat toksik organisme budidaya. Sampai saat ini, dinamika keseimbangan ketersedian nutrisi dan efesiensinya dalam tanaman dalam

sistem aquaponik dengan belum sepenuhnya dipelajari pengecualian untuk nutrisi N, P, K^5 .

Prinsip dari akuaponik yaitu memanfaatkan secara terus menerus air dari pemeliharaan ikan ke tanaman dan sebaliknya dari tanaman ke kolam ikan sehingga diperlukan analisis terhadap kualitas air untuk menunjang pertumbuhan ikan dan tanaman. Analisis kandungan logam berat pada air budidaya ikan tanaman diperlukan karena konsentrasi logam berat yang tinggi dapat terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup sehingga mempengaruhi pertumbuhan serta perkembangan ikan dan tanaman yang dibudidayakan. Penelitian pada sistem akuaponik yang digunakan sebelumnya, lebih terfokus pada pengamatan frekuensi pemberian pakan ikan penyinaran tanaman⁶, keseimbangan nutrisi makro N, P, K dalam sistem akuaponik⁵, disertai dengan analisis kualitas air yang optimum untuk mempercepat pertumbuhan ikan dan tanaman6. Oleh karena itu peneliti melakukan analisis terhadap penerapan sistem akuaponik dengan budidaya tanaman Pakcoy (Brassica Rapa L.) - ikan Nila (Oreochromis Niloticus). Penelitian ini dilaksanakan secara tim, dengan 3 bagian. Analisis kandungan logam berat (Cu, Fe, Zn) di dalam air oleh saya Azimatul, untuk analisis kandungan nitrat, nitrit, amonia dalam air dilakukan oleh rekan saya Niki dan untuk analisis kandungan logam berat (Cu, Fe, Zn) dalam tanaman dan ikan oleh rekan saya Egieta.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer Serapan Atom

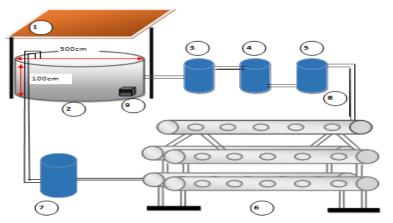
(SSA), neraca analitis, kolam ikan, tangki air, pipa PVC, pompa air, aerator, *netpot*, dan peralatan gelas yang umum digunakan dalam laboratorium. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pakan ikan, bibit sayuran, media tanam (*rockwool*), 1000 ekor ikan (8-10 cm), air kolam sebanyak 6 m³, akuades, asam nitrat (HNO₃) p.a, larutan KMnO₄ 0,01 N, Na₂S₂O₃ 0,01 N, asam sulfat (H₂SO₄) 4N, KI 5%, amilum 1%, larutan induk Cu Merck, larutan induk Fe Merck dan larutan induk Zn Merck.

2.2 Persiapan Sistem Akuaponik

Sistem akuaponik (Gambar 2.1) dibuat dengan menghubungkan tangki kolam ikan (TK=diameter 300 cm, tinggi 100 cm), tangki penyaring sedimen (150 dm³), tangki biofilter (150 dm³), tangki air hasil filtrasi (TSB=150 dm³), rangkaian hidroponik dan tangki akhir penampung air setelah melewati tanaman hidroponik (TSH=150 dm³) menggunakan pipa PVC. Kolam ikan diisi dengan air sebanyak 6 m³, dimasukkan ±1000 ekor ikan dengan panjang ± 8 -10 cm dan berat ± 6,8430 g/ekor. Pelet ikan dimasukkan ke dalam kolam ikan sebanyak 2% dari berat ikan total dengan frekuensi pemberian pelet 2 kali sehari. Setiap pelet mengandung logam Cu, Fe, dan Zn sebanyak ±2,7 g/kg; 60,7 g/kg; 3,8 g/kg secara berturut-turut⁷.

2.3 Persiapan media tanam

Media tanam yang digunakan yaitu rockwool dengan ukuran 40 x 30 cm, kemudian dipotong-potong menjadi 1x1 cm untuk memudahkan saat pemindahan bibit dari media semai ke dalam *netpot*. Bibit pakcoy disemai selama 2 minggu sebelum dipindahkan ke rangkaian hidroponik.



Keterangan gambar :

- 1. Atap
- 2. Kolam ikan
- 3. Tangki penampung air kolam
- 4. Tangki biofilter
- 5. Tangki penampung air hasil biofilter
- 6. Rangkaian hidroponik
- 7. Tangki penampung air dari rangkaian hidroponik
- 8. Pipa
- 9. Aerator

Gambar 2.1 Skema Rangkaian Alat Penelitiaan

2.4 Analisis sistem Akuaponik

Analisis kualitas air yang dilakukan pada sistem akuaponik ini terhadap kandungan Logam Cu, Fe, dan Zn dalam sampel air dari tangki kolam ikan (TK), tangki setelah biofilter (TSB), tangki setelah hidroponik (TSH) pada 0, 10, 20 dan 30 hari.

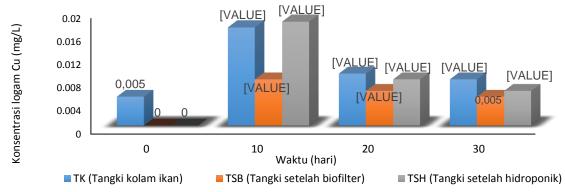
a. Preparasi sampel

Sebelum sampel air dianalisis menggunakan alat SSA, terlebih dahulu didestruksi dengan sampel air menambahkan 5 mL HNO3 p.a ke dalam 50 mL sampel air, lalu dipanaskan perlahan hingga larutan tinggal ±15 mL. Kemudian diencerkan kembali di dalam labu 50 mL dengan penambahan akuades hingga tanda batas. Lalu disaring menggunakan kertas selanjutnya larutan saring. dianalisis menggunakan alat SSA (SNI 6989.6:2009)

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Analisis data kandungan logam berat

diperoleh menunjukkan Data yang konsentrasi logam Cu di dalam tangki kolam ikan pada hari ke-0 yaitu 0,005 mg/L dan pada hari ke-10 sedikit mengalami peningkatan yaitu 0,017 mg/L. Konsentrasi logam Cu pada hari ke-10 lebih tinggi dari hari ke-0, hal ini disebabkan pada hari ke-0 belum beroperasinya sistem akuaponik. Meski demikian, setelah 20 dan 30 hari konsentrasi logam Cu dalam tangki kolam ikan mengalami penurunan menjadi 0,009 dan 0,008 Tingginya mg/L mg/L. konsentrasi logam Cu pada hari ke-10 penumpukan dikarenakan banyaknya pakan ikan di dasar kolam. Kemudian pada 30 terjadi hari 20 dan penurunan konsentrasi logam Cu disebabkan karena sebagian logam telah dimanfaatkan untuk kebutuhan pertumbuhan ikan dan tanaman.



Gambar 3.1 Grafik hubungan waktu dengan konsentrasi logam Cu dalam air pada sistem akuaponik Pakcoy-Nila.

Menurut PP. RI. No. 82 tahun 2001, nilai ambang batas konsentrasi logam Cu untuk klasifikasi mutu air kelas II dalam sistem pembudidayaan ikan dan tanaman yaitu 0,02 mg/L. Jika dilihat dari data (Gambar 3.1), pada data hari ke-30 konsentrasi logam Cu yang diperoleh lebih kecil dari hari sebelumnya dan konsentrasi logam Cu yang diperoleh < 0,02 mg/L. Jadi sistem akuaponik ini mampu mengurangi konsentrasi logam Cu pada air dan telah memenuhi baku mutu air.

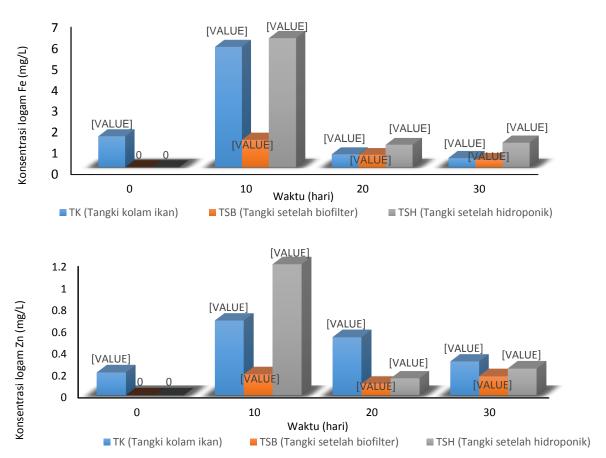
3.2 Analisis data kandungan logam berat

Data yang diperoleh menunjukkan konsentrasi logam Fe di dalam air kolam pada hari ke-0 yaitu 1,474 mg/L, dan pada hari ke-10 konsentrasi logam Fe mengalami peningkatan yaitu 5,727 mg/L. Konsentrasi logam Fe hari ke-10 lebih tinggi dari hari

ke-0, hal ini dikarenakan pada 0 hari belum beroperasinya sistem akuaponik. Meski 30 demikian, 20 dan setelah hari konsentrasi logam Fe dalam air kolam mengalami penurunan yang signifikan menjadi 0,613 dan 0,44 mg/L. Hal ini karena disebabkan logam Fe sangat dibutuhkan dan merupakan unsur hara makro bagi pertumbuhan tanaman. Tingginya konsentrasi logam Fe pada hari ke-10 dikarenakan banyaknya penumpukan pakan ikan di dasar kolam. Kemudian pada dan 30 terjadi penurunan konsentrasi logam Fe disebabkan karena sebagian logam telah dimanfaatkan untuk kebutuhan pertumbuhan ikan dan tanaman.

Konsentrasi logam Fe berkurang setelah melewati biofilter (Gambar 3.2). Hal ini disebabkan karena terjadinya proses penyerapan atau filtrasi logam Fe oleh batu apung yang terdapat pada tangki biofilter, sehingga terjadinya penurunan konsentrasi logam Fe setelah melewati tangki biofilter¹⁰. Tingginya ketersedian logam Fe di dalam larutan, membuat hanya sebagian logam Fe yang diserap langsung oleh tanaman sebagai nutrisi, sedangkan sebagian lagi terakumulasi pada akar dan menempel pada misel-misel akar⁹. Jika dibandingkan antara data hari 30 dengan data hari

sebelumnya, maka dapat dilihat sistem akuaponik ini mampu mengurangi konsentrasi logam Fe pada air. Sesuai dengan PP. RI. No. 82 tahun 2001, untuk klasifikasi mutu air kelas II dalam sistem pembudidayaan ikan dan tanaman, konsentrasi logam Fe tidak dipersyaratkan, karena logam Fe merupakan nutrisi yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup.



Gambar 3.2 Grafik hubungan waktu dengan konsentrasi logam Fe dalam air pada sistem

akuaponik

Pakcoy-Nila.

3.3 Analisis data kandungan logam berat Zn

Data yang diperoleh menunjukkan logam Zn di dalam kolam ikan pada hari ke-0 dan hari ke-10 yaitu 0,21 mg/L; 0,683 mg/L. Konsentrasi logam Zn pada hari ke-10 lebih tinggi dari hari ke-0, hal ini dikarenakan pada 0 hari belum beroperasinya sistem akuaponik. Meski demikian, setelah 20 dan 30 hari konsentrasi logam Zn dalam air

kolam mengalami penurunan menjadi 0,532 dan 0,309 mg/L. Tingginya konsentrasi logam Zn pada hari ke-10 dikarenakan banyaknya penumpukan pakan ikan di dasar kolam. Kemudian pada hari 20 dan 30 terjadi penurunan konsentrasi logam Zn disebabkan karena sebagian logam telah diserap dan dimanfaatkan untuk kebutuhan pertumbuhan ikan dan tanaman

Gambar 3.3 Grafik hubungan waktu dengan konsentrasi logam Zn dalam air pada sistem akuaponik Pakcoy-Nila.

Berdasarkan (Gambar 3.3) pada hari 10, 20 dan 30, konsentrasi logam Zn berkurang setelah melewati tangki biofilter. Hal ini disebabkan karena terjadinya reaksi penyerapan atau filtrasi logam Zn oleh batu apung yang terdapat pada tangki biofilter8. Logam Zn merupakan unsur hara mikro bagi tanaman sedangkan ketersedian unsur ini tinggi di dalam larutan, sehingga hanya sebagian logam Zn yang terserap langsung oleh tanaman sebagai nutrisi, sedangkan sebagian lagi terakumulasi pada akar dan menempel pada misel-misel akar9. Jika dibandingkan antara data hari ke-30 dengan data hari sebelumnya, sistem mampu akuaponik ini mengurangi konsentrasi logam Zn.

Namun menurut PP. No 82 tahun 2001, untuk klasifikasi mutu air kelas II, konsentrasi maksimum logam Zn yang diperbolehkan dalam sistem pembudidayaan ikan dan tanaman yaitu 0,05 mg/L. jadi dapat disimpulkan konsentrasi logam Zn belum memenuhi baku mutu air, karena masih berada di atas nilai ambang batas.

3.4 Kandungan logam berat (Cu, Fe, Zn) dalam ikan dan tanaman

Kadar logam Cu pada ikan hari 0, 10, 20 dan 30 adalah 9,37 mg/kg, 10,23 mg/kg, 22,94 mg/kg, 23,97 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa kadar tembaga pada memiliki pengaruh yang nvata terhadap ukuran tubuh ikan karena dari 0 hingga ke hari-30 terjadi pertambahan berat ikan¹¹. Kadar logam Fe pada ikan hari 0, 10, 20 dan 30 mengalami peningkatan. Namun kandungan logam Zn berkurang pada daging ikan, ini disebabkan karena kebutuhan ikan terhadap logam Zn dalam jumlah mikro dan pertumbuhan ikan semakin bertambah sehingga kandungan logam Zn dan Cu yang diperoleh menurun sampai 30 hari. akan Berdasarkan Keputusan Dir Jend Pom/03725/B/SKVII/89 kadar logam Cu, Zn, pada ikan budidaya akuaponik ini tidak aman dikonsumsi karena kadar logam tertinggi melebihi baku mutu yang Diretapkan. Namun, kadar logam Fe belum Diretapkan batas maksimumnya karena sifat logam Fe yang sangat dibutuhkan oleh tubuh ikan.

Kadar logam Cu pada tanaman pakcoy hari ke 0, 10, 20, 30 masih dalam batas aman berdasarkan Surat Keputusan Dir Jend POM/03725/B/SKVII/89 untuk dikonsumsi. Dari data yang diperoleh, penyerapan logam Zn oleh tanaman lebih besar dibandingkan Cu. Kadar logam Zn pada hari ke 0, 10, 20 dan 30 menurut DirJend Pom/03725/B/SKVII/89 telah melewati batas maksimal yaitu lebih dari 40 mg/kg untuk konsumsi.

Kadar Fe pada tanaman pakcoy di hari-0 adalah 387,67 mg/kg menunjukkan bahwa kandungan Fe pada tanaman pakcoy cukup tinggi dan memerlukan esensial Fe yang banyak. Pada hari ke-10 terjadi peningkatan kadar Fe menjadi 1286,82 mg/kg dan pada hari ke-20 kadar Fe menurun menjadi 475,00 mg/kg. Hal ini karena adanya lumut teriadi vang menempel pada akar sehingga menghambat penyerapan unsur hara oleh akar tanaman serta kebutuhan lumut terhadap ion Fe, kemudian meningkat tajam pada hari ke-30 menjadi 2583,61 mg/kg. Peningkatan kadar logam pada hari ke-30 dapat dipengaruhi oleh adanya pemotongan akar tanaman. Menurut Surat Keputusan DirJend POM/03725/B/SKVII/89 dicantumkan batas maksimum kadar Fe terhadap sayuran dan olahannya karena logam esensial Fe sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup. Melonjaknya kadar logam pada tanaman yang berada jauh diatas ambang batas kadar logam berdasarkan Keputusan DirJend Surat POM/03725/B/SKVII/89 dapat disebabkan karena tidak seimbang antara produksi nutrisi oleh budidaya ikan penyerapan nutrisi oleh tanaman¹².

Pada sistem akuaponik ini terdapat ketidakseimbangan antara besarnya kolam ikan, jumlah ikan, jumlah nutrisi, dan jumlah tanaman yang akan menyerap Dimana jumlah ikan nutrisi. yang dibudidayakan mencapai 1000 ekor dalam kolam yang sangat luas sehingga pakan yang diberikan sangat besar jumlahnya dan akan berbanding lurus dengan feses ikan dihasilkan, sedangkan jumlah tanaman yang akan menyerap nutrisi hanya 45 tanaman. Hal ini yang menyebabkan tanaman kelebihan unsur hara logam sehingga pertumbuhan tanaman terhambat dan tanaman menjadi kerdil. Kualitas air yang dialirkan kembali ke kolam tidak menjadi lebih baik karena kurangnya filter berupa tanaman yang akan menyerap ammonia dan unsur hara lainnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem akuaponik Pakcoy-Nila mampu mengurangi konsentrasi logam berat Cu, Fe, dan Zn di dalam air. Menurut PP RI. No 82 tahun 2001 konsentrasi logam Cu yang diperoleh telah memenuhi baku mutu air budidaya ikan dan tanaman yaitu 0,02 mg/L, untuk logam Zn belum memenuhi baku mutu air budidaya ikan dan tanaman 0,05 mg/L, sedangkan untuk logam Fe tidak dipersyaratkan.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Blasta Rumah Hidroponik Ulak Karang, Laboratorium Analitik Terapan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas, Laboratorium Dasar dan Sentral Universitas Anadalas, dan Laboratorium Kopertis Wilayah X Padang yang telah memberikan bantuan fasilitas untuk penelitian ini.

Referensi

- 1. Wongkiew, S., Popp, B. N., Kim, H. Khanal, S. K. 2017. Fate of Nitrogen in Floating-Raft Aquaponic Systems Using Natural Abundance Nitrogen Isotopic Compositions. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 125: 24-32.
- 2. Rakocy J, Nelson RL, and Wilson G. 2005. Aquaponic is the combination of aquaculture (fish farming) and hydroponic (growing plants without soil). In: Question and answer by Dr. James Rakocy. *Aquaponics Journal*. 4 (1): 8-11
- 3. Pattillo, A.D. dan Kurt A. R., 2013. Aquaponic System Design and Management, *Iowa State University*, Amerika Serikat.
- 4. Diver S. 2006. Aquaponic-integration hydroponic with aquaculture. National Centre of Appropriate Technology. Department of Agriculture's Rural Bussiness Cooperative Service. P. 28.
- 5. Delaide, B., Delhaye G., Dermience M., Gott J., Soyeurt H., Haissam, M. 2017. Plant and fish production performance, nutrient mass balances, energy and water use of the PAFF Box, a small-scale aquaponic system. Aquacultural

- Engineering. http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2 017.06.002
- 6. Liang, J.-Y., Chien, Y.-H., 2013. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia water spinach raft aquaponics system. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85 (2013): 693-700.
- 7. Sikumbang, I. 2017. Pemanfaatan Media Arang Batok Kelapa Dan Arang Sekam Padi Pada Budidaya Kangkung (Ipomoe Aquatica) Untuk Mengurangi Kandungan Ammonia, Sulfida, Tembaga Dan Seng Dalam Sistem Hidroponik Skala Laboratorium. FMIPA. Universitas Andalas. Padang.
- 8. Babakhani, N., Khorm, M. R., Sobhanardakani, S. 2016. Kinetic study of heavy metal ions removal from aqueous solutions using activated pumice tone. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 3 (1): 47-53.
- 9. Alkorta, I., Becerril, J. M., Garbisu, C. 2010. Phytostabilization of Metal Contaminated Soils. *Environmental Health*, 2 (25): 135-146.
- 10. Alireza R., Monireh, A., Zahra K.I. 2011. Investigating iron removal from water by using of pumice stone. *Water and Wastwater*, 2 (22): 39-45.
- 11. Nurhayati, Tati; Nurjanah; Alfi Hamdan Zamzami. 2014. Komposisi mineral mikro dan logam berat pada ikan bandeng dari tambak tanjung pasir kabupaten tanggerang. Depik, 3, 3. 234-240.
- 12. Azizah Endut, Dkk. 2016. Balancing Of Nutrient Uptake By Water Spinach (Lpomoea Aquatic) Nand Mustard Green (Brassica Juncea) With Nutrient Production By African Catfish (Clarias Garie pinus) In Scaling Aquaponik Recirculation System. Kuala Terenggamu, Malaysia: Sultan Zainal Abidin University.

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI NH₄OH, NH₄NO₃, DAN PENCUCIAN PADA PENGENDAPAN R₂O₃ TERHADAP KANDUNGAN Al₂O₃ DALAM SEMEN OPC DENGAN METODE GRAVIMETRI

Yulizar Yusuf, Hermansyah Aziz, Febri Maulana, Erin Ashari*

Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengtahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia *E-mail: erinmuse.18@gmail.com

Abstrak: Semen merupakan campuran dari batu kapur, pasir silika, tanah liat dan pasir besi yang melalui proses kalsinasi sehingga menghasilkan C₂S (Dikalsium Silikat), C₃S (Trikalsium Silikat), C₃A (Trikalsium Aluminat), dan C₄AF (Tetrakalsium Aluminoferrit). Kehadiran Al₂O₃ dalam bentuk C₃A sangat menentukan kualitas dari semen khususnya pada kuat tekan dan waktu pengerasan. Kadar Al₂O₃ pada semen portland di PT. Semen Padang cenderung tinggi yang mengakibatkan semen mempunyai sifat tidak kekal bentuknya (mengembang) akibat panas yang terlalu tinggi pada waktu pengerasan. Al₂O₃ yang terdapat didalam endapan R₂O₃ perlu dikontrol agar tidak melebihi batas maksimal (± 6%). Untuk mengatasi kelebihan Al₂O₃ maka perlu dilakukan variasi konsentrasi NH₄OH, NH₄NO₃, dan pencucian pada pengendapan R₂O₃ terhadap kandungan Al₂O₃ dalam semen OPC (*Ordinary Portland Cement*). Dilakukan juga analisis dengan XRF untuk melihat komposisi kimia semen yang menjadi acuan dalam menurunkan kadar Al₂O₃. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode gravimetri berpengaruh dalam menurunkan kadar Al₂O₃ dengan persentase pengurangan mencapai 16.01% pada variasi volume pencucian endapan R₂O₃, namun pada variasi konsentrasi NH₄OH tidak mengalami perubahan.

Kata kunci: OPC (Ordinary Portland Cement), metoda gravimetri, NH₄OH, NH₄NO₃

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi infrastruktur memegang peranan penting dalam pembangunan nasional. Untuk terus melakukan perkembangan nasional, diperlukan material penunjang vaitu semen[1].

