



PENGEKSTRAKAN DAN PENCIRIAN
HIDROKSIAPATIT DARIPADA
TULANG LEMBU DAN SISIK
IKAN MENGGUNAKAN
KAEDAH RAWATAN
ALKALI



NUR HIDAYAH BINTI HAJI ADENAN

UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS
2018



**PENGESKTRAKAN DAN PENCIRIAN HIDROKSIAPATIT DARIPADA
TULANG LEMBU DAN SISIK IKAN MENGGUNAKAN KAEDAH RAWATAN
ALKALI**

NUR HIDAYAH BINTI HAJI ADENAN

**DISERTASI DIKEMUKAKAN BAGI MEMENUHI SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA SAINS
(MOD PENYELIDIKAN)**

**FAKULTI SAINS DAN MATEMATIK
UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS**

2018



Sila Taipkan (✓):



Kertas Projek

Sarjana Penyelidikan

Sarjana Penyelidikan Dan Kerja Kursus

Doktor Falsafah

INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH

PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN

Perakuan ini telah dibuat pada **15**(hari bulan) **MEI** (bulan) 20**18**.

i. Perakuan pelajar :

Saya, **NUR HIDAYAH BINTI HAJI ADENAN, M20141000019, FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI** dengan ini mengaku bahawa disertasi/tesis yang bertajuk **PENGESKTRAKAN DAN PENCIRIAN HIDROKSIAPATIT DARIPADA TULANG LEMBU DAN SISIK IKAN MENGGUNAKAN KAEDAH RAWATAN ALKALI** adalah hasil kerja saya sendiri. Saya tidak memplagiat dan apa-apa penggunaan mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dilakukan secara urusan yang wajar dan bagi maksud yang dibenarkan dan apa-apa petikan, ekstrak, rujukan atau pengeluaran semula daripada atau kepada mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dinyatakan dengan se jelasnyadan secukupny

Tandatangan pelajar

ii. Perakuan Penyelia:

Saya, **PROF. DR ISMAIL ZAINOL** dengan ini mengesahkan bahawa hasil kerja pelajar yang bertajuk **PENGESKTRAKAN DAN PENCIRIAN HIDROKSIAPATIT DARIPADA TULANG LEMBU DAN SISIK IKAN MENGGUNAKAN KAEDAH RAWATAN ALKALI** dihasilkan oleh pelajar seperti nama di atas, dan telah diserahkan kepada Institut Pengajian Siswazah bagi memenuhi MASTER (MOD A) syarat untuk memperoleh Ijazah **SARJANA SAINS (KIMIA)**.

PROFESSOR DR. ISMAIL ZAINOL
Jabatan Kimia
Fakulti Sains dan Matematik
Universiti Pendidikan Sultan Idris
35900 Tanjong Malim, Perak

15/05/2018

Tarikh

Tandatangan Penyelia





UPSI/IPS-3/BO 31

Pind.: 01

m/s:1/1

**INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH /
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES****BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS/DISERTASI/LAPORAN KERTAS PROJEK
DECLARATION OF THESIS/DISSERTATION/PROJECT PAPER FORM**

Tajuk / Title: PENGKESTRAKAN DAN PENCIRIAN HIDROKSIAPATIT
DARIPADA TULANG LEMBU DAN SISIK IKAN
MENGUNAKAN KAEDAH RAWATAN ALKALI

No. Matrik /Matric's No.: M20141000019

Saya / I: NUR HIDAYAH BINTI HAJI ADENAN

(Nama pelajar / Student's Name)

mengaku membenarkan Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek (Kedoktoran/Sarjana)*
ini disimpan di Universiti Pendidikan Sultan Idris (Perpustakaan Tuanku Bainun)
dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

acknowledged that Universiti Pendidikan Sultan Idris (Tuanku Bainun Library) reserves the right as follows:-

1. Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek ini adalah hak milik UPSI.
The thesis is the property of Universiti Pendidikan Sultan Idris
2. Perpustakaan Tuanku Bainun dibenarkan membuat salinan untuk tujuan
rujukan dan penyelidikan.
Tuanku Bainun Library has the right to make copies for the purpose of reference and research.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan Tesis/Disertasi ini sebagai bahan
pertukaran antara Institusi Pengajian Tinggi.
The Library has the right to make copies of the thesis for academic exchange.
4. Sila tandakan (✓) bagi pilihan kategori di bawah / Please tick (✓) for category below:-