Semen adalah bahan konstruksi yang merupakan *hydraulic binder* (perekat hidraulis) yang berarti bahwa senyawasenyawa yang terkandung didalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat sebagai perekat terhadap batuan[2].

Semen merupakan bahan konstruksi yang memerlukan kualitas yang sesuai dengan permintaan konsumen dan memenuhi persyaratan standar. Melalui pengendalian kualitas yang baik dan dilakukan secara terus menerus akan diperoleh kualitas semen yang stabil dan sesuai dengan perencanaan kualitas[3].

Semen portland didefinisikan sebagai produk yang didapatkan dari penggilingan halus klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidraulik. Pada saat semen dicampur dengan air, timbul reaksi antara komponen semen dengan air. Reaksi reaksi ini menghasilkan beberapa macam senyawa kimia salah satunya ialah

Trikalsium Aluminat (3CaO.Al₂O₃) disingkat menjadi C₃A[4].

Senyawa C₃A bereaksi dengan sangat cepat secara isotermik, memberikan kekuatan awal yang sangat cepat pada 24 jam pertama. C₃A sangat berpengaruh pada nilai panas hidrasi yang tinggi, baik pada saat awal maupun pada saat pengerasan berikutnya. Senyawa ini mempengaruhi kuat tekan sampai tingkat tertentu[4].

Senyawa C₃A mengalami hidrasi yang menyebabkan sangat cepat pengerasan awal kurang tahan terhadap kimiawi menunjukkan agresi dan desintegrasi (perpecahan) oleh sulfat yang ada di air tanah. Mudah mengalami perubahan volume sehingga besar kemungkinan mengalami retak-retak. Senyawa ini kurang diinginkan karena hanya memberikan sedikit sumbangan pada kekuatan mortar. Apabila terjadi sulfat. formasi calcium sulphoaluminate (ettringite) yang dihasilkan dapat menimbulkan gangguan[5].

Kadar Al_2O_3 (terkandung didalam C_3A) pada semen OPC (*Ordinary Cement Portland*) khususnya di PT. Semen Padang cenderung tinggi yang mengakibatkan semen mempunyai sifat tidak kekal

(mengembang) akibat panas yang terlalu tinggi pada waktu pengerasannya. Selain itu senyawa ini juga dapat dipengaruhi oleh senyawa sulfat (SO₃), sehingga semen menjadi tidak tahan sulfat[6].

Untuk menurunkan kadar Al_2O_3 , maka dalam penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi NH_4OH dan NH_4NO_3 serta variasi volume pencucian pada pengendapan R_2O_3 terhadap kandungan Al_2O_3 dalam semen OPC dengan metoda gravimetri dan melihat komposisi kimia semen OPC dengan menggunakan XRF.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan adalah X-ray fluorescence (XRF), spatula, neraca analitik digital, cawan platina, penangas pasir, *hot plate*, *furnace* 800°C dan 1000°C, gelas piala (ukuran 30 mL, 400 mL, 600 mL), batang pengaduk, corong, dan gelas ukur.

2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan semen OPC 1 (semen OPC Indarung II), OPC 2 (semen Indarung III), OPC 3 (semen Indarung IV), metil merah sebagai indikator, NH₄OH (1:1, 1:2, 1:3) sebagai pembentuk endapan, HCl 1:1 untuk melarutkan endapan, NH₄NO₃ (1%, 2%, 3%) sebagai pencuci endapan, kertas saring (Whatman 41), NH₄Cl, HNO₃ 1:1, akuades panas.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Analisis komposisi semen OPC dengan XRF

Analisis komposisi kimia semen OPC 1, OPC 2, dan OPC 3 dilakukan menggunakan XRF dengan menimbang 0.5 g sampel. Kemudian dimasukkan ke dalam cincin XRF dan diproses hingga berbentuk tablet. Komposisi material diuji dengan alat XRF tersebut.

2.3.2 Filtrat semen OPC untuk penentuan R_2O_3

Semen tipe OPC 1, OPC 2, dan OPC 3 ditimbang 0,5 gram, kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala 30 mL dan ditambahkan dengan sebanyak 1 gram, sedangkan blangko yang digunakan adalah NH₄Cl 1 gram tanpa semen. Pada setiap semen tipe OPC ditambahkan masing-masing 5 mL HCl 1:1 dan 1-2 tetes HNO₃ 1:1. Kemudian diaduk dan ditutup dengan kaca arloji. Sampel didigest selama 30 menit hingga terbentuk kristal berwarna jingga. Gelas

piala 400 mL beserta corong yang sudah dilengkapi kertas saring (Whatman 41) dipersiapkan. Sampel yang sudah didigest tadi kemudian disaring. Dinding gelas piala yang didigest dibilas dengan akuades panas dan dibersihkan dengan batang pengaduk yang dilengkapi karet penggosok. Kemudian endapan pada kertas saring dicuci dengan 5 mL HCl 1:1 dan dicuci kembali dengan akuades panas hingga volume filtrat mencapai 200 mL.

2.3.3 Variasi volume pencucian endapan R₂O₃ menggunakan NH₄NO₃

Filtrat yang disimpan pada langkah kerja sebelumnva (2.3)dipanaskan volume filtrat mencapai 150 mL. Kemudian ditambahkan 3-4 tetes indikator metil merah. NH₄OH 1:1 ditambahkan sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna yang berisi endapan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan dicuci menggunakan NH₄NO₃ 2% panas dengan variasi volume yakni 40 mL, 80 mL, dan 160 mL. Endapan beserta kertas saring dipindahkan kedalam gelas piala yang semula digunakan untuk pengendapan. Endapan dilarutkan dengan 5 mL HCl 1:1 panas dan diaduk hingga kertas saring hancur. Kemudian ditambahkan 100 mL akuades mendidih. Larutan berisi endapan dipanaskan hingga mendidih. Setelah itu ditambahkan kembali 3-4 tetes indikator metil merah. NH₄OH 1:1 ditambahkan sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan menggunakan 4-10 mL NH₄NO₃ 2% panas. Endapan dipijarkan pada furnace 800°C selama 10 menit. Kemudian endapan dipijarkan lagi pada furnace 1000°C selama 30 menit. Berat endapan ditimbang.

2.3.4 Variasi konsentrasi NH_4OH pada pengendapan R_2O_3

Filtrat yang disimpan pada langkah kerja dipanaskan sebelumnya (2.3)hingga volume mencapai filtrat 150 mL. Kemudian ditambahkan 3-4 tetes indikator metil merah. NH₄OH ditambahkan dengan variasi konsentrasi vakni 1:1 (50 mL NH₄OH : 50 mL akuades), 1:2 (30 mL NH₄OH : 60 mL

akuades), 1:3 (25 mL NH₄OH : 75 mL akuades) sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring *Whatman* 41. Endapan dicuci menggunakan 20 mL NH₄NO₃ 2% panas. Endapan beserta kertas saring dipindahkan kedalam gelas piala yang semula digunakan untuk pengendapan. Endapan dilarutkan dengan 5 mL HCl 1:1 panas dan diaduk hingga kertas saring hancur. Kemudian ditambahkan 100 mL mendidih. akuades Larutan endapan dipanaskan hingga mendidih. Setelah itu ditambahkan kembali 3-4 tetes indikator metil merah. ditambahkan dengan variasi konsentrasi yakni 1:1 (50 mL NH₄OH : 50 mL akuades), 1:2 (30 mL NH₄OH : 60 mL akuades), 1:3 (25 mL NH₄OH : 75 mL akuades) sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring *Whatman* 41. Endapan dicuci menggunakan 4-10 mL NH₄NO₃ 2% panas. Endapan dipijarkan pada furnace menit. 800°C selama 10 Kemudian endapan dipijarkan lagi pada furnace 1000°C selama 30 menit. Berat endapan ditimbang.

2.3.5 Variasi konsentrasi NH4NO3 pada pencucian endapan R2O3

Filtrat yang disimpan pada langkah kerja sebelumnya (2.3) dipanaskan hingga volume filtrat mencapai 150 mL. Kemudian ditambahkan 3-4 tetes NH₄OH indikator metil merah. 1:1 ditambahkan sambil diaduk terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan dicuci menggunakan 20 mL NH₄NO₃ panas dengan variasi konsentrasi yakni 1%, 2%, dan 3%. Endapan beserta kertas saring dipindahkan kedalam gelas piala yang semula digunakan untuk pengendapan. Endapan dilarutkan dengan 5 mL HCl 1:1 panas dan diaduk hingga kertas saring hancur. Kemudian ditambahkan 100 mL mendidih. akuades Larutan berisi endapan dipanaskan hingga mendidih. Setelah itu ditambahkan kembali 3-4 tetes indikator metil merah. NH₄OH

ditambahkan sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan dicuci menggunakan 4-10 mL NH₄NO₃ panas dengan variasi konsentrasi yakni 1%, 2%, dan 3%. Endapan dipijarkan pada furnace 800°C selama 10 menit. Kemudian endapan dipijarkan lagi pada furnace 1000°C selama 30 menit. Berat endapan ditimbang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Komposisi kimia semen OPC dengan alat XRF

Telah dilakukan pengukuran komposisi kimia semen tipe OPC 1, OPC 2, dan OPC 3 menggunakan XRF. Semen yang dianalisis ialah semen yang bersumber dari PT. Semen Padang. Semen yang diuji belum diberi perlakuan apapun, sehingga muncul kadar oksida-oksida logam yang masih murni tiap semen OPC.

Tabel 1. Komposisi kimia semen tipe OPC dengan menggunakan XRF.

No.	Analisa Kimia Semen (%)	OPC 1	OPC 2	OPC 3
1.	Fe ₂ O ₃	3.06	3.09	3.30
2.	Al_2O_3	4.48	5.50	5.69
3.	CaO	65.63	63.66	63.30
4.	MgO	0.80	0.70	0.67
5.	SiO ₂	20.52	21.39	22.18
6.	SO₃	2.04	1.94	1.86

Ket : OPC 1 = semen OPC Indarung II

OPC 2 = semen OPC Indarung III

OPC 3 = semen OPC Indarung IV

Oksida-oksida logam yang muncul merupakan komponen mayor dan minor dari semen OPC yang berasal dari bahan baku utama semen. Komponen mayor terdiri dari CaO, SiO $_2$, Al $_2$ O $_3$, dan Fe $_2$ O $_3$. Sedangkan komponen minor terdiri dari MgO dan SO $_3$.

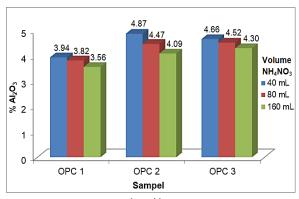
Data hasil XRF diatas (tabel 1) menunjukkan kandungan Al₂O₃ pada OPC 1, OPC 2, dan OPC 3 yakni 4.48%, 5.50%, dan 5.69%. Kandungan Al₂O₃ OPC 1 memiliki kadar paling rendah dibandingkan OPC 2 dan OPC 3. Perbedaan komposisi kimia tiap jenis semen OPC disebabkan karena proses yang dilalui semen dan alat / gangguan alat yang dialami disetiap pabrik Indarung berbeda.

Nilai persentase Al_2O_3 dan Fe_2O_3 pada XRF digunakan sebagai acuan pada pekerjaan /penelitian selanjutnya menggunakan metoda gravimetri dengan melakukan variasi konsentrasi NH_4OH dan NH_4NO_3 serta variasi volume pencucian

pada endapan R_2O_3 terhadap kandungan Al_2O_3 .

3.2 Pengujian pengaruh variasi volume pencucian endapan R_2O_3 menggunakan NH_4NO_3 terhadap kadar Al_2O_3 pada semen OPC 1, OPC 2, dan OPC 3

Perlakuan pengujian variasi volume pencucian endapan R_2O_3 ini dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap kadar Al_2O_3 pada semen tipe OPC 1, OPC 2, dan OPC 3. NH_4NO_3 2% digunakan sebagai pencuci endapan R_2O_3 dengan variasi volumenya yakni 40 mL, 80 mL, dan 160 mL.



pencucian endapan R₂O₃ menggunakan NH₄NO₃ terhadap kandungan Al₂O₃ pada semen OPC 1, OPC 2, dan OPC 3.

SNI 15-2049-2004. Pada prosedur pencucian endapan R₂O₃ dengan NH₄NO₃ dilakukan 2% 2 kali dimana mL/pencucian. Sedangkan pada penelitian dilakukan variasi volume pencucian 40 mL, 80 mL, hingga 160 mL. Terlihat pada gambar 2 bahwa kadar Al₂O₃ menurun meningkatnya jumlah seiring volume pencucian. Ini dikarenakan Al₂O₃ larut dalam pencucian yang ditandai dengan beningnya filtrat R₂O₃. grafik diatas (gambar 1) kandungan Al₂O₃ pada variasi volume pencucian 160 mL menunjukkan persentase Al₂O₃ paling kecil dibandingkan pencucian 40 mL dan 80 mL. Yakni 3.56% pada OPC 1, 4.09% pada OPC 2, dan 4.30% pada OPC 3.

Dari ketiga jenis semen, semen OPC 1 memiliki kadar Al_2O_3 paling kecil dibandingankan semen OPC 2 dan 3. Ini dikarenakan perbedaan sumber dan kandungan semen. Perbedaan ini bisa dillihat pada tabel 1 yang merupakan hasil XRF dari setiap semen.

Endapan R_2O_3 sangat berpengaruh terhadap nilai Al_2O_3 . R_2O_3 merupakan penjumlahan dari Fe_2O_3 dan Al_2O_3 . Kadar Al_2O_3 menurun seiring berkurangnya nilai

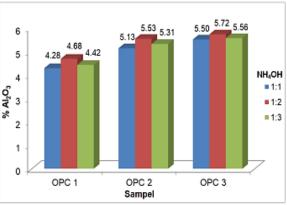
R₂O₃ yang ditandai dengan sedikitnya endapan yang terbentuk dari proses pembakaran dan persentase pengurangan kadar Al₂O₃ yang terjadi mencapai 16.01%.

Variasi volume pencucian berpengaruh terhadap endapan yang terbentuk. Semakin banyak dilakukan pencucian akan meningkatkan daya larut senyawa endapan dan mengakibatkan keseimbangan bergeser ke arah kiri dan sebaliknya. Pencucian yang terlalu sedikit menyebabkan pengotor masuk kedalam endapan. Hal ini dapat menambah bobot dan kadar Al₂O₃.²⁶

Kandungan Al_2O_3 pada XRF (tabel 1) dan metoda gravimetri (gambar 1) menunjukkan adanya perbedaan. Metoda gravimetri sangat berpengaruh untuk menurunkan kadar Al_2O_3 .

3.3 Pengujian pengaruh variasi konsentrasi NH_4OH pada pengendapan R_2O_3 terhadap kadar Al_2O_3 dalam semen OPC 1, OPC 2, dan OPC 3

Perlakuan pengujian variasi konsentrasi NH₄OH pada pengendapan R₂O₃ ini dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap kadar Al₂O₃ pada semen tipe OPC 1, OPC 2, dan OPC 3. NH₄OH digunakan sebagai pembentuk endapan dari R₂O₃. Variasi konsentrasi NH₄OH yang digunakan pada pangujian ini yaitu 1:1 (50 mL NH₄OH : 50 mL akuades), 1:2 (30 mL NH₄OH : 75 mL akuades), 1:3 (25 mL NH₄OH : 75 mL akuades).



konsentrasi NH_4OH pada pengendapan R_2O_3 terhadap kadar Al_2O_3 dalam semen OPC 1, OPC 2, dan OPC 3.

Pengendapan R₂O₃ mulai terjadi ketika ditambahkan pengompleks metil merah 3 - 4 tetes dan NH₄OH dengan terbentuknya sejumlah partikel berwarna jingga. Grafik diatas (gambar 2) menunjukkan bahwa pada pengujian ini tidak terjadi perubahan karena NH₄OH hanya berperan sebagai pembentuk

endapan, sehingga tidak berpengaruh terhadap kadar Al_2O_3 .

Pada semen OPC 1 dengan variasi NH_4OH 1:1, 1:2, dan1:3, memiliki kadar Al_2O_3 paling kecil dengan rentang 4.28-4.68% dibandingkan OPC 2 dan 3 (gambar 2). Persentase penambahan kadar Al_2O_3 yang terjadi mencapai 8.54%. Kandungan Al_2O_3 pada hasil XRF (tabel 1) dengan pengujian ini menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda.

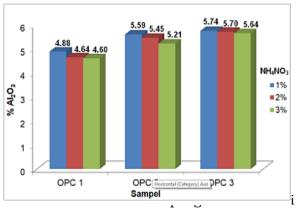
3.4 Pengujian pengaruh variasi konsentrasi NH_4NO_3 pada pencucian endapan R_2O_3 terhadap kadar Al_2O_3 dalam semen OPC 1, OPC 2, dan OPC 3

Perlakuan pengujian variasi konsentrasi NH₄NO₃ pada pencucian R₂O₃ ini dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap kadar Al₂O₃ pada semen tipe OPC 1, OPC 2, dan OPC 3. NH₄NO₃ digunakan sebagai pencuci endapan dari R₂O₃ karena NH₄NO₃ termasuk golongan ammonium hidroksida. NH₄NO₃ bereaksi dengan logam hidroksida, melepaskan amonia dan membentuk alkali logam nitrat sesuai dengan reaksi:

 $NH_4NO_3 + MOH \rightarrow NH_3 + H_2O + MNO_3$ (Keterangan : M = ion logam) NH_4NO_3 tidak meninggalkan residu dan akan menguap ketika dipanaskan. Sesuai dengan reaksi :

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$$

Variasi konsentrasi NH₄NO₃ yang digunakan pada pengujian ini yaitu 1%, 2%, dan 3% dimana 5 gram NH₄NO₃/500 mL akuades untuk setiap persen.



konsentrasi NH_4NO_3 pada pencucian endapan R_2O_3 terhadap kadar Al_2O_3 dalam semen OPC 1, OPC 2, dan OPC 3.

Penggunaan NH₄NO₃ sebagai pencuci harus dalam keadaan panas, karena efektivitas pencucian akan lebih tinggi karena pada suhu tinggi sehingga rapat massa akan lebih kecil. NH₄NO₃ panas mempunyai viskositas lebih rendah dibandingkan dengan NH₄NO₃ dingin sehingga lebih mudah melewati pori-pori kertas saring dan mudah dalam menyingkirkan kotoran yang teradsorbsi pada permukaan endapan.⁶

Pada grafik diatas (gambar 3) memperlihatkan bahwa variasi konsentrasi $\rm NH_4NO_3$ berpengaruh terhadap nilai $\rm Al_2O_3$. Nilai $\rm Al_2O_3$ perlahan turun disetiap jenis semen OPC. OPC 1 dari 4.88 - 4.60 %, OPC 2 dari 5.59–5.21%, dan OPC 3 dari 5.74–5.64%.

Perbandingan nilai Al_2O_3 antara data XRF (tabel 1) dengan metoda gravimetri (gambar 3) secara keseluruhan menunjukkan adanya perbedaan dan memiliki persentase pengurangan kadar Al_2O_3 mencapai 6.79%.

Konsep kesetimbangan menjelaskan bahwa jika konsentrasi zat ditingkatkan maka kesetimbangan akan bergeser dari zat yang ditambahi konsentrasinya[7], sehingga dengan bertambahnya konsentrasi $\mathrm{NH_4NO_3}$ akan menurunkan kadar $\mathrm{Al_2O_3}$.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kadar Al₂O₃ pada semen OPC berkurang seiring meningkatnya variasi volume pencucian dengan pengurangan sebesar 16.01% pada NH₄NO₃ 160 mL (OPC 2) dan pada variasi konsentrasi NH₄NO₃ mengalami penurunan sebesar 6.79% pada NH₄NO₃ 3% (OPC 2). Sedangkan variasi konsentrasi NH₄OH akan menambah jumlah endapan mencapai 8.54% pada NH₄OH 1:2 (OPC 1).

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Analis Laboratorium Quality Assurance PT. Semen Padang yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- [1] Asosiasi Semen Indonesia, Kebutuhan Semen Domestik, 2014.
- [2] F.L.Smidth, Quality of Cement, International Cement Production, lecturer 6.4, 1996.
- [3] Irawati, Nelvi., Nilda Tri Putri., Alexie Herryandie BA, Strategi Perencanaan Jumlah Material Tambahan dalam Memproduksi Semen dengan Pedekatan Taguchi untuk Meminimalkan Biaya Produksi, PT.Semen Padang, 2015.

- [4] Sahari Besari, M., Perencanaan Struktur Beton Bertulang, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1996.
- [5] Widjoko, Lilies., Pengaruh Sifat Kimia Terhadap Unjuk Kerja Mortar, Universitas Bandar Lampung, 2010.
- [7] Sudarmo, Unggul., Dasar Kimia Analitik, Erlangga, Jakarta, 2004.
- [6] SNI 15-2049-2004, Semen Portland, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2004.

SINTESIS HIDROKSIAPATIT DAN Zn-HIDROKSIAPATIT MENGGUNAKAN KALSIUM DARI CANGKANG KERANG PENSI DANAU MANINJAU SERTA UJI RESISTENSI TERHADAP BAKTERI

Werian Arisa Putra, Anthoni Agustien, Novesar Jamarun*

Laboratorium Kimia Material Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengtahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia *E-mail: novesar62@yahoo.com

Abstrak: Sintesis HAp dan Zn-HAp konsentrasi Zn (5%, 10%, 15%, dan 20%) w/w menggunakan prekusor Ca dari cangkang kerang pensi Danau Maninjau telah dilakukan dengan metode sol-gel. Karakterisasi sampel cangkang kerang pensi Danau Maninjau yang telah dikalsinasi pada suhu 900°C selama tiga jam menggunakan XRF (X-Ray Fluoresence), diperoleh kandungan Ca sebesar 96,525% dalam bentuk CaO. Hasil XRD, pada sampel yang disintesis menunjukkan pola difraksi yang sama dengan fasa standar HAp (ICSD: 154493) dengan penurunan intensitas dengan ditambahkan konsentrasi Zn. Pada Zn-HAp 15% dan 20% yang disintering pada suhu 600°C selama dua jam, diperoleh puncak pengotor berupa TCP [Ca₃(PO₄)₂] dan [Zn₃(PO₄)₂] pada pola XRD. Didalam penelitian ini konsentrasi maksimum untuk substitusi ion Zn kedalam struktur HAp diperoleh pada Zn-HAp 10%. Hasil SEM memperlihatkan perbandingan morfologi Zn-HAp 10% yang terlihat berbeda dengan Zn-HAp 15% yang sudah menghasilkan pengotor. Sifat antibakteri yang baik juga ditunjukkan oleh Zn-HAp 10% untuk kedua bakteri uji yaitu Staphylococcus aureus dan Escherchia coli.

Kata kunci: Kerang, Hidroksiapatit, Zn-Hidroksiapatit, Antibakteri, Sol-gel

1. Pendahuluan

Hidroksiapatit (HAp, Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ adalah biokeramik yang secarakimiawi memiliki kesamaan dengan komponen minera utama jaringan tulang dan gigi. Hidroksiapatit pada tulang vetebrata jumlahnya mencapai 65% dari total massa tulang, dengan massa yang tersisa terbentuk dari bahan organik dan air. HAp banyak diterapkan secara luas pada bidang medis baik dalam material dan juga termasuk penggunaannya seperti dalam aplikasi ortopedi implan tulang dan gigi, pengisi tulang, plapis bioaktif, perbaikan tulang lunak, persiapan obat/protein/gen, dan sebagainya karena memiliki sifat biokompabilitas yang baik, osteokonduktif, bioaktif. tidak beracun, tidak imunogenik[1-5].

Berbagai metode telah banyak diterapkan untuk sintesis HAp seperti metode : sol-gel, hidrotermal, presipitasi, dan sebagainya[4-7]. Setiap metode memiliki suatu kelebihan dan kelemahan masing-masing baik dalam produk yang dihasilkan, biaya, dan ketersedian alat. Metode sol-gel memberikan keuntungan

tertentu seperti pencampuran molekul yang homogen, pada saat proses menggunakan suhu rendah, dan kemampuan untuk menghasilkan partikel nanosized dan serbuk nanokristalin[6].

Prekusor kalsium (Ca) yang digunakan dalam sintesis HAp banyak ditemukan di alam seperti batu kapur, limbah cangkang kerang, limbah tulang sapi, dan masih banyak lagi yang lain[6,8,9]. Pemanfatan limbah bahan alami sebagai prekusor bisa meminimalisisr limbah yang ada dan memberikan manfaat yang lebih bernilai. Di daerah Sumatera Barat sendiri memiliki berbagai jenis kerang salah satunya yaitu kerang pensi yang tersebar pada Danau Maninjau, Danau Singkarak, Danau Diatas, dan Alahan Panjang, limbah dari cangkang kerang pensi yang mengandung CaO yang belum dimanfaatkan maksimal. Oleh kare na itu, ini merupakan salah satu solusi potensial untuk sintesis HAp dengan memanfaatkan CaO dari cangkang kerang pensi[10,11].

Setiap tahunnya lebih dari 2,2 juta orang seluruh didunia memerlukan operasi

implan tulang, pengganti tulang, pencangkokan tulang untuk memperbaiki tulang cacat yang timbul akibat kecelakaan, trauma atau penyaki (seperti osteoporosis, tumor,dll) reseksi yang merupakan masalah umum dalam ortopedi[12].

Kontaminasi bakteri pascaimplantasi memiliki konsekuensi mengerikan dalam praktik bedah dan ortopedi. Meskipun tingkat kejadian rendah, infeksi yang disebabkan bakteri Staphylococcus aureus atau Escherchia coli adalah penyebab masalah klinis umum setiap tahunnya[15]. HAp adalah solusi dari permasalahan ini karena memiliki sifat biokompabilitasnya yang baik. osteokonduktif. dan bioaktif. Telah dilaporkan bahwa penggabungan kation Zn²⁺, Ag⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, dan sebagainya kedalam struktur HAp meningkatkan sifat dari HAp, kristalinitas, dan juga sifat antimikrobanya. Ion Zn mampu merangsang mineralisasi tulang patoksifikasi patologis karena kehadirannya didalam apatit biologis[1,15]. Juga telah ditetapkan bahwa hidroksiapatit yang didoping ion Zn memiliki efek penghambat yang kuat terhadap berbagai pertumbuhan bakteri[13].

Karakterisasi cangkang kerang dilakukan dengan XRF (X-Ray Fluoresence) untuk menentukan komposisi kimia dari suatu bahan. Karakterisasi sampel HAp dan Zn-HAp dlakukan dengan XRD (X-Ray Diffractometer) dan SEM (Scanning Electron Microscope).

2. Metodologi Penelitian.

2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah lumpang dan alu, peralatan gelas, ayakan, kertas saring, krus, neraca analitis, oven, furnace, inkubator, autoklaf, laminar chamber. Alat karakterisasi yang digunakan adalah XRF (PANalitytical Epsilon 3), XRD (Philips X'pert Powder), dan SEM (JEOL JSM-IT-300).

2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan didalam sintesis HAp dan Zn-HAp serta uji antibakteri adalah cangkang kerang pensi sebagi sumber kalsium, aquades, NH₄OH (Brataco) sebagai pengontrol pH larutan,

 HNO_3 (Brataco) sebagai pelarut, $(NH_4)_2HPO_4$ (Brataco) sebagai sumber fosfat, $Zn(NO_3)_2.4H_2O$ (Brataco) sebagai sumber logam Zn pemodifikasi HAp, media NA (Bataco), dan media MHA.

2.3 Prosedur Kerja

2.3.1 Preparasi Ca dari cangkang kerang pensi Danau Maninjau

Cangkang kerang pensi sebagai sumber prekusor Ca dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan lumpur, kemudian dikeringkan. Cangkang kerang pensi digiling halus menggunakan lumpang dan alu. Sampel kemudian dikalsinasi didalam furnace selama lima jam pada suhu 900°C. Didinginkan, diperoleh CaO.

2.3.2 Sintesis HAp dengan metode sol-gel Sebanyak 4,2 gram CaO dari kalsinasi cangkang kerang pensi dilarutkan dalam HNO₃ 2 M, distirrer pada suhu 85°C selama 15 menit dan disaring. Filtrat Ca(NO₃)₂ ditambahkan NH4OH hingga pH 10 dan diperoleh $Ca(OH)_2$. Sol sol $Ca(OH)_2$ ditambahkan larutan (NH₄)₂HPO₄ 0,18 M sebanyak 250 mL, distirrer dan diatur pH larutan pada 10 dengan NH₄OH. Sol putih dipanaskan pada suhu larutan 85°C selama 5 jam. Sol putih didiamkan semalaman, didekantasi dan disaring dengan kertas saring whattman sehingga diperoleh gel HAp. Gel HAp di keringkan pada suhu 110°C, dihaluskan dengan lumpang dan alu. Serbuk HAp di sinter pada suhu 600°C selama 2 jam untuk meningkatkan kristalinitas material HAp.

2.3.3 Sintesis Zn-HAp dengan metode solgel

Sebanyak 4,2 gram CaO dari kalsinasi cangkang kerang pensi dilarutkan dalam HNO₃ 2 M, distirrer pada suhu 85°C selama 15 menit dan disaring. Filtrat Ca(NO₃)₂ ditambahkan NH₄OH hingga pH 10 dan diperoleh sol Ca(OH)2. Sol $Ca(OH)_2$ ditambahkan larutan (NH₄)₂HPO₄ 0,18 M sebanyak 250 mL dan distirrer. Sebelum keseluruhan larutan (NH4)2HPO4 0,18 M dicampurkan, ditambahkan Zn(NO₃)₂.4H₂O sebanyak (5%, 10%, 15%, dan 20%) w/w, dan diatur pH larutan pada 10 dengan NH₄OH. Sol putih dipanaskan pada suhu larutan 85°C selama 5 jam. Sol putih didiamkan semalaman, didekantasi dan

disaring dengan kertas saring whattman sehingga diperoleh gel HAp. Gel ini di keringkan pada suhu 110°C, dhaluskan dengan lumpang dan alu. Serbuk HAp di sinter pada suhu 600°C selama 2 jam untuk meningkatkan kristalinitas material Zn-HAp. Diperoleh material Zn-HAp 5%, Zn-HAp 10%, Zn-HAp 15%, dan Zn-HAp 20%.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Analisis Komposisi Cangkang Kerang Menggunakan XRF.

Komposisi kimia cangkang Kerang Pensi Maninjau yang sudah dikalsinasi pada suhu 900oC selama tiga jam dianalisis menggunakan X-Ray Fluoresence (XRF) sehingga diperoleh hasilnya pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Cangkang Kerang Pensi Maninjau.

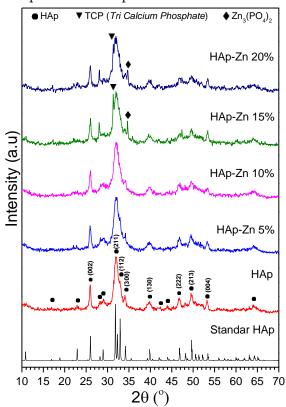
Senyawa	Komposisi (%)
Al ₂ O ₃	0,623
SiO_2	0,7
SO_3	1,062
K_2O	0,026
CaO	96,525
TiO_2	0,015
MnO	0,009
Fe_2O_3	0,206
ZnO	0,003
Rb_2O	0,001
SrO	0,154
ZrO_2	0,002
Ag_2O	0,651
CdO	0,037
BaO	0,025
Nd_2O_3	0,001

Dari hasil analisis menggunakan XRF dapat diketahui bahwa cangkang kerang pensi Maninjau memiliki kandungan CaO yang sangat tinggi yaitu sebesar 96,525%. Berdasarkan hasil ini sangat memungkinkan cangkang kerang pensi digunakan sebagai bahan dasar pembuatan

hidroksiapatit sebagai prekusor kalsiumnya. Selain CaO cangkang kerang pensi Maninjau juga mengandung oksida logam lainnya dalam jumlah yang sedikit seperti yang disajikan pada Tabel 1.

3.2 Analisis Hasil XRD

Data hasil dari difraksi sinar-X digunakan untuk mengetahui apakah HAp dan Zn-HAp terbentuk dari sintesis diketahui dengan membandingkan dengan standar HAP (ICSD: 154493)[17]. Data ini juga digunakan untuk mengetahui bagaimana Zn yang tersubstitusi mempengaruhi komposisi fasa HAp.



Gambar 1. Pola XRD standar HAp, HAp, dan Zn-HAp.

Dilihat dari Gambar 1, pola XRD dari HAp dan Zn-HAp dengan beberapa variasi konsentrasi Zn dalam menginformasikan bahwa HAp dan Zn-HAp berhasil disintesis dengan memanfaatkan prekusor Ca dari cangkang kerang pensi Maninjau dengan metode sol-gel. Ini dinyatakan dengan pola difraksi XRD umumnya menunjukkan korelasi yang baik dengan stoikiometri HAp (ICSD: 154493). Telah dilaporkan didalam referensi [1] mengusulkan bahwa ion Zn^{2+} menggantikan ion Ca²⁺ dalam kisi HAp. Seng mempengaruhi parameter struktur ketika menggantikan ion Ca²⁺ dalam struktur kristal HAp seperti yang ditunjukan pada pola XRD Gambar 1.

Pola XRD pada Zn-HAp 15% w/w dan Zn-HAp 20% w/w menunjukkan adanya puncak pengotor yaitu berupa TCP (Tri Calcium Phosphate) yang merupakan senyawaan turunan dari apatit dikarenakan suhu sinterring dan puncak pengotor [Zn₃(PO₄)₂] karena ion Zn yang dimasukkan terekstraksi dari struktur HAp untuk membentuk fase ini. Pertambahan ion Zn yang semakin banyak akan memperlambat pertumbuhan HAp[18,19].

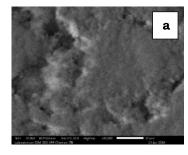
	-								
Tabel 2.	Data.	dasar	salah	satu	nuncak	terkuat	masing-i	masing	sampel mii.

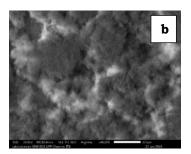
O 1	Puncak 20	FWHM	Intensitas
Sampel	(deg)	(deg)	(Counts)
НАр	32,1126	1,30170	119
Zn-HAp 5%	32,1667	1,46000	101
Zn-HAp 10%	32,1400	1,51330	96
Zn-HAp 15%	32,0768	1,88000	94
Zn-HAp 20%	32,0368	1,72000	93

Pada Tabel 2 menunjukkan terjadinya penurunan intensitas puncak difraksi dimana intensitas semakin rendah dengan bertambahnya konsentrasi substitusi ion Zn[1,14,17-22].Penurunan intesitas ini juga menandakan bahwa ion Zn²⁺ tersubstituai ke dalam struktur HAp untuk menggantikan beberapa ion Ca didalam struktur kristal HAp tanpa merubah fasa dari HAp itu sendiri.

3.3 Analisis SEM (Scanning Electron Microscope)

Analisis SEM dilakukan pada sampel Zn-HAp 10% dan Zn-HAp 15% untuk membandingan morfologi dari kedua sampel seperti yang terlihat pada Gambar 2. Dari gambar dapat dilihat bahwa morfologi kedua sampel terlihat berbeda.





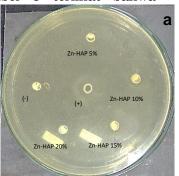
Gambar 2. Foto SEM (a) Zn-HAp 10%, (b) Zn-HAp 15% setelah kalsinasi pada T = 600°C selama 2 jam.

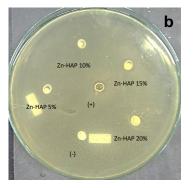
Perbedaan morfologi sampel Zn-HAp 10% dan Zn-HAp 15% terlihat sesuai berdasarkan hasil karakterisasi XRD dua sampel ini, dimana peningkatan konsentrasi ion Zn^{2+} pada struktur HAp mempengaruh kristalinitas dari HAp yang menampilkan pengotor pada pola XRD berupa TCP (Tri Calcium Phosphate) dan $[Zn_3(PO_4)_2]$.

3.4 Uji Antibakteri HAp dan Zn-HAp Uji antibakteri di lakukan pada sampel HAp (digunakan sebagai kontrol negatif), Zn-HAp 5%, Zn-HAp 10%, Zn-HAp 15%, Zn-HAp 20%, dan amoxicillin sebagai kontrol positif. Didalam uji antibakteri ini dugunakan dua jenis bakteri yaitu bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* dan bakteri gram negatif *Escherichia coli*. Inokulum dibuat dari kultur segar setelah

inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Aktivitas antibakteri diamati dengan metode cicin cakam, diukur zona penghambatan minimum dalam satuan mili meter seperti pada Tabel 3.

Dari hasil uji antibakteri yang tersedia dalam Tabel 3 terlihat bahwa peningkatan konsentrasi Zn meningkatkan aktifitas dari biomaterial HAp. Tetapi subtitusi ion Zn²⁺ kedalam HAp memiliki batas, supaya tidak terbentuknya fasa yang berbeda seperti yang telah disajikan pada pola XRD (Gambar 1).





Gambar 3. Hasil uji antibaktri (a) E. coli, dan (b) S. Aureus.

Tabel 3. Zona hambat aktifitas antibakteri dalam mm

Janis .		Di	iameter Zona	Hambat (m	m)	
Bakteri	Kontrol	Zn-HAp	Zn-HAp	Zn-HAp	Zn-HAp	Kontrol
Daktell	Negatif	5%	10%	15%	20%	Positif
S. aureus	8	11	13,5	15	12,5	11
E. coli	7,75	8	14,25	9,1	8,25	14

Zona hambat paling tinggi didapatkan pada Zn-HAp 15% pada bakteri gram positif S. aureus tetapi sampel ini pada analisis XRD menunjukkan fasa yang berbeda dari HAp yang akan dimanfaatkan sebagai implan tulang dan gigi. Dapat disimpulkan bahwa Zn-HAp 10% memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan HAp murni dan HAp-Zn pada konsentrasi Mekanisme yang disarankan dikaitkan Zn untuk dengan kemampuan ion membentuk ikatan kuat dengan kelompok fungsional (karboksilat, imidazol, tiol, dan amina) dari protein yang ada dalam membran sel bakteri (kerusakan yang serius pada membran karena ion logam bersentuhan pada membran)[1,16]. Sebagai konsekuensinya, nutrisi, dan komponen lainnya dari sitoplasma keluar dari sel yang menyebabkan kematian pada mikroorganisme. Perubahan struktural pada membran menyebabkanpermeabilitas meningkat sebagai akibatnya sistem transportasi sel runtuh dan mikroorganisme mati. Aktivitas antibakteri disebabkan pada tiga hal konsentrasi

logam, cara logam berinteraksi dengan bakteri dan struktur sel membran yang berbeda dari bakteri gram positif dan gram negatif.

4. Kesimpulan

Pada penelitian telah berhasil ini mensintesis HAp dan Zn-HAp dengan berbagai konsetrasi Zn dalam w/w% dengan memanfaatkan prekusor Ca dari cangkang kerang pensi Maninjau yang mengandung 96,525% dalam bentuk CaO dengan metode sol-gel. Maksimum konsentrasi Zn yang disubstitusi diperoleh sebesar 10% w/w pada suhu sintering 600°C selama dua jam. Hasil XRD Zn-HAp 15% dan Zn-HAp 20% diperoleh pengotor berupa TCP $[Ca_3(PO_4)_2]$ dan $[Zn_3(PO_4)_2]$. Sifat antibakteri yang baik ditunjukkan oleh Zn-HAp 10% secara umum memiliki zona hambat yang paling besar untuk kedua jenis bakteri Staphylococcus aureus dan Escherichia coli.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas yang telah memberikan segala fasilitas dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- [1] Anwar, A., Akbar, S., Sadiqa, A., Kazmi, M., Novel Continuous flow Synthesis, Characterization And Antibacterial Studies Of Nanoscale Zinc Substituted Hydroxyapatite Bioceramics, Inorganica Chimiaca Acta, 2016, 453, 16–22.
- [2] Vallet-Regi, M., González-Calbet, J. M, Calcium Phosphates as Substitution of Bone Tissues, *Progress In Solid State Chemistry*, 2004, 32, 1–31.
- [3] Tank, K. P., Chudasama, K. S., Thaker, V. S., Joshi, M. J., Pure and Zinc Doped Nano-Hydroxyapatite: Synthesis, Characterization, Antimicrobial and Hemolytic Studies, Elsevier, Crytal Growth, Science Direct, 2014.
- [4] Shavandi, A., Wilton, V., Bekhit, A. El-Din A., Synthesis of Macro and Micro Porous Hydroxyapatite (HA) Structure From Waste Kina (Evechinus Chloroticus) Shells, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2016, 65, 437–443.
- [5] Mirzaee, M., Vaezi, M., Palizdar, Y., Synthesis and Characterization of Silver Doped Hydroxyapatite Nanocomposite Coatings Evaluation of Their Antibacterial and Corrosion Resistance **Properties** Simulated Body Fluid, **Materials** Science and Engineering C, 2016, 69, 675-684.
- [6] Jamarun, N., Miftahurrahmi, Septiani, U., Synthesis of Hydroxyapatite from Halaban Limestone by Sol-Gel Method, Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2016, 7, 5, 2956–2961.
- [7] Wahid, M. F. A., Mardziah, C. M., Hyie, K. M., Roselina, N. R. N., Synthesis and Characterization of Zinc Doped Hydroxyapatite for Bone Substitute Applications, *Applied Mechanics and Materials*, 2014, 660, 942–946.

- [8] Saryati, Gian S., S., Handayani, A., Supardi, Untoro, P., Sugeng, B., Hidroksiapatit Berpori Dari Kulit Kerang, *LIPI*, 2012, 395, 31–35.
- [9] Pinangsih, A. C., Wardhani, S., Darjito, Sintesis Biokeramik Hidroksiapatit (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) Dari Limbahtulang Sapi Menggunakan Metode Sol-Gel, Student Journal, 2014, 2, 1, 203–209.
- [10] Lukman, Populasi Pensi (Corbicula Moltkiana, Prime 1878) di Danau Maninjau Terkait Penangkapannya dan Aktivitas Karamba Jaring Apung, Disertasi, Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2015.
- [11] Tanjung, L. R., Moluska Danau Maninjau: Kandungan Nutrisi dan Potensi Ekonomisnya, *LIMNOTEK*, 2015, 22, 2, 118–128.
- [12] Szcześ, A., Holysz, L., Chimbowski, E., Synthesis of Hydroxyapatite For Biomedical Applications, Elsevier, Advances in Colloid and Interface Science, Science Direct, Lublin, 2017.
- [13] Igbal, N., Kadir, M. R. A., Mahmood, N. H., Salim, N., Froemming, G. R. A., Balaji, R., Kamarul, T., Η. Characterization, Antibacterial and In Vitro Compatibility of Zinc-Silver Doped Hydroxyapatite Nanoparticles Prepared Through Microwave Synthesis, Ceramics International, 2014, 40, 4507–4513.
- [14] Shepherd, D. Zinc-Substituted *Hydroxyapatite for The Inhibition of Osteoporosis, Hydroxyapatite (HAp) for Biomedical Applications*, Elsevier, Cambridge, 2015, 107–126.
- [15] Chládová, A., Wiener, J., Luthuli, J. M., Zajícová, V., Dyeing of Glass Fibres By The Sol Gel Method, AUTEX Research Journal, 2011, 1, 11, 18–23.
- [16] Kolmas, J., Groszyk, E., Kwiatkowska-Różycka, D., Substituted Hydroxyapatites with Antibacterial Properties, Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International, 2014.

- [17] Chakraborty, S., Bag, S., Pal, S., Mukherjee, A. K., Struktural and Microstructural Characterization of Bioapatites and Synthetic Hydroxyapatite Using X-Ray Powder Diffraction and Fourier Transform Infrared Techniques, Journal of Applied Crystallography, 2006, 39, 385–390.
- [18] Li, M., Xiao, X., Liu, R., Chen, C., Huang, L., Structural Characterization of Zinc-Substituted Hydroxyapatite Prepared By Hydrothermal Method, J Mater Sci: Mater Med, 2008, 19, 797– 803.
- [19] Esfahani, H., Salahi, E., Tayebifard, A., Rahimipour, M. R., Keyanpour-Rad, M., Influence of Zinc Incorporation On Microstructure of Hydroxyapatite To Characterize The Effect of pH and Calcination Temperatures, *Journal of Asian Ceramic Societies*, 2014, 2, 248–252.
- [20] Sogo, Y., Ito, A., Fukasawa, K., Sakurai, T., Ichinose, N., Zinc Containing Hydroxyapatite Ceramics To Promote Osteoblastic Cell Activity, Materials Science and Technology, 2004, 20, 1079–1083.
- [21] Bigi, A., Foresti, E., Gandolfi, M., Gazzano, M., Reveri, N., Inhibiting Effect of Zinc on Hydroxylapatite Crystallization, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 1995, 58, 49–58.
- [22] Miyaji, F., Kono, Y., Suyama, Y., Formation and Structure of Zinc-Substituted Calcium Hydroxyapatite, *Materials Research Bulletin*, 2005, 40, 209–220.