☐**SULIT/CONFIDENTIAL**

Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan
atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub
dalam Akta Rahsia Rasmi 1972. / Contains confidential
information under the Official Secret Act 1972

☐**TERHAD/RESTRICTED**

Mengandungi maklumat terhad yang telah ditentukan oleh
organisasi/badan di mana penyelidikan ini dijalankan. / Contains
restricted information as specified by the organization where research
was done.

☒**TIDAK TERHAD / OPEN ACCESS**

(Tandatangan Pelajar/
Signature)

Tarikh: _ 15/05/2018

PROFESSOR DR. ISMAIL ZAINOL
Jabatan Kimia
Fakulti Sains dan Matematik
Universiti Pendidikan Sultan Idris
35900 Tanjung Malim, Perak

Tandatangan Penyelia
& (Nama & Cop Rasmi / Name & Official Stamp)

Catatan: Jika Tesis/Disertasi ini **SULIT @ TERHAD**, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi
berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh laporan ini perlu dikelaskan sebagai **SULIT** dan
TERHAD.

*Notes: If the thesis is CONFIDENTIAL or RESTRICTED, please attach with the letter from the organization with period
and reasons for confidentiality or restriction.*



PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirrahim..

Alhamdullilah, syukur ke atas Ilahi dengan limpahan rahmat, keberkatan serta nikmat masa, nyawa dan tenaga yang dianugerahkan kepada saya dapat juga saya menyiapkan tesis ini dengan jayanya.

Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih dirakamkan kepada Prof. Dr Ismail Zainol dan Dr Nurulsaidah Abdul Rahim atas segala nasihat, dorongan, bantuan dan keprihatinan semasa menyempurnakan tesis ini. Bimbingan, pandangan dan tunjuk ajar yang dihulurkan oleh kedua-dua penyelia saya banyak membantu kepada kejayaan tesis ini. Saya amat menghargai kesabaran Prof. Dr Ismail Zainol selaku penyelia utama saya yang sedia berkongsi maklumat dan kepakaran, senang dihubungi dan cepat bertindak semasa sesi penyeliaan sepanjang pengajian ini. Semangat kesabaran, pembacaan yang teliti, minat terhadap kajian ini serta maklumbalas daripada beliau yang meyakinkan amat membantu menyempurnakan tesis ini.

Saya ingin merakamkan lestari budi kasih yang tidak terhingga kepada suami tercinta, Khairul Anuar Che Hasim atas segala pengorbanan, dorongan dan kesabaran beliau mengiringi saya mengharungi segala cabaran sepanjang tempoh pengajian ini. Buat ketiga-tiga anak saya yang hebat, Nur Kaira Kaisara, Nur Khayla Irdina dan Khalif Al-Akbar, terima kasih atas kesabaran bersama-sama menempuh pahit manis bersama ibumu sepanjang tempoh pengajian ini. Merekalah sumber inspirasi kepada saya untuk terus menyiapkan kajian ini. Semoga tesis ini menjadi pendorong kepada mereka dalam usaha mencapai kejayaan. Terima kasih juga kepada seluruh keluarga saya terutamanya ibu yang paling saya sayangi, Che Hasnah Deraman yang banyak membantu dan memudahkan segala urusan saya, ayah yang penyayang dan keluarga mertua yang banyak membantu.

Akhir sekali, terima kasih tidak terhingga kepada rakan-rakan seperjuangan saya, Hasnor Razali, Rafiq Razali, Nurul Hidayah Abu Bakar, Salem Ullah dan Ismailia atas semua bantuan dan kebaikan yang tidak dapat saya dibayar. Akhir sekali, terima kasih juga kepada semua pembantu makmal yang banyak membantu saya. Semoga Allah memberkati dan merahmati kamu semua.