ADSORPSI ATOM LITIUM PADA DINDING SINGLE WALLED CARBON NANOTUBE (SWCNT) (8.0) MENGGUNAKAN METODE SEMIEMPIRIS AM1

Imelda*, Friska Fajrina, Yeni Stiadi

Laboratorium Kimia Komputasi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengtahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia *Email: meldaramawir@gmail.com

Abstrak: Carbon Nanotube merupakan material elektronik yang sangat menjanjikan untuk aplikasi nanoelektronik. Selain itu karena strukturnya yang berongga dan sifat transfer muatannya yang baik maka sangat baik digunakan untuk bahan penyerap dan konduktor elektronik. Penelitian ini fokus terhadap adsorpsi atom litium oleh dinding Single Walled Carbon Nanotube (SWCNT) (8.0) menggunakan metode Semiempiris AM1 dari paket Hyperchem. Atom Li dijatuhkan pada tiga posisi: on top, bridge, dan hollow. Penjatuhan 1 sampai 4 atom Li pada dinding SWCNT (8.0) dengan posisi penjatuhan on top nilai ΔΕ (band gap) berkisar antara 2,279146 - 3,591840 eV, pada dinding SWCNT (8.0) dengan posisi penjatuhan bridge nilai ΔΕ berkisar antara 3,201576 - 4,043410 eV dan pada dinding SWCNT (8.0) dengan posisi penjatuhan hollow 2,279148 - 3,827680 eV. Penjatuhan 1 sampai 4 atom Li meningkatkan nilai ΔΕ SWCNT, karena atom Li terikat secara lemah dan umumnya tidak terikat dengan C pada SWCNT. Perhitungan energi Ikatan (BE) dan energi adsorbsi (Eads) menunjukkan bahwa, penjatuhan atom Li menyebabkan penurunan BE dan Eads seiring dengan bertambahnya jumlah atom Li yang dijatuhkan.

Kata kunci: Single Walled Carbon Nanotube (SWCNT), atom Li, AM1.

1. Pendahuluan

Potensi *carbon nanotube* untuk berbagai aplikasi menyebabkan penelitian *carbon nanotube* terus dilakukan. Beberapa potensi aplikasi *carbon nanotube* antara lain sebagai elektroda, material komposit, transistor, pendeteksi gas, dan penyimpan gas hidrogen. *Carbon nanotube* (CNT) banyak diaplikasikan dalam bidang *fuel cell, biomedical* dan area lingkungan karena mempunyai sifat elektronik, dan sifat adsoprsi yang bagus, serta sifat fisika dan kimia yang stabil¹⁻⁵.

Carbon nanotube selain merupakan material yang memiliki banyak keunggulan dibandingkan material lain juga memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga sangat efektif dan efesien untuk digunakan. Carbon nanotubes (CNT) merupakan material baru memiliki kelebihan untuk dibuat elektroda, di antaranya resistivitas rendah, konduktivitasnya tinggi, kestabilan yang tinggi⁶. Selain itu karena strukturnya yang berongga dan sifat transfer muatannya yang baik maka *carbon* nanotube sangat baik digunakan untuk bahan penyerap dan elektroda pada peralatan elektronik⁷.

Perubahan sifat elektronik dari *carbon* nanotube dapat disebabkan oleh beberapa

hal, salah satunya yaitu akibat adanya adsorpsi atom atau molekul. Adsorpsi atom atau molekul pada Single Walled Carbon Nanotube (SWCNT) secara teoritis dan eksperimental telah banyak dilakukan, dimana hasilnya menunjukkan bahwa proses adsorpsi ini berpengaruh terhadap SWCNT8. elektronik Beberapa penelitian melaporkan secara teoritis dan komputasi, Ashrafi et al menginvestigasi pengaruh adsorpsi nitrogen (N) pada dinding carbon nanotube mengubah sifat elektroniknya⁹. Wei Li *et al* juga menginvestigasi pengaruh adsorpsi molekul SO₂ pada dinding carbon nanotube yang didoping atom Ni juga mengubah daya adsoprsi dan sifat konduktivitas listrik carbon nanotube10. Selain itu juga ada Gowri Sangkar et al yang meinginvestigasi sifat elektronik dari adsropsi atom boron (B) dan silikon (Si) pada dinding carbon $nanotube^{11}$.

Atom litium adalah suatu atom yang mempunyai 3 buah elektron pada kulitnya, sifat terpenting litium diantaranya adalah kapasitas kalor tinggi, interval suhu besar, reaktif, konduktivitas termik dan listrik tinggi, dan kepadatan yang sangat rendah. Litium sangat reaktif dan terkorosi dengan cepat dan menjadi hitam di udara lembab,

oleh karena itu logam litium biasanya disimpan dengan dilapisi minyak 12,13 .

Salah satu metode kimia komputasi yang sering digunakan adalah metode semiempiris Austin Model 1 (AM1). Metode ini memiliki ketepatan prediksi yang lebih baik, tidak memerlukan memori yang besar dan waktu yang relatif cepat dalam proses perhitungannya¹⁴.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Peralatan

Compact disc paket Program HyperChem pro 8.0 (Metoda AM 1), dan program Avogadro.

2.2 Atom atau Molekul yang diamati Single-Walled Carbon Nanotube (SWCNT), atom Litium (Li), Single-Walled Carbon Nanotube (SWCNT) dengan adsorpsi atom litium (Li).

2.3 Prosedur Penelitian

Pembuatan SWCNT dengan program Avogadro, Optimasi geometri dengan Hyperchem, Diaktifkan program kerja, Perhitungan, luaran data dalam keadaan optimal.

Nilai HOMO dan LUMO digunakan untuk menentukan sifat elektronik molekul, yang dihubungkan dengan nilai AE.

$$\Delta E = E_{LUMO} - E_{HOMO}$$

Energi adsorpsi Li dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$\begin{split} E_{ads} &= BE_{SWCNT + Li} - BE_{SWCNT} - BE_{Li} \\ Jenis ikatan C - Li yang terbentuk, diasumsikan berdasarkan pada panjang ikatan seperti yang diperlihatkan pada table 16: \end{split}$$

Tabel 1. Jenis ikatan berdasarkan panjang ikatan

Ikatan	Interaksi	Interaksi	Tidak
	kimia (Å)	fisika (Å)	terikat (Å)
C – Li	2 – 2,6	2,6 - 3,1	>3,1

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Optimasi SWCNT

Penelitian ini mempelajari interaksi dari atom Li yang dijatuhkan pada dinding SWCNT dengan menggunakan metode kimia kuantum semiempiris Austin Model 1 dari program HyperChem.

Hasil optimasi dari SWCNT *zigzag* (8.0) mempunyai:

Energi total = -193.581,2541514

(kkal/mol)

Energi ikatan = -11.063,5859914

(kkal/mol)

EHOMO = -5,757981 eVELUMO = -3,610617 eV ΔE = 2,147364 eV

- 3.2 Penjatuhan Atom Li Pada Dinding SWCNT Secara On Top
- 3.2.1 Penjatuhan 1 atom Li pada dinding SWCNT

Penjatuhan 1 atom Li pada dinding SWCNT (8.0) dengan posisi penjatuhan *on top*, pada umumnya atom Li berinteraksi secara kimia dan fisika pada dinding SWCNT (8.0). Interaksi atom Li secara fisika dengan atom C dari SWCNT (8.0) dengan nilai panjang ikatan rC3-Li = 2,53549 Å. (Gambar 3.1).

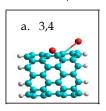
a. 3

Gambar 3.1. Penjatuhan 1 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Nilai ΔE rata-rata yang didapatkan untuk penjatuhan 1 atom Li pada dinding **SWCNT** (8.0)yaitu 2,648128 eV. Berdasarkan grafik pada (Gambar 4.16) terlihat dengan penjatuhan 1 atom Li menaikkan celah energi (ΔE) dari SWCNT (8.0). Naiknya ΔE disebabkan karena atom Li cenderung berikatan lemah dengan permukaan SWCNT. Didapatkan Nilai ikatan (BE) rata-rata dengan penjatuhan 1 atom yaitu -10.894,182092 kkal/mol. Berdasarkan perhitungan energi didapatkan Eads adsorpsi, rata-rata sebesar -285,977101 kJ/mol.

3.2.2 Penjatuhan 2 atom Li pada dinding SWCNT

Penjatuhan 2 atom Li pada SWCNT (8.0) posisi *on top* yaitu pada posisi C₄ menunjukkan bahwa Li-C berinteraksi secara fisika, dimana terlihat pada panjang ikatan yang melebihi 2,6 Å dan C₃ tidak terikat pada dinding SWCNT (8.0), diperoleh panjang ikatan atom Li dan C yaitu rC3-Li = 3,79508 Å dan rC4-Li = 2,72099 Å (Gambar 3.2).



Gambar 3.2. Penjatuhan 2 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Nilai ΔE rata-rata yang didapatkan untuk penjatuhan 2 atom Li yaitu 3,610790 eV. Penjatuhan 2 atom Li pada beberapa posisi mengakibatkan terjadinya ikatan perubahan panjang atom C sehingga merubah struktur SWCNT. Nilai energi ikatan (BE) rata-rata molekul yaitu -10.110,264115 **SWCNT** (8.0)kkal/mol. Berdasarkan perhitungan energi adsorpsi, didapatkan Eads rata-rata SWCNT (8.0) posisi on top sebesar -292,961485 kJ/mol. Diperoleh Eads yang semakin kecil dengan peningkatan jumlah yang dijatuhkan. Li Hal disebabkan karena lemahnya interaksi antara atom Li dan SWCNT.

3.2.3 Penjatuhan 3 atom Li pada dinding SWCNT

Atom Li yang dijatuhkan pada dinding SWCNT (8.0) dengan penjatuhan 3 atom Li pada posisi *on top* yaitu pada posisi C₁ dan C₂ berinteraksi secara kimia, sedangkan C₃ berinteraksi secara fisika pada dinding SWCNT (8.0) diperoleh panjang ikatan Li-C yaitu rC1-Li = 2,24842 Å, rC2-Li = 2,47816 Å dan rC3-Li = 2,6568 Å. (Gambar 3.3).

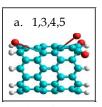


Gambar 3.3. Penjatuhan 3 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Nilai ΔE rata-rata molekul SWCNT (8.0) dengan penjatuhan 3 atom Li pada SWCNT (8.0) mengalami kenaikan dari pada nilai SWCNT tanpa penjatuhan atom Li. Nilai ΔE rata-rata molekul SWCNT (8.0) pada posisi on top yaitu 3,779446 eV. Nilai energi ikatan (BE) rata-rata molekul yaitu -10.704,805925 kkal/mol. Didapatkan Eads SWCNT (8.0)rata-rata sebesar 475,353269 kJ/mol . Eads semakin kecil dengan bertambahnya jumlah atom Li yang dijatuhkan, menunjukkan semakin lemah ikatan antara atom Li dan C.

3.2.4 Penjatuhan 4 atom Li pada dinding SWCNT

Penjatuhan 4 atom pada SWCNT (8.0) posisi *on top*, didapatkan hasil bahwa atom Li berinteraksi secara kimia dan tidak terikat. Penjatuhan atom Li setelah optimasi pada SWCNT didapatkan panjang ikatan untuk 1 atom yang berinteraksi secara kimia yaitu rc1-Li = 2,3781 Å, sedangkan 3 atom lainnya yaitu rc3-Li = 6,05674 Å, rc4- Li = 3,71777 Å dan rc5-Li = 4,15737 Å tidak terikat pada dinding SWCNT. (Gambar 4.4)



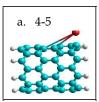
Gambar 3.4. Penjatuhan 4 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Diperoleh nilai ΔE rata-rata molekul dengan penjatuhan 4 atom Li pada SWCNT (8.0) yaitu 4,048351 eV. Nilai ΔE ini kenaikan, mengalami dimana setiap penjatuhan atom pada posisi tertentu akan menghasilkan energi elektronik berbeda karena perubahan struktur yang terjadi setelah dilakukan optimasi. Nilai energi ikatan rata-rata (BE) yaitu -10.488,014973 kkal/mol (Lampiran 2). Berdasarkan perhitungan energi adsorpsi, didapatkan Eads rata-rata SWCNT (8.0) sebesar -692.144221 kJ/mol (Lampiran 2).

3.3. Penjatuhan Atom Li Pada Dinding SWCNT (8.0) Secara Bridge

3.3.1 Penjatuhan 1 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Setelah optimasi penjatuhan 1 atom Li pada dinding SWCNT (8.0) pada posisi *bridge* menunjukkan bahwa antara atom Li umumnya tidak terikat dengan atom C pada SWCNT (8.0) karena panjang ikatan rc4-Li = 3,71319 Å, dan rc5-Li = 4,90147 Å (Gambar 3.9).

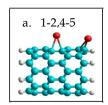


Gambar 3.5. Penjatuhan 1 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Nilai ΔE rata-rata yang di dapatkan pada penjatuhan 1 atom Li pada SWCNT yaitu 3,217031 eV. Nilai ini mengalami kenaikan dibandingkan dengan nilai ΔE SWCNT tanpa penjatuhan, sehingga dengan penjatuhan Li 1 atom ini menurunkan hantaran listriknya. Nilai energi ikatan (BE) rata-rata molekul yaitu -11.032518078 kkal/mol. Berdasarkan perhitungan energi adsorpsi, di dapatkan Eads rata-rata SWCNT (8.0) yaitu -147,641116 kJ/mol (Lampiran 2).

3.3.2 Penjatuhan 2 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Penjatuhan 2 atom Li pada SWCNT (8.0) posisi *bridge* menunjukan hal yang hampir sama dengan semua penjatuhan sebelumnya. Gambar 3.6 menunjukkan hasil penelitian bahwa atom Li dan C berinteraksi secara kimia, fisika dan tidak terikat. Panjang ikatan yang diperoleh setelah optimasi yang berinteraksi secara kimia yaitu rc1-Li = 2,05172 Å, rc4- Li = 2,67924 Å dan rc5- Li = 2,69288 Å berinteraksi secara fisika, sedangkan rc2-Li = 3,1916 Å tidak terikat pada dinding SWCNT.



Gambar 3.6. Penjatuhan 2 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

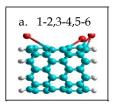
Nilai ΔE rata-rata yang didapatkan untuk penjatuhan 2 atom Li pada SWCNT yaitu 3,486909 eV. Hal ini disebabkan karena penjatuhan 2 atom Li pada posisi tertentu mengakibatkan perubahan panjang ikatan atom Li dan atom C pada SWCNT sehingga berpengaruh terhadap nilai ΔE yang ditandai dengan meningkatnya nilai ΔE .

Nilai energi ikatan (BE) rata-rata molekul yaitu -10.872,331961 kkal/mol. Berdasarkan perhitungan energi adsorpsi, didapatkan Eads rata-rata penjatuhan 2 atom Li pada dinding SWCNT (8.0) sebesar -307,827233 kJ/mol.

3.3.3 Penjatuhan 3 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Penjatuhan 3 atom Li pada SWCNT (8.0) menunjukan hal yang hampir sama dengan

semua penjatuhan sebelumnya. Pada SWCNT (8.0) didapatkan hasil penelitian bahwa interaksi atom Li yaitu secara fisika dan umumnya tidak terikat. Dimana interaksi atom Li secara fisika yaitu rc1-Li = 2,71203 Å dan rc2-Li = 2,56988 Å, sedangkan yang tidak terikat yaitu rc3-Li = 3,96647 Å, rc4-Li = 5,37312 Å, rc5-Li = 3,85532 Å, dan rc6-Li = 4,03288 Å (Gambar 3.7).

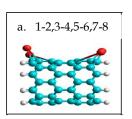


Gambar 3.7. Penjatuhan 3 atom Li pada dinding SWCNT (8.0

Nilai ΔE rata-rata yang didapatkan untuk penjatuhan 3 atom Li pada SWCNT yaitu 3,842548 eV. Nilai energi ikatan (BE) rata-rata molekul SWCNT yang dijatuhkan 3 atom Li yaitu -10.701,411428 kkal/mol. Berdasarkan perhitungan energi adsorpsi, didapatkan $E_{\rm ads}$ rata-rata SWCNT (8.0) yaitu -478,747766 kj/mol.

3.3.4 Penjatuhan 4 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Penjatuhan 4 atom Li pada dinding SWCNT (8.0) menunjukkan hal yang sama dengan semua penjatuhan sebelumnya yaitu tidak terikat secara kimia, fisika, dan tidak terikat. Pada SWCNT (8.0) didapatkan panjang ikatan C-Li yang berinteraksi secara kimia adalah rc7-Li = 2,45899 Å, berinteraksi secara fisika yaitu rc8-Li = 2,90406 Å, dan yang lain umumnya tidak terikat yaitu rc1-Li = 4,26325 Å, rc2-Li = 3,28909 Å, rc3-Li = 4,12345 Å, rc4-Li = 4,10128 Å, rc5-Li = 5,76127 Å dan rc6-Li = 4,35475 Å. (Gambar 3.8)

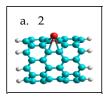


Gambar 3.8. Penjatuhan 4 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Nilai ΔE rata-rata yang didapatkan untuk penjatuhan 4 atom Li pada SWCNT yaitu 4,043410 eV. Nilai energi ikatan (BE) rata-rata molekul SWCNT (8.0) yaitu -10.49929375 kkal/mol. Nilai BE rata-rata yang didapatkan mengalami penurunan sehingga interaksi yang terjadi antara atom C-Li semakin lemah. Berdasarkan perhitungan energi adsorpsi, di dapatkan Eads rata-rata SWCNT (8.0) sebesar -685,229819 kJ/mol (Lampiran 2).

- 3.4. Penjatuhan Atom Li pada Dinding SWCNT (8.0) secara hollow
- 3.4.1 Penjatuhan 1 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Penjatuhan 1 atom Li pada dinding SWCNT (8.0) pada posisi *hollow*, didapatkan hasil penelitian bahwa atom Li berinteraksi secara fisika. Atom Li yang berinteraksi secara fisika pada SWCNT yaitu rC2-Li = 2,66282 Å, rC6-Li = 2,66416 Å, rC3-Li = 2,72262 Å dan rC5-Li = 2,72389 Å. (Gambar 4.9)



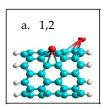
Gambar 3.9. Penjatuhan 1 atom Li pada dinding SWCNT (8.0) *hollow*

Nilai ΔE rata-rata yang didapatkan untuk penjatuhan 1 atom Li pada atom C di permukaan dinding SWCNT (8.0) yaitu 2.740384 eV. Nilai energi ikatan (BE) ratarata dengan penjatuhan 1 atom yaitu -10988.019053 kkal/mol, berdasarkan perhitungan energi adsorpsi, didapatkan Eads rata-rata sebesar -192.140141 kJ/mol .

3.4.2 Penjatuhan 2 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Pada dinding SWCNT (8.0) posisi hollow, penjatuhan 2 atom Li pada posisi tertentu menunjukkan bahwa interaksi C-Li yaitu interaksi fisika dan umumnya tidak terikat. Diperoleh panjang ikatan atom Li yang berinteraksi secara fisika pada SWCNT yaitu rC2.1- Li = 3,08059 Å, rC2.2- Li = 2,72122 Å, rC3.2- Li = 2,73261 Å, rC5.2- Li = 2,73504 Å dan rC6.2- Li = 2,72773 Å, sedangkan yang tidak terikat yaitu rC3.1- Li = 3,79535 Å,

rC5.1- Li = 5,84457 Å dan rC6.1- Li = 5,41626 Å, (Gambar 3.10).



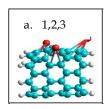
Gambar 3.10. Penjatuhan 2 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Nilai ΔE rata-rata yang didapatkan untuk penjatuhan 2 atom Li posisi *hollow* pada SWCNT (8.0) yaitu 3,514881 eV. Penjatuhan 2 atom Li pada beberapa posisi mengakibatkan adanya struktur SWCNT yang berubah sehingga berpengaruh terhadap nilai ΔE yang ditandai dengan meningkatnya nilai ΔE .

Nilai energi (BE) ikatan ratarata molekul **SWCNT** (8.0)hollow vaitu -10875.187032 kkal/mol. Berdasarkan perhitungan energi adsorpsi, didapatkan Eads rata-rata SWCNT (8.0) pada posisi hollow sebesar -304.972162 kJ/mol (Lampiran 2). Pada penelitian ini diperoleh Eads semakin kecil dengan peningkatan jumlah atom Li dijatuhkan.

3.4.3 Penjatuhan 3 atom Li pada dinding SWCNT

Penjatuhan 3 atom Li pada SWCNT (8.0) posisi hollow menunjukkan hal yang hampir sama dengan semua penjatuhan sebelumnya. Diperoleh setelah optimasi bahwa atom litium berinteraksi secara fisika dan tidak terikat. Didapatkan nilai dari penjatuhan atom Li yang berinteraksi secara fisika dengan panjang ikatan rC2.2-Li = 2,65657 Å, rC3.2-Li = 2,69088 Å rC2.1-Li = 3.04179 Å dan rC6.2-Li = 2.82496 Återikat secara fisika, yang tidak terikat yaitu rC3.1-Li = 3,881610 Å, rC5.1-Li = 5,79656 Å, rC6.1-Li = 5,31258 Å, rC5.2-Li = 2,86971 Å, , rC2.3-Li = 3,1138 Å, rC3.3-Li = 3,28345 Å, rC5.3-Li = 5,63672 Å dan rC6.3-Li = 5,54759 Å (Gambar 3.11).



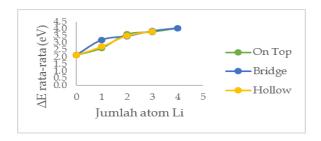
Gambar 3.11. Penjatuhan 3 atom Li pada dinding SWCNT (8.0)

Nilai ΔE rata-rata molekul SWCNT (8.0) posisi hollow = 3.827680 eV. Nilai BE rata-rata molekul SWCNT yang dijatuhi 3 penurunan atom mengalami dari penjatuhan sebelumnya. Nilai energi ikatan (BE) rata-rata molekul yaitu -10442.020477 kkal/mol. Pada penelitian ini diperoleh hal yang sama dengan penjatuhan 2 atom Li dimana Eads semakin besar dengan bertambahnya jumlah atom Li yang dijatuhkan. Dari perhitungan energi adsorpsi, didapatkan Eads rata-rata SWCNT (8.0) sebesar -738.138717 kJ/mol.

3.4.4 Penjatuhan 5 sampai 8 atom Li pada dinding SWCNT

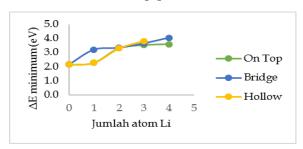
Penjatuhan 5 sampai 8 atom Li menyebabkan rusaknya molekul SWCNT sehingga *ouput* data tidak terbaca dan tidak didapatkan molekul optimal dari SWCNT (8.0).

3.5 Nilai Celah Energi (△E) Penjatuhan Atom Li pada Dinding SWCNT (8,0).



Gambar 3.12. Grafik ΔE rata-rata posisi penjatuhan *on top*, *bridge* dan *hollow*

Berdasarkan Gambar 3.12 terlihat bahwa dengan adanya penambahan 1 sampai 4 atom Li dapat menaikkan ΔE dari SWCNT, hal ini disebabkan karena penjatuhan atom Li menyebabkan SWCNT mengalami perubahan struktur pada molekulnya, dimana terjadi perubahan panjang ikatan antara atom C pada SWCNT. Kenaikan celah energi SWCNT disebabkan karena atom Li tidak terserap pada SWCNT.

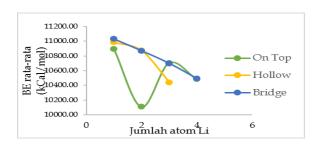


Gambar 3.13. Grafik ΔE minumum posisi penjatuhan *on top, bridge*, dan *hollow*

Berdasarkan Gambar 3.13 terlihat penjatuhan atom Li dapat menaikkan ΔE SWCNT. Nilai ΔE minimum pada posisi on top diperoleh penjatuhan 1 atom Li pada posisi C1 dengan nilai ΔE sebesar 2,279146 eV. Hal yang sama penjatuhan pada posisi bridge dan hollow dimana nilai ΔE minimum diperoleh pada penjatuhan 1 atom Li pada posisi antara C4 dan C5 untuk bridge ΔE yang diperoleh yaitu 3,201576 eV dan posisi hollow C2 vaitu 2,279148 eV.

Penjatuhan atom Li pada posisi *on top, bridge dan hollow* dapat menaikkan nilai ΔE dibandingkan tanpa adanya penjatuhan atom Li, menunjukkan sifat hantaran listrik atom Li pada dinding SWCNT (8.0) mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena atom Li terikat lemah dengan atom C pada SWCNT. Atom Li cenderung menuju ke arah atom C yang lebih elektronegatif. Atom Li mempunyai ukuran jari-jari yang besar dari atom karbon, sehingga sulit berikatan dengan atom karbon, atom Li mendorong permukaan SWCNT sehingga bertambahnya panjang ikatan C-C pada SWCNT¹⁶

3.6 Nilai Binding Energy (BE) Penjatuhan Atom Li Pada Dinding SWCNT (8.0).

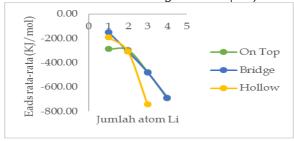


Gambar 3.14. Grafik BE rata-rata posisi penjatuhan *on top, bridge*, dan *hollow*

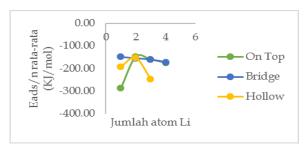
Berdasarkan Gambar 3.14 terlihat nilai BE rata-rata mengalami penurunan setiap penambahan jumlah atom yang dijatuhkan, ini menunjukkan atom Li terikat lemah ke permukaan SWCNT. Semakin banyak atom Li yang dijatuhkan pada permukaan dinding SWCNT, maka atom-atom tersebut semakin lemah terikat pada permukaan SWCNT (8.0). Terlihat

nilai BE yang menurun pada posisi on top, bridge dan hollow.

3.7 Nilai Energi Adsorpsi (Eads) Penjatuhan Atom Li Pada Dinding SWCNT (8.0).



Gambar 3.15. Grafik E_{ads} rata-rata posisi penjatuhan *on top*, *bridge*, dan *hollow*

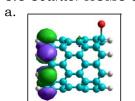


Gambar 3.16. Grafik E_{ads} /n rata-rata posisi penjatuhan *on top*, *bridge*, dan *hollow*

Berdasarkan Gambar 3.15 terlihat nilai Eads rata-rata umumnya mengalami peningkatan. Diperoleh hal yang sama dengan teori dimana Eads semakin kecil dengan peningkatan jumlah atom Li yang dijatuhkan yaitu Eads berbanding lurus ikatan. Berdasarkan dengan energi Gambar 4.16 E_{ads} rata-rata tiap atom mengalami penurunan seiring bertambahnya jumlah atom Li yang dijatuhkan . Atom Li mempunyai ukuran jari-jari yang berbeda jauh dengan atom C yaitu jari-jari Li = 1,549 Å dan C = 0,7 Å sehingga atom Li sulit untuk diadsorpsi C^{16} . oleh atom Perbedaan keelektronegatifan atom Li dan C besar sama 1,5, sehingga atom Li dan C cenderung membentuk ikatan kovalen lemah atau ikatan ionik yang juga lemah. Atom Li cenderung mengarah ke atom yang lebih elektronegatif, sehingga semakin lemah ikatan antara atom C dengan Li yang ditandai dengan panjangnya jarak antara atom Li dengan atom C pada SWCNT.

3.8 Counter HOMO dan Counter LUMO

b.



Gambar 3.17. a) counter HOMO penjatuhan 1 atom Li pada posisi on top b) counter LUMO penjatuhan 1 atom Li pada posisi on top

Counter HOMO berada pada ikatan π antara atom C dari SWCNT, sedangkan counter LUMO berada pada atom hidrogen. Hal ini menunjukkan atom C berperan sebagai donor elektron dan atom hidrogen berperan sebagai aseptor elektron. Sedangkan atom Li tidak berperan sebagai donor maupun aseptor elektron karena tidak ada counter HOMO maupun LUMO pada atom Li, ini menunjukkan lemahnya interaksi kimia antara atom Li dan atom C pada SWCNT. Berdasarkan counter HOMO dan LUMO dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi interaksi antara atom Li dengan atom C.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui atom Li yang di jatuhkan pada permukaan dinding SWCNT berinteraksi secara lemah (8.0)dan umumnya tidak membentuk ikatan. Penjatuhan 1 sampai 4 atom Li menaikkan energi (ΔE) **SWCNT** sehingga menurunkan daya hantar listrik SWCNT. Penjatuhan atom Li tidak berpotensi untuk meningkatkan hantaran listrik dari SWCNT karena tidak terjadi interaksi antara atom Li dengan SWCNT. Penjatuhan atom Li menyebabkan penurunan BE dan Eads seiring dengan bertambahnya jumlah atom Li.

Referensi

- Rosen, R.; Simendinger, W.; Debbault, C.; Shimoda, H.; Fleming, L.; Stoner, B.; Zhou, O.: Application of carbon nanotubes as electrodes in gas discharge tubes. *Applied Physics Letters*, 2000, 76, 13, 1668 - 1670.
- 2. Sealy, C.: Carbon Nanotubes Get Tough Composites. Materials Today, 2004, 15.
- 3. Nguyen, L.H.; Phi, T.V.; Phan, P.Q.; Vu, H.N.; Nguyen-Duc, C.; Fossard, F.: Synthesis of multi-walled carbon nanotubes for NH₃ gas detection. *Physica E*, 2007, *37*, 54 57.
- 4. Gulseren, O.; Yildirim, T.; Ciracci, S.: Tunable adsorption on carbon

- nanotubes. *Physical Review Letters*, 2001, 87, 11, 116802-1 116802-4.
- 5. Li, Wei.; Guo-Qing, L.; Xiao-Min, L.; Juan-Juan, M.; Peng-Yu, Z.; Qin-Yu, H.; Yin-Zhen, W.: Strong adsorption of Al-doped carbon nanotubes toward cisplatin. *Chemical Physics Letters*, 2016, 162-167.
- 6. Zhang, D.; Shi, L.; Fang, J.; Dai, K.: Removal of NaCl from saltwater solution using carbon nanotubes/activated carbon composite electrode. *Materials Letters*, 2006, 60, 360-363.
- 7. Latununuwe, A.; Setiawan, A.; Winata, T.; Sukirno.: Efek Aharonov-Bohm terhadap sifat elektronik carbon naotube. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2008.
- 8. Zhou, Gang.; Wenhui, Duan.; Binglin, Gu.: Electronic structure and field emission charactiristics of open ended single walled carbon nanotubes. *Journal of American Physical Society*, 2001, 87, 9.
- 9. Ashrafi, F.; Ghasemi, A. S.: Optimation of carbon nanotube for nitrogen gas adsorption. *Journal of applied science*, 2010, 2, 6, 547-551.
- 10. Li, Wei.; Xiao-Min, L.; Guo-Qing, L.; Juan-Juan, M.; Peng-Yu, Z.; Jun-Fang, C.; Zhong-Liang, P.; Qing-Yu, H.: First principle study of SO₂ molecule adsorption on Ni-doped vacancy-detected single walled (8.0) carbon nanotubes. *Journal of Applied Surface Science*, 2016, 560-566.
- 11. Sankar, G.; Udhayakumar, K.: Electronic properties of boron and silicon doped (10,0) zigzag single walled carbon nanotubes upon gas molecular adsorption DFT comparative study. *Journal of Nanomaterial*, 2013.
- 12. Ji-Guang, Zhang.; Wu Xu.; Wesley, A.; Henderson.: Lithium metal anodes and rechargeable lithium metal batteries, 2017, 249, 14, 95.
- 13. Liu Kin, M,; Setianto.: Energi total keadaan eksitasi atom litium dengan metode variasi. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 2017, *01*, 6 10.
- 14. Pranowo, H. D.: Pengantar kimia komputasi. *Austrian-Indonesian Centre for Computational Chemistry (AIC)*, 2016.
- 15. Garrett, D. E.: Handbook of lithium. 1, 190-193.
- 16. Sukardjo. *Ikatan kimia.* Cetakan kedua. Rineka Cipta. Yogyakarta. 1990.

PEMANFAATAN KARBON AKTIF DARI TANAH GAMBUT SEBAGAI BAHAN ELEKTRODA SUPERKAPASITOR

Olly Norita Tetra, Hermansyah Aziz, Mega Nofriani*

Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengtahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia *E-mail: meganofrianii@yahoo.com

Abstrak: Pemanfaatan karbon aktif dari limbah tanah gambut sebagai bahan elektroda pada superkapasitor telah dilakukan. Superkapasitor dirangkai dengan metoda plat/sandwich yang dipisahkan oleh separator PVA (Polyvinyl Alcohol). Untuk meningkatkan nilai kapasitansi dilakukan aktivasi terhadap karbon tanah gambut menggunakan KOH 10 M dengan perbandingan massa karbon dan aktivator yaitu 1:4 dan dipelajari karakterisasinya dengan X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) dan Surface Area Analyzer (SAA). Pada karakterisasi dengan XRD, menunjukkan bahwa bahan elektroda yang diuji bersifat amorf ditandai dengan puncak yang lebar dan landai. Pada FTIR, dapat diketahui gugus fungsi yang terkandung di dalam karbon aktif, pada SEM-EDX memperlihatkan bentuk morfologi permukaan karbon aktif serta memberikan komposisi unsur yang terdapat di dalam karbon aktif, dan pada SAA dapat diketahui luas permukaan spesifik karbon aktif. Superkapasitor dibuat dengan memvariasikan luas plat, konsentrasi larutan elektrolit dan waktu pengisian. Nilai kapasitansi tertinggi diperoleh yaitu pada ukuran partikel 45 µm dengan luas plat elektroda 3x7 cm², pada waktu pengisian 30 menit dan konsentrasi elektrolit H₃PO₄ 0,3 N adalah 40,11 nF.

Kata kunci: elektroda, superkapasitor, karbon aktif, tanah gambut, separator

1. Pendahuluan

Berbagai teknologi yang ada saat ini, sebagian besar membutuhkan piranti penyimpan energi listrik. Sebagai contohnya telepon selular dan laptop membutuhkan baterai sebagai piranti penyimpan energi. Namun, kendalanya baterai memiliki rapat daya yang cukup kecil disamping itu juga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengecas (penyimpanan) energi listrik kedalam piranti tersebut[1]. Oleh sebab itu, dibutuhkan teknologi yang memiliki rapat energi dan rapat daya yang lebih besar serta waktu pengecasan yang lebih singkat untuk memenuhi kebutuhan teknologi dimasa mendatang. Sejauh ini telah terdapat minat yang besar dikalangan para peneliti untuk mengembangkan perangkat penyimpanan energi yang lebih efisien. Salah satu perangkat tersebut ialah superkapasitor. Superkapasitor, juga dikenal sebagai ultrakapasitor atau kapasitor elektrokimia yang memanfaatkan permukaan elektroda dan larutan elektrolit dielektrik tipis untuk mencapai kapasitansi beberapa kali lipat lebih besar dibandingkan baterai dan kapasitor konvensional[2].

Pada penelitian sebelumnya, yaitu pembuatan karbon aktif yang berasal dari limbah cangkang kelapa sawit yang diaktivasi menggunakan KOH, memiliki nilai kapasitansi yaitu $48,2516~\mu\text{F/g}$ [3]. Pada penelitian ini digunakan karbon dari tanah gambut sebagai

bahan elektroda yang diharapkan dapat menjadi sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Hal ini dirasa perlu dikembangkan karena dapat memanfaatkan tanah gambut yang melimpah di daerah Sumatera Barat.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah hot plate (IKA' C-MAG HS 4), oven, furnace, plat tembaga, kaca, kabel buaya, neraca analitis (Mettler PM4000), ayakan, pH meter, lumpang, alu, dan peralatan gelas laboratorium lainnya. Peralatan instrumen yang digunakan adalah charger (Handphone Nokia 5 V), LCR Meter (SANWA LCR700), Multimeter (SANWA CD800a).

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kertas batang padi, tanah gambut, KOH, HCl, H₃PO₄ (Merck), PVA (*Polyvinyl Alkohol*) (Bratachem), lem *stick* UHU, aluminium voil, ampelas, dan akuades.

2.3 Karakterisasi

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD) dan Surface Area Analyzer (SAA).

2.4 Prosedur Kerja

2.4.1 Pembuatan larutan elektrolit H₃PO₄

Larutan induk H_3PO_4 5 N dibuat dengan cara menambahkan 50 mL akuades ke dalam labu ukur 100 mL, lalu ditambahkan 11,4 mL larutan H_3PO_4 85% secara perlahan. Larutan diaduk kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas labu. Larutan induk H_3PO_4 5 N diencerkan menjadi 0,1 N – 0,5 N dalam labu ukur 50 mL [4].

2.4.2 Pembuatan elektrolit hidrogen polimer Dilarutkan 1 gram PVA ((CH₂CHOH)n) dengan 10 mL larutan H₃PO₄ dengan konsentrasi 0,1 N. Campuran tersebut dipanaskan pada suhu 45°C diatas hot plate sampai homogen. Setelah homogen, campuran dituangkan kedalam petridish dan dibiarkan kering secara alami. Langkah yang sama dilakukan untuk konsentrasi larutan H₃PO₄ 0,2 N; 0,3 N; 0,4 N dan 0,5 N.

2.4.3 Persiapan aktivasi karbon tanah gambut dengan KOH

Karbon tanah gambut dikarbonisasi pada suhu 5000 C selama 3 jam. Setelah proses karbonisasi selesai, karbon tanah gambut dihaluskan dan diayak dengan menggunakan ayakan berukuran 45 µm. Selanjutnya karbon disiapkan untuk proses aktivasi. Proses aktivasi dilakukan dengan menambahkan KOH 10 M yang digunakan sebagai zat pengaktivasi, dengan perbandingan masa karbon dan KOH 1: 4, karbon direndam dengan KOH, diaduk hingga KOH merata dan didiamkan selama ± 4 jam. Kemudian karbon di furnance pada suhu 500°C selama 3 jam. Kemudian selanjutnya dilakukan pencucian dengan menambahkan HCl 1 M sampai pH 7, dan dilanjutkan pencucian dengan akuades. Kemudian karbon dipanaskan pada suhu ± 105°C [5].

2.4.4 Perakitan plat elektroda superkapasitor Tembaga dibersihkan dengan amplas dan juga kaca dibersihkan agar tidak ada pengotor yang menempel. Kertas batang padi dipotong dengan ukuran 3 x 3 cm², 3 x 5 cm², dan 3 x 7 cm² sebanyak 2 buah untuk masing-masing ukuran. Kertas batang padi tersebut ditimbang dicatat massanva. Rangkaian dan superkapasitor plat disusun dimana kertas batang padi yang telah dilapisi karbon (plat elektroda) disusun seperti sandwich dan pada bagian tengah diletakkan separator (PVA). Kedua plat elektroda diapit lempengan tembaga kemudian rangkaian tersebut di jepit dengan penjepit kertas agar rekat. Dilakukan perlakuan yang sama untuk variasi luas permukaan kertas batang padi (3x3, 3x5, dan 3x7 cm²), variasi konsentrasi larutan elektrolit H₃PO₄ (0,1; 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 N) dan variasi waktu charging 15, 30, 45 dan 60 menit.

2.4.5 Pengukuran sifat listrik dari rangkaian superkapasitor

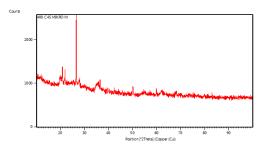
Rangkaian superkapasitor dilakukan variasi waktu pengisian, variasi larutan elektrolit, dan variasi ukuran plat elektroda. Pengukuran sifat listrik dilakukan dengan menggunakan LCR-Meter dan Multimeter. Pada pengukuran akan didapatkan nilai kapasitansi (C), nilai induktansi (L), nilai resistansi (R), tegangan (v), dan arus (I).

Hasil dan Diskusi

3.1 Karakterisasi karbon tanah gambut sebagai bahan elektroda

3.1.1 X-Ray Diffraction (XRD)

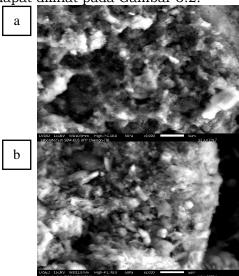
Pengukuran Difraksi Sinar-X (XRD) menghasilkan kurva hubungan antara intensitas dan sudut 20.



Gambar 3.1 Pola difraksi karbon aktif tanah gambut dengan suhu pembakaran 500°C.

Elektroda karbon yang diaktivasi dengan KOH ditemukan mengandung C, SiO₂, O₂, dan K. Pola difraksi karbon aktif pada suhu pembakaran 500°C menunjukkan posisi puncak difraksi yaitu pada 33°.

3.1.2 Scanning Electron Microscopy (SEM) Morfologi permukaan karbon dari tanah gambut sebelum dan sesudah diaktivasi dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Hasil karakterisasi SEM dengan perbesaran 3000 kali pada karbon tanah gambut pada suhu pembakaran

 500° C (a) ukuran 45 μ m tanpa aktivasi; (b) ukuran 45 μ m diaktivasi

Karbon tanah gambut setelah diaktivasi dengan KOH menunjukkan distribusi pori yang merata dibandingkan dengan karbon tanah gambut tanpa aktivasi³³.

3.1.3 Energy Dispersive X-Ray (EDX)

Analisis EDX terhadap karbon dari tanah gambut menunjukkan komposisi material yang terdapat pada karbon tersebut. Pada hasil EDX menunjukkan bahwa karbon dari tanah gambut pada suhu pembakaran 500°C mengandung unsur karbon, oksigen, aluminium, silika dan kalium.

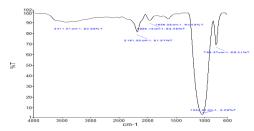
Tabel 3.1. Komposisi unsur dari tanah gambut pada suhu pembakaran 500°C dengan ukuran partikel 45 μm menggunakan EDX

Unsur	Berat (%)		
	Tanpa Aktivasi	Aktivasi	
С	31,79	43,79	
Ο	46,02	34,55	
A1	9,79	0,81	
Si	12,19	1,04	
K	0,21	19,81	

Unsur aluminium dan silika kemungkinan berasal dari mineral lain yang terkandung dalam tanah gambut karena tanah gambut berasal dari bahan alam. Komposisi unsur aluminium dan silika pada saat setelah di aktivasi sangat kecil, sedangkan unsur kalium yang didapat meningkat setelah aktivasi dikarenakan unsur kalium berasal dari aktivator KOH yang masih tersisa di karbon aktif.

3.1.4 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Karbon aktif yang terbuat dari tanah gambut diuji dengan menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam karbon aktif berdasarkan puncak serapan yang dihasilkan.

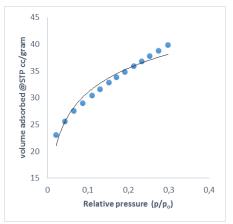


Gambar 3.3. Spektrum FTIR dari karbon tanah gambut dengan suhu pembakaran 500°C ukuran 45 μm diaktivasi

Berdasarkan hasil FTIR yang ditunjukkan gugus fungsi yang teridentifikasi pada sampel karbon aktif tanah gambut yaitu pada bilangan gelombang 3625,58 cm⁻¹ dan 3398,52 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya gugus

hidroksil (-OH) stretching vibration pada karbon aktif, kemudian terdapat serapan pada bilangan gelombang antara 2169,05-2032,34 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya stretching C=C dari senyawa aromatik, dan pada bilangan gelombang antara 786,19- 690,82 cm⁻¹ terdapat gugus C-H.

3.1.5 Isoterm BET (Brunauer-Emmett- Teller) Isoterm adsorpsi-desorpsi N₂ untuk sampel karbon dari tanah gambut ditunjukan pada Gambar 3.4.



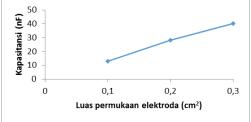
Gambar 3.4 Spektrum BET karbon dari tanah gambut

Kurva isoterm tersebut menunjukkan bahwa adsorspi N₂ pada karbon tanah gambut merupakan adsorpsi isoterm tipe II yaitu tipe adsorpsi yang terjadi pada material mesopori, dibuktikan dengan kemiringan kurva mulai terjadi pada nilai p/po besar dari 0,1 [6].