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mengekstrak dan mencirikan hidroksiapatit (HA) daripada tulang lembu dan sisik ikan menggunakan kaedah rawatan alkali pada kepekatan yang berbeza. Spektroskopi inframerah (FTIR) dan analisis pembelauan sinar-X (XRD) telah digunakan untuk mencirikan bahan HA daripada tulang lembu (HATL) dan sisik ikan (HASI). Analisis FTIR terhadap sampel HATL dan HASI membuktikan kewujudan kumpulan berfungsi fosfat dan hidroksil di dalam kedua-dua sample. Keputusan XRD menunjukkan difraktogram HA tulang lembu dan HA sisik ikan sepadan dengan difraktogram HA piawai. Keputusan XRD mengesahkan kehadiran fasa kedua iaitu beta trikalsium fosfat (β -TCP) daripada HASI selepas disinter pada suhu 1200 °C. Analisis termogravimetri (TGA) menunjukkan tulang lembu dan sisik ikan yang dirawat dengan 5M NaOH berjaya menyingkirkan bahan organik yang paling tinggi. Mikroskop imbasan elektron (SEM) telah digunakan untuk mengkaji morfologi apatit yang diperolehi. Analisis SEM menunjukkan size zarah HATL selepas rawatan alkali adalah sekitar 53 nm manakala untuk HASI adalah sekitar 36 nm. Analisis tenaga serakan sinar X (EDX) menunjukkan nisbah Ca/P adalah 1.75 dan 1.83 untuk tulang lembu dan sisik ikan masing-masing. Ujian kelarutan menunjukkan kelarutan bahan HASI adalah lebih tinggi berbanding dengan HATL. Kedua-dua bahan HA daripada tulang lembu dan sisik ikan adalah berpotensi digunakan sebagai sumber kalsium untuk makanan tambahan.

EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF HYDROXYAPATITE FROM BOVINE BONE AND FISH SCALE USING ALKALINE DIGESTION METHOD

ABSTRACT

This study aims to extract and characterize hydroxyapatite (HA) from bovine bones and fish scales using alkaline treatment methods at different concentrations. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and X-ray diffraction analysis (XRD) have been used to characterize HA from bovine bones (HATL) and fish scales (HASI). FTIR analysis of HATL and HASI samples proved the existence of phosphate and hydroxyl functional groups in both samples. The XRD results show the diffractogram of HATL and HASI matched well with the standard HA diffractogram. The XRD results confirm the presence of the second phase, beta tricalcium phosphate (β -TCP) from HASI after being sintered at 1200 °C. Thermogravimetry analysis (TGA) showed 5M NaOH treated bovine bone and fish scales successfully eliminated the highest organic matter. Scanning electron microscope (SEM) has been used to examine the acquired apatite morphology. SEM analysis shows the size of HATL particles after alkali treatment is about 53 nm while for HASI is about 36 nm. The energy dispersive X-ray (EDX) showed that Ca/P ratio for the bones and fish scales was 1.75 and 1.83 respectively. Solubility tests show the solubility of HASI materials is higher than that of HATL. Both HA ingredients from the bones and fish scales are potentially used as a source of calcium for food supplements.



KANDUNGAN

	Muka surat
PERAKUAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xiii
SENARAI SINGKATAN	xv
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Pernyataan Masalah	4
1.3 Objektif Kajian	5
1.4 Faedah Kajian	6
BAB 2 SOROTAN KAJIAN	
2.1 Hidroksiapatit dan ciri-ciri	8
2.2 Sumber bahan Hidroksiapatit	11
2.2.1 Sintesis melalui tindak balas kimia	11
2.2.1.1 Pemendakan basah	12
2.2.1.2 Kaedah hidro terma	13
2.2.1.3 Kaedah sol-gel	14



2.2.2 HA daripada bahan semulajadi	15
2.2.2.1 Hidrolisis enzim	16
2.2.2.2 Rawatan dengan larutan alkali	16
2.2.2.3 Kaedah penguraian terma	17
2.2.2.4 Kaedah lain	18
2.3 Tulang Lembu	19
2.4 Sisik Ikan	21
2.5 Aplikasi Hidroksiapatit	23
2.5.1 Pengisi tulang	23
2.5.2 Kejuruteraan tisu tulang	24
2.5.3 Pembawa ubat	25
2.5.4 Lain-lain aplikasi	26
2.6 Pencirian Hidroksiapatit	27
2.6.1 Analisis kumpulan berfungsi HA menggunakan FTIR	27
2.6.2 Penganalisaan terma menggunakan Analisis Terma Gravimetri (TGA)	29
2.6.3 Pengenalpastian fasa dan analisis struktur oleh Pembelauan Sinar X- Ray (XRD)	31
2.6.4 Analisis Morfologi Permukaan oleh Imbasan Elektron Spektroskopi (SEM)	32
2.6.5 Analisis nisbah molar Ca/P oleh Analisis Tenaga Serakan X-ray (EDX)	33