3.2 Pengukuran sifat-sifat listrik

3.2.1 Pengaruh luas permukaan plat elektroda terhadap nilai kapasitansi dari elektroda pada superkapasitor

Luas permukaan plat elektroda dapat mempengaruhi nilai kapasitansi dari superkapasitor. Semakin besar luas permukaan plat elektroda maka nilai kapasitansi yang dihasilkan akan semakin besar[7].

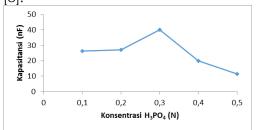


Gambar 3.5 Pengaruh luas plat elektroda terhadap nilai kapasitansi dengan menggunakan larutan elektrolit H₃PO₄ 0,3 N dan waktu pengisian 30 menit.

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat nilai kapasitansi meningkat dengan meningkatnya luas plat elektroda superkapasitor sampai ukuran plat 3x7 cm² yaitu sebesar 40,11 nF. Hal ini disebabkan karena semakin besar luas plat elektroda, maka semakin banyak karbon yang ada pada elektoda dan semakin besar kemampuannya menyimpan muatan untuk membentuk lapis rangkap listrik pada permukaan elektroda tersebut.

3.2.2 Pengaruh variasi konsentrasi larutan elektrolit H₃PO₄ terhadap nilai kapasitansi dari elektroda superkapasitor

Semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit maka muatan untuk membentuk lapisan rangkap listrik pada permukaan elektroda akan semakin banyak sehingga nilai kapasitansi yang didapatkan akan meningkat [8].



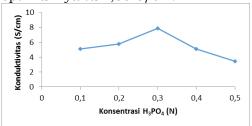
Gambar 3.6 Pengaruh konsentrasi larutan elektrolit H_3PO_4 terhadap nilai kapasitansi dengan luas plat 3x7 cm², ukuran partikel 45 μm dan waktu pengisian 30 menit.

Nilai kapasitansi dari superkapasitor meningkat hingga konsentrasi 0,3 N, namun dengan konsentrasi elektrolit 0,4 N terjadi penurunan nilai kapasitansi dari superkapasitor.

3.2.3 Pengaruh konsentrasi elektrolit H₃PO₄ terhadap konduktivitas dari elektroda superkapasitor

Konsentrasi elektrolit dapat mempengaruhi nilai konduktivitas dari elektroda superkapasitor.

Pada konsentrasi larutan elektrolit H₃PO₄ 0,3 N, didapatkan nilai konduktivitas yang optimum yaitu 7,85 S/cm.



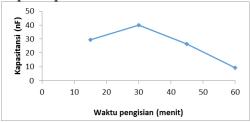
Gambar 3.7 Pengaruh konsentrasi larutan elektrolit H_3PO_4 terhadap nilai konduktivitas dengan luas plat $3x7~cm^2$, ukuran partikel $45~\mu m$ dan waktu pengisian 30~menit.

Pada konsentrasi larutan elektrolit H₃PO₄ 0,3 N, didapatkan nilai konduktivitas yang

optimum yaitu 7,85 S/cm. Konsentrasi elektrolit yang semakin tinggi, memiliki ion positif dan negatif yang lebih banyak, sehingga elektron yang lebih banyak berpindah dapat meningkatkan nilai konduktivitas[9].

3.2.4 Pengaruh variasi waktu pengisian terhadap nilai kapasitansi dari elekroda superkapasitor

Waktu pengisian dapat mempengaruhi nilai kapasitansi dari elektroda superkapasitor.



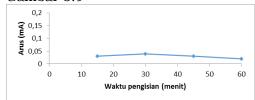
Gambar 3.8 Pengaruh variasi waktu pengisian terhadap nilai kapasitansi dengan luas plat 3x7 cm², ukuran partikel 45 μ m dan larutan elektrolit H_3PO_4 0,3 N.

Semakin lama waktu pengisian maka nilai kapasitansi dari elektroda superkapasitor semakin meningkat yaitu 40,11 nF. Setelah waktu 30 menit nilai kapasitansi menurun, karena pada saat pengisian 30 menit, semua ion-ion dalam separator telah bergerak ke permukaan elektroda untuk membentuk lapis rangkap listrik.

3.2.5 Pengaruh waktu pengisian terhadap sifat listrik superkapasitor

3.2.5.1 Pengaruh waktu pengisian terhadap arus listrik

Waktu pengisian tidak mempengaruhi jumlah arus yang masuk dan keluar pada superkapasitor dan dapat dilihat pada Gambar 3.9

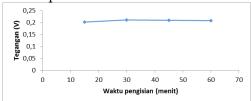


Gambar 3.9 Pengaruh variasi waktu pengisian terhadap jumlah arus yang mengalir pada superkapasitor dengan luas plat $3x7~cm^2$, ukuran partikel 45 μ m dan larutan elektrolit $H_3PO_4~0,3~N$.

Nilai arus konstan meskipun waktu pengisian meningkat. Hal ini menandakan bahwa resistansi superkapasitor yang dibuat telah dapat menjaga arus yang keluar konstan sehingga dapat menyimpan arus untuk waktu yang lebih lama.

3.2.5.2 Pengaruh waktu pengisian terhadap tegangan listrik

Waktu pengisian tidak terlalu mempengaruhi nilai tegangan pada superkapasitor dan dapat dilihat pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Pengaruh variasi waktu pengisian terhadap tegangan pada superkapasitor dengan luas plat 3x7 cm2, ukuran partikel 45 µm dan larutan elektrolit H₃PO₄ 0,3 N.

Tegangan mencapai nilai optimum pada saat waktu pengisian 30 menit. Nilai tegangan meskipun konstan waktu pengisian meningkat.

3.2.6 Hubungan Kapasitansi, Muatan dan Jumlah Elektron Superkapasitor

Nilai kapasitansi berbanding lurus dengan muatan dan jumlah elektron pada superkapasitor.

Tabel 3.2 Hubungan kapasitansi, muatan dan iumlah elektron sunerkanasitor

Juman elektron superkapasitor			
Konsentr asi larutan elektrolit H ₃ PO ₄ (N)	Kapasitansi (nF)	Muatan (Q)	Jumlah elektron (e-)
0,1	26,326	2,54x10 ⁻	158,53 5 x 10 ¹⁴
0,2	27,071	2,62 x10 ⁻³	163,02 1 x 10 ¹⁴
0,3	40,11	3,88 x10 ⁻³	241,54 x 10 ¹⁴
0,4	19,84	1,92 x10 ⁻³	119,47 6 x 10 ¹⁴
0,5	11,40	1,10 x10 ⁻³	68,65 x 10 ¹⁴

semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit maka nilai kapasitansi akan meningkat sampai konsentrasi 0,3 N dan kemudian nilai kapasitansi menurun. Meningkatnya nilai kapasitansi seiring dengan meningkatnya jumlah muatan dan jumlah elektron dalam pembentukan lapisan rangkap listrik pada permukaan elektroda berbahan karbon aktif tanah gambut[7].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa karbon aktif dari tanah gambut dapat digunakan sebagai bahan elektroda superkapasitor. Karbon aktif dari tanah gambut memiliki performance yang baik sebagai bahan elektroda superkapasitor. Berdasarkan hasil EDX didapatkan persentase karbon aktif ukuran 45 µm dari tanah gambut adalah

43,79%. Peningkatkan nilai kapasitansi dilakukan dengan pengaktivasian terhadap karbon menggunakan aktivator KOH. Nilai kapasitansi vang paling maksimum didapatkan dengan ukuran karbon 45 µm, larutan elektrolit H₃PO₄ 0,3 N, ukuran plat elektroda 3x7 cm² dan waktu pengisian 30 adalah 40,11 nF menit dengan konduktivitas 7,85 Ω⁻¹cm⁻¹.

5. Ucapan terima kasih

Alhamdulillah, puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ini. Dalam penyusunan artikel ini penulis banyak mendapat bimbingan, bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar besarnya kepada Ristek Dikti yang telah membantu membiayai penelitian hingga selesai.

Daftar Pustaka

- 1. Aisyah, S. Yulianti, E. Fasya, A.G. dan Padil. Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit, Alchemy, 2010, 1(2), 53-103.
- 2. Muttagin, A. Emriadi. Alif, A. dan Tetra, Konduktivitas Elektroda Campuran Resin Damar dan Zeolit dari Bottom Jurnal Ash, Ilmu Fisika, Universitas Andalas, 2014, 6(1).
- 3. Aziz, H. Tetra, O. Alif, A. Syukri. dan Ramadhan, W. Electrical Properties of Electrode-Based Supercapacitor Activated Carbon from Waste Palm Kernel Shells, Der Pharma Chemica, 8(15):227-232.
- 4. Jayalakshmi, M. Simple Capacitors To Supercapacitor, Int. J. Electrochem. Sci, 2008, 3, 1196 - 1217.
- 5. Lu, W. Hartman, R. Nanocomposite electrodes for high performance supercapacitors, Journal of Physical Chemistry Letters, 2011, 43, 655.
- 6. Ren, X. Gottesfeld, S. and Ferrais, J.P. Electrochemical Capacitors, F. M. Delnich and M.Tomkiez Editors. 1995, 138.
- Liou. Tzong-Horng. Development of mesoporous structure and high adsorption capacity of biomass-based activated carbon by Phosphoric acid and Zinc Chlorida activation, Chemical Engineering Journal, 2010, 158, 129-142.
- 8. Aziz, H.; Tetra, O. N.; Alif, A.: Ramadhan, W.: Electrical properties of supercapacitor electrode based on activated carbon from

- waste palm kernel shells. *Der pharma chemica*. 2016, 8(15):227-232.
- 9. Tetra, O. N.; Syukri.; Alif A.; Perdana, A. Y.; Aziz, H.: Utilization of porous carbon from waste palm kernel shells on carbon paper as a supercapacitors electrode material. Earth and Environmental Science. 2017, 65: 012053

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI NH_4OH , NH_4NO_3 , DAN PENCUCIAN ENDAPAN R_2O_3 TERHADAP KANDUNGAN Al_2O_3 DALAM SEMEN PPC SECARA GRAVIMETRI

Yulizar Yusuf^a, Hermansyah Aziz^b, Febri Maulana^c, Vivin Tri Annesya^{a*}

^aLaboratorium Kimia Analisis Terapan, Jurusan Kimia, ^bLaboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengtahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia E-mail: vivin.annesya@gmail.com

Abstrak: Komposisi kimia semen portland terdiri dari CaO, SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃. Oksida tersebut setelah diproses menjadi senyawa C3S, C2S, C3A dan C4AF. Reaksi hidrasi antara senyawa tersebut dengan air mempengaruhi unjuk kerja mortar yaitu pengikatan, pengerasan dan kecepatannya, panas hidrasi, kuat tekan dan ketahanan terhadap sulfat. Keberadaan Al₂O₃ dalam semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*) R₂O₃ (golongan ammonium hidroksida) sangat menentukan terhadap kuat tekan dan setting timenya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada penentuan kadar Al₂O₃ dengan metoda gravimetri, maka dapat disimpulkan bahwa, pada variasi NH₄NO₃ 3 %, maka % Al₂O₃ dapat berkurang sampai 3,13 % (PPC I), 5,71 % (PPC II), dan 12,73 % (PPC III). Sedangkan jumlah volume pencucian sampai 160 mL (8 kali pencucian x 20 mL) dengan NH₄NO₃ 2 % akan mengurangi % Al₂O₃ sebesar 2,36 % (PPC I), 1,85 % (PPC II), dan 5,54 % (PPC III). Variasi konsentrai NH₄OH: akuades (1:3) penambahan % Al₂O₃ sebesar 9,12% (PPC II).

Kata kunci: PPC atau Portland Pozzolan Cement, analisa gravimetri, R2O3

1. Pendahuluan

Mortar semen dan beton adalah bahan bangunan yang paling populer, dan produksinya meningkat dari hari ke hari, masih ada kelemahan yang disebabkan oleh sifat bahan, rendahnya kekuatan tarik, ketahanan kimia yang rendah, dan rendahnya kuat tekan. Penambahan dan pencampuran zat aditif adalah untuk meningkatkan barbagai mengatasi beberapa kelemahan. Bahan aditif tersebut sangat menarik karena sifat kimianya yang unik, seperti polimer nanomaterials. Penggabungan dan polimer dapat meningkatkan daya tahan dan sifat mekanik terutama kelenturan dan kuat tekan dari komposit semen[1].

Permintaan semen dalam negeri maupun luar negeri selalu meningkat setiap tahunnya. Pendorongnya adalah karena kini tidak semen hanya digunakan untuk bisnis saja, namun juga untuk proyek infrastruktur yang akan berkembang sejalan dengan meningkatnya jumlah dan pendapatan penduduk. kebutuhan Karena permintaan selalu konsumen yang

meningkat tiap tahunnya dan banyaknya terjadi kegagalan struktur, maka PT. Semen Padang setiap saat selalu berinovasi untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri maupun luar negeri, sekaligus meningkatkan kualitas semen yang dihasilkan sehingga tidak terjadi lagi kegagalan struktur[2].

PPC atau Portland Pozzolan Cement adalah suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen portland pozolan[3].

Bila semen bersentuhan dengan air, maka proses hidrasi berlangsung dari arah keluar ke arah ke dalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi dibagian dalam secara bertahap akan terhidrasi, sehingga volume mengecil. Mekanisme terjadinya setting dan hardening vaitu ketika terjadi pencampuran dengan air, maka akan terjadi reaksi antara air dengan C3A membentuk 3CaO.Al₂O₃. 3H₂O yang bersifat kaku dan berbentuk gel. Untuk mengatur pengikatan perlu ditambahkan gypsum. Gypsum bereaksi dengan 3CaO.Al₂O₃.3H₂O, membentuk lapisan ettringite yang akan permukaan membungkus senyawa tersebut. Namun karena ada peristiwa osmosis lapisan ettringite akan pecah dan reaksi hidarsi C3A akan terjadi lagi, namun akan segera terbentuk lapisan ettringite kembali yang akan membungkus 3CaO.Al₂O₃. 3H₂O kembali sampai gypsum habis. Untuk semen khusus, seperti panas hidrasi rendah, dan tahan sulfat perlu untuk membatasi jumlah trikalsium aluminat (3CaO. Al2O3) terbentuk[4].

Istilah industri pada semen penggabungan dari Al₂O₃ dan Fe₂O₃ disebut dengan R₂O₃. Semen tipe PPC ini memiliki nilai Al₂O₃ yang lebih tinggi dibandingkan dengan semen tipe lainnya. Hal ini dikarenakan pada bahan baku semen itu sendiri mengandung Al₂O₃ dan dengan penambahan bahas pozzolan yang juga mengandung Al₂O₃ juga mempengaruhi tingginya kadar Al₂O₃ pada semen tipe PPC tersebut. Besarnya kadar Al₂O₃akan sangat mempengaruhi nilai alumina modulus (AM). Jika kadar rendah maka nilai AM yang dihasilkan pun rendah. Begitu pula sebaliknya, jika kadar Al₂O₃ tinggi maka nilai AM yang dihasilkan juga tinggi. Nilai AMyang rendah mempengaruhi kuat tekan awal semen rendah pada umur 3-7 hari. Penentuan kadar Al₂O₃ tidak ada batasan khusus yang diberikan SNI 15 -7064-2004[4].

Namun, pada penentuan komposisi semen pada metoda alat XRF nilai Al₂O₃ yang didapatkan cenderung tinggi dibandingkan dengan metoda gravimetri. Maka pada penelitian ini akan dilakukan berbagai pengaruh pada penentuan komposisi Al_2O_3 pada analisa gravimetri.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu Bahan-bahan yang digunakan adalah semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*), PPC 1 (semen PPC Indarung II), PPC 2 (semen Indarung III), PPC 3 (semen Indarung IV), metil merah sebagai indikator, NH₄OH: akuades (1:1, 1:2, 1:3) sebagai pembentuk endapan, HCl p.a untuk melarutkan endapan, NH₄NO₃ (1%, 2%, 3%) sebagai pencuci endapan, kertas saring (*Whatman* 41), natrium karbonat Na₂CO₃, dan akuades.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Alat-alat yang digunakan adalah X-ray fluorescence (XRF), spatula, neraca analitik digital, cawan platina, penangas pasir, hot plate, furnace 800°C dan 1000°C, gelas piala (ukuran 30 mL, 400 mL, 600 mL), batang pengaduk, corong, dan gelas ukur.

2.2 Penentuan komposisi Semen Tipe PPC secara XRF

Analisis komposisi kimia semen PPC II, PPC PPC II, dan III dilakukan menggunakan dengan XRF dengan menimbang 0,5 g sampel. Kemudian dimasukkan ke dalam cincin XRF dan diproses hingga berbentuk tablet. Komposisi kimia di dalam semen ditetapkan dengan menggunakan metode X-ray fluorescence (XRF). Komposisi semen meliputi oksida logam kimia seperti SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, dan SO₃.

2.3 Peleburan Semen PPC

Semen tipe PPC ditimbang 0,5 gram didalam krusibel dan ditambahkan dengan Na_2CO_3 sebanyak 4 gram, sedangkan blangko yang digunakan adalah natriumkarbonat tanpa semen. Setelah diaduk ditutup krusibel dan difurnace pada suhu 1000°C selama 45 menit. Gelas piala 400 mL disiapkan dan ditambahkan air 20 mL dan HCl 1:1 sebanyak 45 mL. Setelah 45 menit krusibel yang berisi semen yang telah difurnace dimasukan ke gelas piala berisi aquades dan HCl. Gelas piala dipanaskan sampai endapan pada cawan larut. Krusibel dibilas dengan akuades. Larutan yang ada pada gelas piala didigest sampai kering atau terbentuk kristal.

2.4 Penentuan R₂O₃ dengan Variasi Volume Pencucian dengan NH₄NO₃

Kristal yang telah didapatkan ditambahkan HCl 1:1 dan dihancurkan kristal. Akuades ditambahkan sampai volume 100 mL. Larutan dipanaskan hingga volume filtrat mencapai 150 mL. Kemudian ditambahkan 3 - 4 tetes indikator metil merah. NH₄OH ditambahkan sambil diaduk terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan dicuci menggunakan NH₄NO₃ 2% panas dengan variasi volume yakni 40 mL, 80 mL, dan 160 mL. Endapan beserta kertas saring dipindahkan kedalam gelas piala yang semula digunakan untuk pengendapan. Endapan dilarutkan dengan HCl 1:1 panas dan diaduk hingga kertas saring hancur. Kemudian ditambahkan 100 mL akuades mendidih. Larutan berisi endapan dipanaskan hingga mendidih. Setelah itu ditambahkan kembali 3 - 4 tetes indikator metil merah. NH₄OH 1:1 ditambahkan sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan dicuci menggunakan 20 mL NH₄NO₃ 2% panas. Endapan dipijarkan pada furnace 800°C selama 10 menit. Kemudian endapan dipijarkan lagi pada furnace 1000 °C selama 30 menit. Berat endapan ditimbang (golongan sebagai R_2O_3 ammonium hidroksida) dan dihitung % Al₂O₃ dari endapan yang didapatkan dengan selisih Fe₂O₃.

2.5 Penentuan R₂O₃ dengan Variasi Konsentrasi NH₄OH

Kristal telah didapatkan yang ditambahkan HCl 1:1 dan dihancurkan kristal. Ditambahkan akuades sampai volume 100 mL dan dipanaskan endapan sampai bersih. Larutan disaring dan distilat dibilas dengan akuades panas sampai bening. Filtrat dipanaskan sampai volume mencapai 150 mL. Kemudian larutan ditambahkan 3 - 4 tetes indikator metil merah. NH₄OH ditambahkan dengan variasi konsentrasi yakni 1:1 (50 mL NH₄OH: 50 mL akuades), 1:2 (30 mL NH₄OH: 60 mL akuades), 1:3 (25 mL NH₄OH: 75 mL akuades) sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna kuning vang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan dicuci menggunakan 20 mL NH₄NO₃ 2% panas. Endapan beserta kertas saring dipindahkan kedalam gelas piala yang semula digunakan untuk pengendapan. Endapan dilarutkan dengan HCl 1:1 panas dan diaduk hingga kertas saring hancur. Kemudian ditambahkan 100 mL akuades mendidih. Larutan berisi endapan dipanaskan hingga mendidih. Setelah itu ditambahkan kembali 3 - 4 tetes indikator metil merah. NH₄OH ditambahkan dengan variasi konsentrasi yakni 1:1 (50 mL NH₄OH : 50 mL akuades), 1:2 (30 mL NH₄OH : 60 mL akuades), 1:3 (25 mL NH₄OH : 75 mL akuades) sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan dicuci menggunakan 20 mL NH4NO3 2% panas. Endapan dipijarkan pada furnace 800°C selama 10 menit. Kemudian endapan dipijarkan lagi pada furnace 1000 °C selama 30 menit. Berat endapan sebagai R_2O_3 ditimbang (golongan ammonium hidroksida) dan dihitung %

 Al_2O_3 dari endapan yang didapatkan dengan selisih Fe_2O_3 .

2.6 Penentuan R₂O₃ dengan Variasi Konsentrasi NH₄NO₃

yang Kristal telah didapatkan ditambahkan HCl 1:1 dan dihancurkan kristal. Akuades ditambahkan sampai volume 100 mL dan dipanaskan endapan sampai bersih. Larutan disaring dan distilat dibilas dengan akuades panas bening. Larutan dipanaskan sampai hingga volume filtrat mencapai 150 mL. Kemudian ditambahkan 3 - 4 tetes metil indikator merah. NH₄OH ditambahkan sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan dicuci menggunakan 20 mL NH₄NO₃ panas dengan variasi konsentrasi yakni 1%, 2%, dan 3%. Endapan beserta kertas saring dipindahkan kedalam gelas piala yang semula digunakan untuk pengendapan. Endapan dilarutkan dengan HCl 1:1 panas dan diaduk hingga hancur. kertas saring Kemudian ditambahkan 100 mL akuades mendidih. dipanaskan Larutan berisi endapan hingga mendidih. Setelah itıı ditambahkan kembali 3 - 4 tetes indikator metil merah. NH₄OH 1:1 ditambahkan sambil diaduk hingga terbentuk larutan berwarna kuning yang berisi endapan dan ditambahkan lagi satu tetes berlebih. Larutan dipanaskan lagi ± 60 detik. Larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman 41. Endapan dicuci menggunakan 20 mL NH₄NO₃ panas dengan variasi konsentrasi yakni 1%, 2%, Endapan dipijarkan pada dan 3%. furnace 800°C selama 10 Kemudian endapan dipijarkan lagi pada furnace 1000 °C selama 30 menit. Berat endapan ditimbang sebagai R_2O_3 (golongan ammonium hidroksida) dan dihitung % Al₂O₃ dari endapan yang didapatkan dengan selisih Fe₂O₃.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Pengukuran Komposisi Semen Rata-rata Semen PPC Menggunakan XRF

Dari penelitian yang telah dilakukan di PT. Semen Padang, sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen tipe PPC (Portland Pozzolan Cement) I (Indarung II), PPC II (PPC Indarung III), dan PPC III (PPC Indarung IV). Data pada tabel dibawah ini merupakan data hasil yang didapatkan dengan pengujian XRF.

Tabel 1. Data Pengukuran Komposisi Semen Rata-rata Semen PPC menggunakan XRF(Data berdasarkan dari Lab QA PT. Semen Padang)

No.	Analisa kimia semen (%)	PPC I	PPC II	PPC III
1.	SiO_2	25.43	25.73	25.76
2.	Al_2O_3	6.37	6.40	6.49
3.	Fe_2O_3	3.19	3.10	3.17
4.	CaO	59.87	56.93	57.57
5.	MgO	0.90	0.66	0.70
6.	SO_3	1.97	2.24	2.08

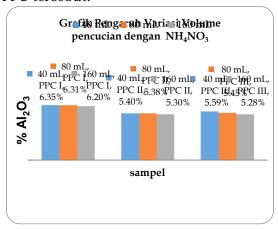
Dari data hasil analisa kimia semen menggunakan XRF untuk PPC I, PPC II, dan PPC III diperoleh kandungan Al_2O_3 sebesar 6,37%, 6,40%, dan 6,49%. Kandungan Al_2O_3 PPC III yang paling tinggi dibandingkan PPC I dan PPC II.

Data yang didapatkan diatas merupakan hasil secara XRF dimana sebagai acuan pada pekerjaan atau penelitian selanjutnya yang dilakukan secara gravimetri dengan berbagai variasi perlakukan pada semen PPC I, PPC II, dan PPC III.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan persentase Al_2O_3 pada cenderung dan semen yang tinggi dilakukan perbandingan kadungan semen dengan menggunakan XRF. Selanjutnya, semen atau sampel yang digunakan diberi berbagai perlakukan yaitu variasi pencucian endapan, variasi konsentrasi NH_4OH , dan variasi konsentrasi NH_4NO_3 untuk mengurangi kadar Al_2O_3 .

3.2 Data Hasil Pengukuran Berdasarkan Variasi Jumlah Pencucian Menggunakan NH4NO₃ pada Semen PPC

Penelitian yang telah dilakukan laboratorium QA PT. Semen Padang, pada standar yang terdapat pada SNI 15-2049-2004 pencucian endapan R_2O_3 menggunakan NH₄NO₃ dicuci sebanyak 2 kali pada setiap kali pencuciannya digunakan NH₄NO₃ dengan volume 20 mL. R₂O₃ merupakan gabungan senyawa Al₂O₃ dan Fe₂O₃ serta minor-minor yang tidak diketahui kadarnya. Hasil dari pengujian Al₂O₃ didapatkan dari selisih hasil R₂O₃ dan Fe₂O₃ yang didapatkan dari hasil XRF (tabel 1) setiap jenis semen PPC tersebut.



Gambar 3.2 Grafik Hasil Pengukuran Berdasarkan Variasi Jumlah Pencucian pada Semen PPC

Dari penelitian ini dilakukan variasi jumlah volume pencucian menggunakan sebanyak 40 mL, 80 mL, dan 160 mL didapatkan untuk setiap sampel persentase Al_2O_3 semakin menurun dengan variasi pencucian endapan. Semakin banyak pencucian endapan semakin kecil endapan didapatkan, hal ini didapatkan karena semakin banyaknya pencucian maka semakin banyak pengotor dan sisa-sisa dari NH₄OH yang masih terdapat pada endapan R₂O₃. Namun, pada variasi volume 160 mL pada sampel PPC III didapatkan hasil yang paling sedikit.

Dari data dapat dilihat bahwa pada dengan pencucian sebanyak 160 mL dapat mengurangi nilai Al₂O₃ sebanyak 2,36%. Pada PPC II dapat mengurangi 1,85% dibandingkan dengan pencucian volume 40 mL dan pada sampel PPC III dapat mengurangi sebesar 5,54%. Tinggi dan kecilnya kadar Al₂O₃ dalam semen tersebut mempengaruhi campuran mineral yang terdapat pada semen terutama C3A dan C4AF yang mengandung Al₂O₃. Adanya kandungan C3A dalam semen pada dasarnya adalah untuk mengontrol sifat plastisitas adonan semen dan beton. Tetapi karena C3A bereaksi terhadap sulfat, maka untuk pemakaian di daerah yang mengandung sulfat dibatasi. Karena reaksi antara C3A dengan sulfat dapat menimbulkan korosi pada beton. Sedangkan C4AF berperan dalam panas hidrasi¹⁸.

2C3S + 6H₂O→ 3CaO.2SiO₂.3H₂+ 3Ca(OH)₂

Calcium Silicate Hydrate
Calcium Hydroxide

2C2S + 4H₂O→ 3CaO.2SiO₂.3H₂O Ca(OH)₂

Air Calcium Silicate Hydrate Calcium Hydroxide

C3A + 3H₂O→ 3CaO.Al₂O₃.3H₂O

Air Calcium Silicate Hydrate

Pada reaksi, daya larut hidrasi berkurang dalam air dibanding dengan semen semula. Dan semen mengeras karena reaksi hidrasi kimia dan reaksi hidrasi ini melepaskan panas[5].

Amonium nitrat bereaksi dengan logam hidroksida, melepaskan amonia dan membentuk alkali logam nitrat:

$$NH_4NO_3 + MOH \rightarrow NH_3 + H_2O + MNO_3$$

(M = Na, K)

Amonium nitrat tidak meninggalkan residu ketika dipanaskan:

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$$

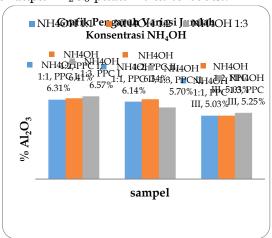
Amonium nitrat juga terbentuk dalam atmosfer Bumi dari emisi NO, SO₂, dan NH₃, dan merupakan komponen sekunder dari PM10. Sehingga NH₄NO₃

digunakan untuk mencuci endapan R_2O_3 yang dapat mengurangi nilai Al_2O_3 [6].

Berdasarkan dari data yang didapatkan adanya pengaruh dari variasi pencucian pada penentuan kadar Al_2O_3 dengan analisa gravimetri ini, dengan adanya variasi pencucian ini kadar Al_2O_3 yang didapatkan lebih kecil dibandingkan dengan nilai komposisi semen dengan XRF. Jadi, pada variasi pencucian ini memberikan pengaruh pada tingginya kadar Al_2O_3 .

3.3 Data Hasil Pengukuran Berdasarkan Variasi Jumlah Konsentrasi NH₄OH pada Semen PPC

Selanjutnya untuk perlakuan sampel variasi konsentrasi dengan NH₄OH berfungsi untuk membentuk endapan pada filtrat penentuan golongan ammonium hidroksida atau R2O3. Pada prosedurnya filtrat yang ditambahkan dengan indikator metil merah (MM) untuk mengindikasikan perubahan warna pada filtrat yang menandakan sudah mencapai titik ekivalen, dan ditambahkan NH₄OH sampai berubah menjadi warna kuning, yang menandakan telah terbentuknya endapan R₂O₃ pada filtrat tersebut.



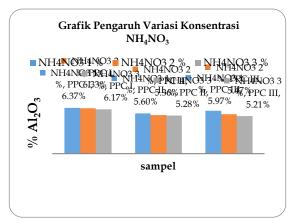
Gambar 3.3. Grafik Data Hasil Pengukuran Berdasarkan Variasi Jumlah Konsentrasi NH₄OH pada Semen PPC

Pada sampel PPC I yang paling baik digunakan adalah NH₄OH: akuades dengan konsentrasi 1:1 karena pada konsentrasi ini didapatkan endapan yang kecil dibandingkan konsentrasi yang lainnya. Sedangkan pada sampel PPC II konsentrasi NH₄OH yang lebih baik digunakan adalah NH₄OH : akuades dengan perbanding 1:3. Pada sampel PPC III dengan konsentrasi NH₄OH : akuades 1:1 dan 1:2 didapatkan endapan dengan berat yang sama.

Jadi, dari grafik pada variasi konsentrasi NH₄OH hasil vang didapatkan tidak berpengaruh, karena NH₄OH yang beraksi dengan endapan dalam bentuk mol bukan dalam persen. Karena NH4OH dalam penambahan pada hanva berfungsi sebagai endapan ditandai pembentuk yang dengan perubahan warna filtrat menjadi warna kuning yang menandakan sudah terbentuknya endapan.

3.4 Data Hasil Pengukuran Berdasarkan Variasi Konsentrasi NH₄NO₃ pada Semen PPC

Pada perlakuan yang terakhir dengan konsentrasi NH₄NO₃ yang digunakan sebagai pencuci endapan R₂O₃ yang divariasikan konsentrasinya. NH4NO3 ini berfungsi untuk pencucian endapan R₂O₃, digunakan NH₄NO₃ karena dapat mengikat sisa-sisa NH₄OH yang berlebih pada pembentukan endapan dan NH₄OH tersebut dapat ikut dalam NH₄NO₃ itu sendiri. Pencucian dengan NH₄NO₃ digunakan pada pencucian akhir untuk mencegah bahan tak larut yang halus lolos dari kertas saring. Pada grafik dengan hasil dibawah didapatkan bertambahnya konsentrasi NH4NO3 maka semakin kecil juga endapan R₂O₃ yang didapatkan, hal ini menyebabkan bahwa konsentrasi NH₄NO₃ dapat mempengaruhi kelarutan dari endapan yang didapatkan. Konsentrasi yang paling baik digunakan adalah dengan konsentrasi NH₄NO₃ 3%.



Gambar 3.4. Grafik Data Hasil Pengukuran Berdasarkan Variasi Konsentrasi NH₄NO₃ pada Semen PPC

Pada hasil yang didapatkan konsentrasi NH_4NO_3 yang digunakan berpengaruh pada endapan R_2O_3 yang cenderung turun, hal ini disebabkan karena masih ada NH_4OH yang terikat pada endapan dan juga karena pencucian endapan dengan akuades kurang bersih.

Keberadaan C3A mengalami hidrasi sangat cepat disertai sejumlah panas, yang menyebabkan pengerasan awal, kurang ketahanan terhadap agresi menunjukkan kimiawi, desintegrasi (perpecahan) oleh sulfat yang ada di tanah, mudah air mengalami volume perubahan sehingga besar kemungkinan mengalami retak retak. Senyawa ini kurang diinginkan karena hanya memberikan sedikit sumbangan pada kekuatan mortar, dan apabila terjadi agresi sulfat, formasi kalsium sulphoaluminate (ettringite) yang dihasilkan dapat menyebabkan gangguan. Aluminoferit kurang penting karena tidak tampak banyak pengaruh terhadap kekuatan dan sifat semen²⁰.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa, variasi NH_4NO_3 3 %, maka % Al_2O_3 dapat berkurang sampai 3,13 % (PPC I), 5,71 % (PPC II), dan 12,73 % (PPC III). Sedangkan jumlah volume pencucian sampai 160 mL (8 kali pencucian x 20 mL) dengan NH_4NO_3 2 % akan mengurangi % Al_2O_3 sebesar 2,36 % (PPC

I), 1,85 % (PPC II), dan 5,54 % (PPC III). Variasi konsentrai NH_4OH : akuades (1:3) penambahan % Al_2O_3 sebesar 9,12% (PPC II).

5. Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada analis Laboratorium Quality Assurance PT. Semen Padang yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Dipohusodo, Istimawan. Struktur Beton Bertulang. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. 1999.
- Ranastra, Rulli Irawan. Kajian Sifat Kimia, Fisika, Dan Mekanik Semen Portland Di Indonesia. Bandung. 2017.
- 3. Lembaga Penelitian Universitas Lampung Makurat. Pembuatan Portofolio Investasi Industri Semen. Banjarmasin. 2011.
- Duda, W. H. Cement Data Book International Process Engineering in the Cement Industry Edisi 3. Bauverlag GmbH. Weisbaden and Berum, Mc Donald and Evan, London. 1985.
- Int Panis, LLR. "The Effect of Changing Background Emissions on External Cost Estimates for Secondary Particulates".2008
- 6. Julian Bagus Hariawan,Pengaruh perbedaan karakteristik type semen Ordinary Portland Semen (OPC) dan Portland Composite Cement (PCC) terhadap kuat tekan mortar,2008.

EFEK MIKROALGA Scenedesmus dimorphus TERHADAP PENURUNAN OBESITAS PADA MENCIT YANG DIBERI MAKANAN TINGGI LEMAK (HIGH-FAT DIET)

Siti Hajir, Armaini*, Yetria Rilda

Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengtahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia *Email: Armaini59@gmail.com

Abstrak: Mikroalga *Scenedesmus dimorphus* memiliki kandungan asam lemak omega-3 yang cukup tinggi seperti asam Eicosapentaenoic (EPA) dan Docosahexaenoic acid (DHA). Omega-3 memiliki kemampuan untuk menurukan obesitas pada mencit yang diberikan makanan tinggi lemak (high-fat diet). Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh *Scenedesmus dimorphus* terhadap berat badan, enzim SGOT, SGPT, kolesterol, trigliserida, LDL dan HDL selama 21 hari perlakuan. Sebanyak 18 ekor mencit dibagi menjadi 6 kelompok yaitu kontrol normal, kelompok obesitas, kelompok *Scenedesmus dimorphus* dengan 3 variasi dosis yaitu 5 mg/20 g BB, 10 mg/20 g BB, 15 mg/20 g BB, dan kelompok orlistat. Berdasarkan hasil penelitian dosis *Scenedesmus dimorphus* 15 mg/20 g BB merupakan dosis efekif dalam mengobati obesitas dengan nilai enzim SGOT, SGPT, kolesterol, trigliserida, LDL, dan HDL berturut-turut sebesar 15,6 U/L, 18,8 U/L, 67,7 mg/dl, 49,2 mg/dl, 10,2 mg/dl, 68,32 mg/dl. Kelompok obesitas nilai yang didapatkan berturut-turut sebesar 26,6 U/L, 29,7 U/L, 108,7 mg/dl, 139,1 mg/dl, 20,6 mg/dl, 60,28 mg/dl. Dapat disimpulkan bahwa *Scenedesmus dimorphus* dapat menurukan nilai SGOT, SGPT, kolesterol, trigliserida, dan LDL serta dapat meningkatkan HDL.

Kata Kunci: Scenedesmus dimorphus, high-fat diet, mencit, omega-3, obesitas.

1. Pendahuluan

Obesitas merupakan peningkatan total lemak tubuh yang melebihi batas berat badan normal. Obesitas dapat membahayakan kesehatan. Parameter untuk mengukur obesitas adalah BMI (Body Mass Index). Apabila BMI lebih dari 30, maka dikategorikan obesitas¹. Tahun 2016, lebih dari 1,9 milyar orang dewasa tahun keatas) mengalami (usia 18 kelebihan berat badan, 650 juta diantaranya obesitas². Peningkatan obesitas disebabkan oleh pola hidup, seperti kurang melakukan aktivitas fisik, faktor genetik menentukan juga pengaturan berat badan melalui pengaruh hormon dan neural³. Penderita obesitas cenderung memiliki kolesterol, trigliserida dan LDL (low density lipoprotein) yang tinggi sehingga menyebabkan efek negatif untuk kesehatan.

Salah satu komponen menarik mikroalga adalah lipid dari mikroalga. Komponen lipid mikroalga mengandung asam lemak tak jenuh rantai ganda panjang atau polyunsaturated fatty acids (PUFAs) seperti asam Eicosapentaenoic (EPA), Docosahexaenoic acid (DHA), Gamma linoleic (GLA) dan asam Arakidonat (AA) yang merupakan omega-3. Mikroalga Scenedesmus dimorphus mempunyai

kandungan lipid yang tinggi yakni 16-40% berat kering dan termasuk dalam 20 spesies mikroalga dengan produktivitas lipid tertinggi yang pernah diteliti⁴. Banyak penelitian menunjukkan efek perlindungan asam lemak omega-3 salah satunya terhadap penyakit obesitas⁵. Sampai sekarang ini belum banyak penelitian mikroalga *Scenedesmus dimorphus*.

Obesitas berhubungan erat dengan terjadinya perlemakan hati⁶. Perlemakan hati yang terjadi lama kelamaan akan menyebabkan terganggunya fungsi hati, salah satu parameter terjadinya kerusakan fungsi hati adalah terdapatnya SGOT dan SGPT. Perlemakan hati juga dapat meningkatkan nilai SGOT dan SGPT⁷.

Mencit merupakan hewan dengan tingkat reproduksi yang tinggi, mudah beradaptasi, harga yang murah, interval kelahiran pendek, sifat anatomis dan fisiologisnya yang mudah dipahami⁸. Mencit juga memiliki karakteristik biologis dan tingkah laku mirip seperti manusia bahkan penyakit manusia juga bisa dimasukkan ke dalam tubuh mencit. Selain itu, struktur gen mencit mirip dengan manusia sehingga dapat membantu hasil penelitian yang lebih akurat. Biomassa Scenedesmus dimorphus diberikan kepada mencit yang telah dikategorikan obesitas

berdasarkan indekx obesitas untuk hewan uji yakni Rõhrer index, *Scenedesmus dimorphus* yang mengandung omega-3 diharapkan mampu menurunkan obesitas.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu peralatan gelas, sentrifus, autoclave, neraca analitik, spektofotometer, oven, kandang untuk pemeliharaan mencit, tempat air minum, alat bedah (skapel, pinset, gunting, jarum), kertas label, photomicroscop, tube

2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mikroalga *Scenedesmus dimorphus* yang telah dibiakkan di Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia Universitas Andalas, medium BBM, etanol, akuades, makanan tinggi lemak (high fat diet), xenical orlistat.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Preparasi Scenedesmus dimorphus Mikroalga Scenedesmus dimorphus ditumbuhkan dalam medium BBM yang terdiri dari (NaNO₃ 10ml/L, MgSO₄.7H₂O 10 ml/L, NaCl 10ml/L, K₂HPO₄ 10ml/L, KH₂PO₄ 10ml/L, CaCl.2H2O 10ml/L, H₃BO₃ 1ml/L, trace element 1ml/L, EDTA 1ml/L, Fe-solution 1ml/L). Medium BBM diautoclave selama 1 jam dan didinginkan hingga suhu kamar.

2.3.2 Pembuatan Larutan Scenedesmus dimorphus

Sediaan larutan Scenedesmus dimorphus dengan ditimbang biomassa dibuat Scenedesmus dimorphus 1,5 g kemudian dihaluskan didalam lumpang selanjutnya ditambahkan dengan 60 mL aquades, sehingga diperoleh sediaan larutan Scenedesmus dimorphus dengan konsentrasi 25 mg/ml. Kemudian dipindahkan botol kedalam film. Selanjutnya larutan sediaan disimpan di dalam lemari pendingin. Pemberian sediaan larutan Scenedesmus dimorphus kepada Scenedesmus mencit untuk dosis dimorphus 5 mg/20 g BB diberikan dengan volume 0,2 mL/20 gr BB, Scenedesmus dimorphus dosis 10 mg/20 g BB diberikan sediaan dengan volume 0,4 mL/20 gr BB, dan Scenedesmus dimorphus dosis 15 mg/20 g BB diberikan sediaan dengan volume 0,6 ml/20 gr BB.

2.3.3 Pemberian Mikroalga Scenedesmus dimorphus pada Hewan Uji

Hewan uji diaklimatisasi selama 7 hari. Lalu dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok normal dan kelompok obesitas, hewan uji ditimbang berat badannya, kemudian kelompok normal diteruskan sebagai kelompok normal atau kelompok kontrol negatif dan kelompok obesitas yang diberi makanan tinggi lemak (high-fat diet) kemudian dibagi kembali menjadi kelompok (kelompok A, kelompok kelompok C, kelompok Orlistat dan kontrol positif) sebagai berikut : Kelompok normal terdiri dari 3 ekor mencit diberi makan diberi air minum. Kelompok pelet dan obesitas terdiri dari 3 ekor mencit yang diberi high-fat diet dan air minum. Kelompok A (5 mg/20 g BB) terdiri dari 3 ekor mencit diberi high-fat diet, air dan Scenedesmus dimorphus (dosis 5 mg/20 g BB mencit). Kelompok B (10 mg/20 g BB) terdiri dari 3 ekor mencit diberi high-fat diet, air dan Scenedesmus dimorphus (dosis 10 mg/20 g BB mencit). Kelompok C (15 mg/20 g BB) terdiri dari 3 ekor mencit diberi high-fat diet, air dan Scenedesmus dimorphus (dosis 15 mg/20 g BB mencit). Kelmpok orlistat terdiri dari 3 ekor mencit diberi high-fat diet, air dan obat orlistat. Kelompok kontrol positif terdiri dari 3 ekor mencit diberi high-fat diet dan air. Setelah pemberian perlakuan selama 21 hari berturut-turut, mencit kemudian ditimbang kembali berat badannya dan di ambil serum darah mencit untuk uji enzim SGOT, enzim SGPT, kolesterol, trigliserida, LDL, dan HDL.

2.4 Uji Kerusakan Fungsi Hati

2.4.1 SGOT (Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase)

Serum darah mencit diambil sebanyak 100 µL lalu ditambahkan dengan reagen 1 sebanyak 1000 µL dan diinkubasi selama 5 menit. Selanjutnya campuran tersebut ditambahkan reagen 2 sebanyak 250 µL lalu dihomogenkan. Selanjutnya dilakukan pembacaan setelah 1 menit, 2 menit dan 3 menit pada panjang gelombang 365 nm.

2.4.2 SGPT (Serum Glutamic Pyruvate Transaminase)

Serum darah mencit diambil sebanyak 100 µL lalu ditambahkan dengan reagen 1 sebanyak 1000 µL dan diinkubasi selama 5 menit. Selanjutnya campuran tersebut ditambahkan reagen 2 sebanyak 250 µL lalu dihomogenkan. Selanjutnya dilakukan

pembacaan setelah 1 menit, 2 menit dan 3 menit pada panjang gelombang 365 nm.