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Pengenalan	35
3.2 Bahan	37
3.3 Penyediaan Sampel	
3.3.1 Tulang Lembu	37

3.3.2 Sisik Ikan	38
3.4 Proses ekstrak Hidroksiapatit (HA)	39
3.5 Pencirian sampel	
3.5.1 Analisis Spektroskopi Inframerah (FTIR)	40
3.5.2 Analisis Termo gravimetri (TGA)	41
3.5.3 Analisis Pembelaan Sinar X (XRD)	41
3.5.4 Imbasan Elektron Spektroskopi (SEM) & (EDX)	42
3.5.5 Ujian Kelarutan HA	43

BAB 4 KEPUTUSAN & PERBINCANGAN

4.1 Kesan rawatan alkali menggunakan kepekatan NaOH berbeza	44
4.2 Kesan pensinteran terhadap hasil akhir	47
4.3 Analisis Spektroskopi Inframerah (FTIR) terhadap tulang lembu	
4.3.1 Sebelum ekstrak	50
4.3.2 Selepas ekstrak menggunakan NaOH	52
4.3.3 Selepas pensinteran pada suhu 1200 °C	56
4.4 Analisis Spektroskopi Inframerah (FTIR) terhadap sisik ikan	
4.4.1 Sebelum ekstrak	58
4.4.2 Selepas ekstrak menggunakan NaOH	61
4.4.3 Selepas pensinteran pada suhu 1200 °C	62
4.5 Penganalisaan terma menggunakan TGA	64
4.6 Pengenalpastian fasa kristalografi menggunakan XRD	
4.6.1 HA terawat setelah disinter pada suhu 1200 °C	72
4.6.2 Tulang lembu dan sisik ikan yang dirawat dengan 5 M NaOH	77
4.7. Analisis morfologi dan saiz zarah oleh SEM	79

4.8. Analisis Nisbah molar Ca/P menggunakan EDX

x
86

4.9 Ujian Kelarutan HA tulang lembu dan sisik ikan

96

BAB 5 KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

91

5.2 Penambahbaikan

93

RUJUKAN

94

LAMPIRAN

103

**SENARAI JADUAL**

No. Jadual		Muka surat
4.1	Tempoh masa serbuk tulang lembu dan sisik ikan melarut di dalam larutan NaOH	46
4.2	Perbezaan berat sampel tulang lembu dan sisik ikan setelah dirawat menggunakan kepekatan NaOH yang berbeza	47
4.3	Perbezaan berat sampel TL dan SI setelah disinter pada suhu 1200 °C selama 2 jam	49
4.4	Perbezaan warna sampel TL, SI, sampel terawat NaOH dan selepas disinter pada suhu 1200 °C	50
4.5	Kumpulan berfungsi bagi sampel tulang lembu (TL)	53
4.6	Kumpulan berfungsi bagi sampel tulang lembu yang dihasilkan daripada proses rawatan alkali pada kepekatan NaOH a) 0.25 M, b) 0.5 M, c) 1.2 M dan d) 5.0 M selama 1 jam pada suhu 80 °C.	57
4.7	Perbezaan kumpulan berfungsi bagi sampel tulang lembu mentah, HA yang dirawat menggunakan 5 M larutan alkali dan HA yang disinter pada suhu 1200 °C selama 1 jam	57
4.8	Kumpulan berfungsi yang dapat dianalisis menggunakan FTIR di dalam sampel sisik ikan (SI)	63
4.9	Komponen yang hadir dalam sampel sisik ikan yang dirawat dengan kepekatan NaOH yang berbeza selama 1 jam dengan suhu 80 °C	66
4.10	Perbezaan kumpulan berfungsi bagi sampel sisik ikan, sisik ikan yang dirawat menggunakan 5 M NaOH dan sisik ikan terawat pada suhu 1200 °C selama 2 jam	68
4.11	Analisis kestabilan terma bagi sampel tulang lembu dan tulang lembu dirawat pada kepekatan NaOH yang berbeza pada suhu 80 °C selama 1 jam	73
4.12	Analisis kestabilan terma bagi sampel sisik ikan dan sisik ikan yang dirawat pada kepekatan NaOH yang berbeza pada suhu 80 °C selama 1 jam	77