2.5 Uji kadar profil lipid

2.5.1 Pemeriksaan kolesterol

Tabung reaksi dan reagen disiapkan, dibiarkan beberapa menit sampai suhunya sama dengan suhu kamar. Dibuat berdasarkan tabel 1.

Tabel 1. Cara pembuatan larutan blanko, sampel dan standar untuk pemeriksaan total kolesterol

	Blanko	Sampel	Standard
	(μL)	(μL)	(μL)
Akuadest	10	-	-
Serum	_	10	-
Sandard	-	-	10
Reagen	1000	1000	1000
kolesterol			

Dicampurkan sampai homogen, kemudian diinkubasi 20 menit pada suhu kamar atau 10 menit pada suhu 37 °C dan diperoleh larutan berwarna merah muda. Larutan dibaca menggunakan Mikrolab 300 pada panjang gelombang 546 nm.

2.5.2 Pemeriksan Trigliserda

Tabel 2. Cara pembuatan larutan blanko, sampel dan standar untuk pemeriksaan trigliserida

trigriocriaa			
	Blanko	Sampel	Standard
	(µL)	(μL)	(μL)
Akuadest	10	_	-
Serum	-	10	-
Sandard	-	-	10
Reagen	1000	1000	1000
Trigliserida			

Dicampurkan sampai homogen, diinkubasi 20 menit pada suhu kamar atau 10 menit pada suhu 37 °C. Larutan dibaca menggunakan Mikrolab 300 pada panjang gelombang 546 nm.

2.5.3 Pemeriksaan LDL-Serum

Tabel 3. Cara pembuatan larutan blanko, sampel dan standar untuk pembuatan filtrat LDL

IIIti at BBB			
	Blanko (µL)	Sampel (µL)	Standard (µL)
Akuadest	10	-	-
Serum	-	10	-
Sandard	_	-	10
Reagen	1000	1000	1000
LDL			

Divortex menggunakan vortex mixer sampai homogen dan diperoleh larutan keruh. Diinkubasi selama 30 menit, disentrifus selama 15 menit dengan kecepatan 2500 rpm. Dipisahkan filtrat dengan endapan. Kemudian disiapkan dan reagen dan dilakukan tabung perlakuan seperti tabel 4.

Tabel 4. Cara pembuatan larutan blanko, sampel dan standar untuk pembuatan pemeriksaan LDL-serum

penieriksaan LDL-serum			
	Blanko	Sampel	Standard
	(μL)	(μL)	(μL)
Akuadest	100	-	-
Filtrat LDL	-	100	-
serum			
Filtrat LDL	-	-	100
standard			
Reagen	1000	1000	1000
kolesterol			

Dicampurkan sampai homogen diperoleh warna larutan merah muda, diinkubasi selama 20 menit pada suhu kamar atau pada suhu 37 °C, kemudian dibaca dengan menggunakan Mikrolab 300 pada panjang gelombang 546 nm dan diperoleh nilai LDL-p.

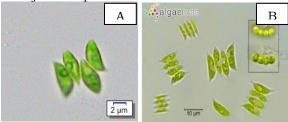
LDL dihitung dengan menggunakan rumus:

2.5.4 Pemeriksaan HDL Nilai HDL dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$HDL = \frac{Total \ kolesterol - LDL - Total \ triglserida}{5}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Morfologi Scenedesmus dimorphus Berdasarkan identifikasi morfologi yang dilakukan telah pada mikroalga Scenedesmus dimorphus dilihat bahwa Scenedesmus dimorphus merupakan kultur tunggal (Gambar 1 A). Berdasarkan Gambar 1 A bisa dilihat bahwa morfologi Scenedesmus dimorphus sama dengan morfologi dari literatur seperti vang ditunjukkan pada Gambar 1 B.



Gambar 1. (A) Morfologi *Scenedesmus* dimorphus pembesaran 1000x (B) morfologi

Scenedesmus dimorphus dari Noer, 2012 perbearan 1000x

Mikroalga Scenedesmus dimorphus ditumbuhkan dalam medium BBM dan dipanen pada fasa eksponensial (log) yaitu pada hari ke 7 yang ditandai dengan meningkatnya jumlah produksi sel, lalu mikroalga ini diendapkan untuk didapatkan biomassa kering yang akan diujikan ke hewan uji.

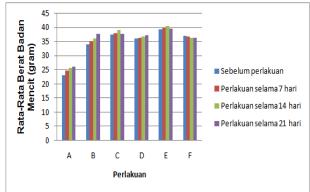
3.2 Penimbangan Berat Badan Hewan Uji Pada penelitian ini sebelum mencit diberi perlakuan, mencit diaklimatisasi selama 7 Aklimatisasi hari. penting dilakukan karena sifat mencit yang sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya. Pengelompokan mencit dibagi menjadi 6 kelompok diamana kelompok makanan tinggi lemak (High-fat diet) agar mencit menjadi obesitas dan 1 kelompok normal yang diberi pakan biasa. Setelah masa aklimatisasi mencit akan ditimbang berat badannya sebanyak 4 kali yaitu pada saat sebelum perlakuan, setelah 7 hari pemberian mikroalga, 14 hari pemberian mikroalga hari dan 21 pemberian mikroalga serta dilakukan pengukuran panjang badan mencit. Penimbangan berat badan ini bertujuan untuk melihat efek yang ditimbulkan dari pemberian makanan tinggi lemak terhadap berat badan masingmasing mencit dan juga melihat efek dari mikroalga Scenedesmus dimorphus terhadap berat badan mencit obesitas. Paniang badan mencit dibutuhkan untuk menentukan nilai Rõhrer index.

Tabel 5. Nilai Rõhrer index mencit

Perlakuan	Nilai Rõhrer index mencit		
	Mencit	Mencit	Mencit
	1	2	3
Kontrol	31,1	26,7	31,8
Normal			
Kelompok	46,6	43,9	41,9
Obesitas			
Kelompok	53,4	51,4	48,7
Orlistat			
S.dimorphus	48,6	43,1	49,1
dosis 5			
mg/20 g BB			
S.dimorphus	47,4	43,6	54,3
dosis 10			
mg/20 g BB			
S.dimorphus	37,9	49,2	43,1
dosis 15			
mg/20 g BB			

Nilai Rõhrer index > 30 dikategorikan obesitas.

Penentuan nilai Rõhrer index yang berfungsi sebagai index yang menyatakan mencit tersebut sudah obesitas atau belum⁹. Berdasarkan perhitungan pada nilai Rõhrer index, mencit telah dapat dikategorikan kedalam mencit obesitas karena berdasarkan Rõhrer index nilai indeks tubuh mencit > 30, sehingga mencit sudah bisa diberi perlakuan.



Gambar 2. Rata-rata berat badan mencit masing-masing perlakuan

Ket: A = Kelompok kontrol normal

B = Kelompok Obesitas

C = Kelompok Orlistat

D = Kelompok Scenedesmus dimorphus 5 mg/20 g BB

E = Kelompok *Scenedesmus dimorphus* 10 mg/20 g BB

F = Kelompok *Scenedesmus dimorphus* 15 mg/20 g BB

Gambar 2 Merupakan grafik perbandingan rata-rata berat badan mencit sebelum perlakuan dan 21 hari pemberian Scenedesmus mikroalga dimorphus. Kelompok mencit yang diberi orlistat pada mulanya mengalami kenaikan berat badan, namun setelah 21 hari pemberian obat mencit mengalami penurunan berat badan. Penggunaan orlistat cenderung memiliki waktu konsumsi yang lama sehingga pada penelitian ini penurunan berat badan belum terlihat diawal pemberian obat orlistat namun baru terlihat setelah 21 hari pemberian orlistat¹⁰. Dari ketiga kelompok mencit yang diberi mikroalga Scenedesmus dimorphus dosis 15 mg/20memberikan hasil yang paling baik dalam menurunkan berat badan mencit obesitas.

3.3 Hasil Uji Kerusakan Fungsi Hati Pengukuran enzim SGOT dan enzim SGPT tujuannya untuk melihat kerusakan dari organ hati mencit yang diberikan makanan tinggi lemak hingga mencit mengalami obesitas. Organ hati akan terganggu fungsi metaboliknya dalam keadaan kolesterol

yang berlebih, apabila terjadi terus menerus dalam jangka panjang akan memicu timbulnya perlemakan hati yang dapat menimbulkan penyakit hati. Kerusakan sel hati dapat dilihat dari parameter laboratorium kimia SGOT dan SGPT.

Tabel 6. Hasil uji kadar enzim SGOT (Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase)

Perlakuan	SGOT (U/L)	
Feriakuan	7 Hari	21 Hari
Kontrol normal		22,6
Kontrol obesitas		26,6
S. dimorphus 5	31,3	23,4
mg/20 g BB		
S.dimorphus 10	32,8	31,3
mg/20 g BB		
S. dimorphus 15	23,4	15,6
mg/20 g BB		
Obat orlistat	23,4	21,9

Normal SGOT < 45.

Tabel 7. Hasil uji kadar enzim SGPT (Serum Glutamic Pyruvate Transaminase)

Perlakuan	SGPT (U/L)	
Perlakuan	7 Hari	21 Hari
Kontrol normal		16,2
Kontrol obesitas		39,1
S. dimorphus 5	23,4	21,9
mg/20 g BB		
S. dimorphus 10	31,3	21,9
mg/20 g BB		
S. dimorphus 15	31,3	18,8
mg/20 g BB		
Obat orlistat	29,7	12,5

Normal SGPT < 35.

Tabel 6 dan 7 dapat dilihat bahwa nilai enzim SGOT dan SGPT masih berada dalam batas normal hal ini bisa saja terjadi. Nilai SGOT dan SGPT yang normal belum tentu mengidentifikasikan kondisi hati yang normal. Enzim hati akan meningkat ketika sel-sel hati mengalami kerusakan yang kuat, sedangkan pada infeksi hati kronik (menahun) sel hati mengalami kerusakan secara perlahan sehingga kenaikan SGOT dan SGPT tidak signifikan bahkan telihat normal. Hasil pemeriksaan **SGOT** dan SGPT penelitian dapat dilihat bahwa nilai SGOT dan SGPT bahwa terjadi penurunan nilai disetiap pemberian mikroalga, disimpukan bahwa pemberian mikoalga yang mengandung omega-3 yang dapat menurunkan kolesterol dan trigliserida^{11,12} sehingga perlemakan hati yang terjadi dihati menurun dan membuat kerja hati menjadi lebih baik (nilai SGOT dan SGPT menurun).

3.4 Profil Lipid (LDL, HDL, kolesterol, dan trigliserida)

Mencit yang diberikan makanan tinggi lemak mengalami obesitas. Pada penyakit besitas cenderung mengalami peningkatan kadar kolesterol, trigliserida, dan low density lipoprotein (LDL). Apabila nilai kolesterol, trigliserida dan LDL tinggi dapat menimbulkan efek negatif bagi tubuh.

Tabel 8. Hasil pengukuran nilai total kolesterol

	Total Ko	lesterol
Perlakuan	(mg/	dL)
	7 Hari	21 Hari
Kontrol normal		90,1
Kelompok obesitas		108,7
S. dimorphus 5	131,6	126,2
mg/20 g BB		
S. dimorphus 10	104	95,6
mg/20 g BB		
S. dimorphus 15	110,3	67,7
mg/20 g BB		
Obat orlistat	102,9	123,1

Menurut Smith kolesterol tikus normal 40-130 mg/dl¹³.

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai total kolesterol pada kelompok diberi mikroalga Scenedesmus dimorphus mengalami penurunan nilai kolesterol pada semua dosis, namun diantara ketiga dosis tersebut dosis Scenedesmus dimorphus 15 mg/20 g BB merupakan dosis yang lebih baik dalam menurunkan nilai kolesterol dibandingkan dengan kelompok obesitas dan berada dibawah kontrol normal. Pada kelompok diberikan orlistat mengalami yang kenaikan nilai kolesterol, pada saat ini kemungkinan orlistat belum bekerja secara optimal pada 21 hari perlakuan karena penggunaan orlistat cenderung memiliki waktu konsumsi yang lama¹⁰.

Tabel 9. Hasil pengukuran nilai trigliserida

aber 20 masir penganaran mian angheemaa			
	Trigliserida		
Perlakuan	(mg	g/dL)	
	7 Hari	21 Hari	
Kontrol normal		125,2	
Kelompok obesitas		149,1	
S. dimorphus 5	134,6	87,1	
mg/20 g BB			
S. dimorphus 10	115,3	80,8	
mg/20 g BB			
S. dimorphus 15	124,4	49,2	
mg/20 g BB			

Obat orlistat	98,8	127,3	
Menurut Smith trigls	erida tikus	normal 25	-
145 mg/dl ¹³ .			

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai trigliserida pada kelompok diberi mikroalga Scenedesmus dimorphus mengalami penurunan nilai trigliserida pada semua dosis, namun diantara ketiga dosis tersebut Scenedesmus dimorphus 15 mg/20 g BB merupakan dosis yang lebih baik dibanding dua dosis lainnya dalam menurunkan nilai karena trigliserida, penurunan trigliserida yang dihasilkan dosis ini lebih besar dari dua dosis lain. Pada kelompok diberikan orlistat mengalami trigliserida, hal ini kenaikan nilai dikarenakan selama 21 hari perlakuan orlistat belum bekerja secara optimal.

Tabel 10. Hasil pengukuran nilai LDL

Tabel 10. Hash pengukuran iliai LDL			
	LDL-kolesterol		
Perlakuan	(mg/dL)		
	7 Hari	21 Hari	
Kontrol normal		9,3	
Kelompok		28,6	
obesitas			
S. dimorphus 5	14,3	15,3	
mg/20 g BB			
S. dimorphus 10	17,1	13,1	
mg/20 g BB			
S.dimorphus 15	17,1	10,2	
mg/20 g BB			
Obat orlistat	18,5	10,5	

Menurut Herwiyarirasanta, normal LDL pada tikus $7-27.2~\text{mg}/\text{dL}^{14}$.

Tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai LDL, pada kelompok yang diberi mikroalga Scenedesmus dimorphus 5 mg/20 g BB mengalami kenaikan nilai LDL, hal ini bisa saja terjadi karena pada dosis ini belum mampu menurunkan LDL. Pada dua dosis 5 mg/20 g BB dan 10 mg/20 g BB terjadi penurunan. Dosis efektif Scenedesmus dimorphus untuk menurunkan nilai LDL adalah 15 mg/20 g BB. Pada kelompok yang diberi orlistat pada 21 hari perlakuan orlistat telah mampu menurunkan LDL.

Tabel 11. Hasil pengukuran nilai HDL

	HDL-kolesterol	
Perlakuan	(mg/dL)	
	7 Hari	21 Hari
Kontrol normal		50,36
Kelompok		60,28
obesitas		
S. dimorphus 5	90,38	93,48

mg/20 g BB		
S. dimorphus 10	63,84	66,34
mg/20 g BB		
S. dimorphus 15	47,66	68,32
mg/20 g BB		
Obat orlistat	64,64	87,14

Menurut Schaerfer dalam Hartoyo, kadar HDL normal $\geq 35 \text{ mg/dL}^{15}$.

Tabel di atas dapat dilihat bahwa, pada kelompok yang diberi mikroalga Scenedesmus dimorphus mengalami kenaikan nilai HDL disetiap pemberian dosis. Diantara ketiga dosis ini, dosis Scenedesmus dimorphus 15 mg/20 g BB merupakan dosis yang efektif dalam meningkatkan nilai HDL. Pada kelompok yang diberi orlistat pada 21 hari perlakuan orlistat telah mampu meningkatkan HDL.

Berdasarkan tabel 8, 9, 10 mengenai nilai kolesterol, trigliserida, dan LDL pada serum, dimana diantara 3 dosis pemberian Scenedesmus dimorphus dapat dilihat bahwa pemeriksaan memberikan hasil paling baik pada pemberian Scenedesmus 15 mg/20 g BB, dimorphus disimpulkan bahwa dosis ini adalah dosis yang paling efektif bekerja dibanding dosis lain. Penurunan kolesterol, trigliserida, dan LDL pada serum dikarenakan pengaruh asam lemak omega-3 yang ada pada Scenedesmus mikroalga dimorphus diamana berpengaruh terhadap mekanisme produksi lipoprotein. Berdasarkan berat jenisnya lipoprotein dapat dikelompokan kedalam empat yaitu Kilomikron, Very Low Density Lipoprotein (VLDL), Low Density Lipoprotein (LDL), High Density Lipoprotein (HDL). Asam lemak tidak jenuh khususnya omega-3 yang terdapat pada mikroalga Scenedesmus dimorphus dapat menghambat sintesa VLDL dengan cara yakni menghambat 2 enzim kunci diacylglycerol acyl transferase (DGAT) dan phosphatidic acid phosphohydrolase (PAP) vang terlibat dalam biosintesis trigliserida di hati dan menghasilkan penurunan sekresi VLDL sebagai akibatnya produksi LDL pun berkurang¹⁶. Selain itu, omega-3 juga merangsang β-oksidasi asam lemak pada peroksisom sehinga menurunkan ketersediaan asam lemak untuk sintesa trigliserida¹¹. Sedangkan HDL mengangkut kolesterol ke dalam hati selanjutnya dipecah menjadi asam empedu dan dibuang melalui ekskresi tubuh¹⁷.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pengaruh terhadap pemberian mikroalga Scenedesmus dimorphus kepada mencit obesitas yang diberikan makanan tinggi lemak (High-fat diet) menunjukan mikroalga Scenedesmus dimorphus dengan dosis 15 mg/20 g BB merupakan dosis efektif dalam menurunkan berat badan, dan menurunkan **SGOT** SGPT. menurunkan kadar kolesterol, trigliserida, LDL-koleserol, dan menaikkan nilai HDLkolesterol pada mencit setelah 21 hari pemberian Scenedesmus dimorphus. Sehingga dapat dinyatakan bahwa mikroalga Scenedesmus dimorphus mampu menurunkan obesitas pada mencit yang diberi high-fat diet.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada laboratorium Biokimia Universitas Andalas yang telah menyediakan fasilitas untuk penelitian, laboratorium imunologi farmasi Universitas Andalas yang telah memberikan bantuan fasilitas perlakuan terhadap hewan uji, laboratorium Biokimia fakultas kedokteran Universitas Andalas yang telah memberikan bantuan untuk menguji aktivitas enzim SGOT, SGPT, pemeriksan kolesterol, trigliserida, LDL, dan HDL.

Referensi

- 1. Hinchliffe, D.; Arness, D.; Austin, J.; Bradley, K.; Burns, S.P.; Burstow.: *Obesity*, Vol. I, House of Commons, London, 2004.
- 2. WHO.: *Obesity and overweight*, World Health Organization, 2017.
- Limanan, D.; Prijanti, A.R.: Hantaran Sinyal Leptin dan Obesitas: Hubungan dengan Penyakit Kardiovaskuler, FK UI, 2013.
- 4. Mata, TM.; Martins, A.A.; Caetano, N.S.: Microalgae for biodiesel production and otherapplications: A review, Renewable and Sustainable Energy reviews, 2010, 14;217.
- Godard, M.D.; Kelly, E.W.; Ventura, G.; Soteras, J.; Baccou, J.; Ristol and J. Rounet.: Polysaccharides from the green algae Ulva rigida improve the antioxidans status and prevent fatty streak lesions in the high cholesterol fed hamster, an animal model on nutrionallyinduced atherosclerosis, Food Chemistry, 2009, Vol.115. 1 (34): 176-180.

- Kasim, S.; Arief, M.; Sulaeman, A.; Widodo, J.: Hubungan Obesitas dan Hipertrigliseridemia dengan Risiko Perlemakan Hati pada Pasien di Makassar, Jurnal Farmasi Klinik Indonesia, Desember 2012, Vol 1, No 4.
- 7. Nurman, A.; Margareta, A.; Huang, Perlemakan hati non alkoholik, *Universa Medicina*, 2007; 26: 205-15.
- 8. Malole, M.B.M.; Pramono, C.S.U.; Penggunaan Hewan-hewan Percobaan di Laboratorium. Bogor : PAU Pangan dan Gizi, IPB, 1989.
- 9. Lee, S-II.; Kim, J.W.; Lee, Y.K.; Yang, S.H.; Lee, I.; Suh, J.W.; and Kim, S.D.: Anti-obesity Effect of Monascus pilosus Mycelial Extract in High Fat Dietinduced Obese Rat, *Journal Applied Biomolecular Chemistery*, 2011.
- 10. Halpern, B.; Oliveira, ESL.; Faria, A.M.; Halpern, A.; de Melo, M.E.; Cercato, C.; Mancini, M.C.: Combinations of Drugs in the Treatment of Obesity, *Pharmaceuticals*, 2010, 3: 2398-415.
- 11. Jacobson, T.A.: Role of n-3 fatty acid in the treament of hypertrigliceridemia and cardiovascular disease. *Am J of Clin Nutr*, 2008, 87: 1981S-90S.
- 12. Purnomo, S.: Pengaruh suplementasi omega-3 terhadap profil lipid pada pasien diabetes melitus tipe 2 obese di RSUD Dr. Moewardi Surakarta. *Tesis.* program pasca sarjana, UNS, Surakarta, 2014.
- Smith, J.B.; Mangkoewidjojo, S.: Pemeliharaan, Pembiakan Dan Penggunaan Hewan Percobaan Di Daerah Tropis, *UI Press*, Jakarta, 1988, hlm. 37-57.
- B.A.; 14. Herwiyarirasanta, Eduardus.: Effect of Black Sovben Extract Supplementation in Low Density Lipoprotein Level of Rats (Rattus norveginus) With High Fat Diet, Journal Universitas Airlangga, 2010, Vol. 10 No. 1.
- Hartoyo, A.; Dahrulsyah, N.; Sripalupi,
 P.; Nugroho.: Pengaruh Fraksi
 Karbohidrat Kacang Komak (Lablab
 Purpureus (L) Sweet), Jurnal teknologi
 dan industri pangan, 2008, 19: 25-31.
- Micallef, M.A.; Garg, M.L.: The lipid lowering effects of phytosterols and (n-3) polyunsaturated fatty acids are synergistic & complementary in hyperlipidemic men and women, *J Nutr*, 2008, 138: 1086-1090.
- 17. Kinsella, J.E.; K.S, Broughton.; J.W. Whelan.: Dietary Unsaturated Fatty Acids Interaction and Possible Need in

Relation to Eicosanoid Shyntesis, *J. Nutrition Biochemistry*, 1990, Vol. 1, 23-139.