4.13	Fasa-fasa yang hadir dalam sampel 5HATL sin dan 5HASI sin yang disinter pada suhu 1200 °C selama 2 jam	83
4.14	Hasil dapatan difragtogram XRD tulang lembu dan sisik ikan yang disinter pada suhu 1200 °C selama 2 jam	84
4.15	Saiz kristal dan darjah penghabluran sisik ikan dan tulang lembu yang dirawat menggunakan NaOH berkepekatan 5 M	86



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka surat
2.1 Struktur Hidroksiapatit	9
2.2 Komponen HA tulang Lembu	20
2.3 Jenis-jenis sisik ikan a) ganoid b) sikloid c) ktenoid	22
3.1 Carta alir eksperimen	36
3.2 Tulang lembu a) TL yang belum melalui proses pencucian b) TL yang sudah dicuci menggunakan 0.1 M HCl dan telah dikisar	38
3.3 Sisik ikan a) SI yang belum melalui proses pencucian b) Sisik ikan yang sudah dicuci menggunakan 0.1 M HCl dan telah dikisar	39
4.1 Spektrum FTIR tulang lembu	52
4.2 FTIR spektra sampel yang dirawat dengan kepekatan NaOH a) 0.25 M, b) 0.5 M, c) 1.2 M dan d) 5 M pada suhu 80 °C selama 1 jam	55
4.3 Spektra FTIR daripada a) tulang lembu, b) TL yang dirawat menggunakan kepekatan NaOH 5 M dan c) TL yang disinter pada suhu 1200 °C,	58
4.4 Spektrum FTIR daripada sisik ikan yang telah dikeringkan	62
4.5 Spektra FTIR sisik ikan yang dirawat dengan kepekatan NaOH a) 0.25 M, b) 0.5 M, c) 1.2 M dan d) 5 M pada suhu 80 °C selama 1 jam	65
4.6 Spektra FTIR a) sisik ikan, b) sisik ikan yang dirawat menggunakan kepekatan NaOH 5 M dan c) sisik ikan terawat yang disinter pada suhu 1200 °C.4.7	67
4.7 Garis lengkung TGA bagi sampel a) tulang lembu, TL dirawat dengan b) 0.25 M dan c) 5 M NaOH	71
4.8 Garis lengkung TGA bagi sampel a) sisik ikan, sisik ikan dirawat dengan b) 0.25 M dan c) 5 M NaOH	74

4.9	XRD difragram a) HA piawai, b) 5HATL sin dan c) 5HASI sin	79
4.10	XRD difragtogram yang dirawat menggunakan kepekatan NaOH 5 M a) tulang lembu dan b) sisik ikan	85
4.11	Mikrograf SEM 50 LM a) tulang lembu mentah, b) 0.25HATL dan c) 5HATL dan Mikrograf SEM 25.0 k SE d) tulang lembu mentah, e) 0.25HATL dan f) 5HATL	88
4.12	Mikrograf SEM HATL yang disinter pada suhu 1200 °C pada pembesaran a) 50 LM dan b) 25.0 k SE	89
4.13	Mikrograf SEM 50 LM a) sisik ikan, b) 0.25HASI dan c) 5HASI dan Mikrograf SEM 25.0 k SE a) sisik ikan, b) 0.25HASI dan c) 5HASI	92
4.14	Mikrograf SEM HASI yang disinter pada suhu 1200 °C pada saiz a) 50 LM dan b) 25.0 k SE	93
4.15	Mikrograf STEM a) 0.25HATL dan b) 0.25HASI	94
4.16	Analisis EDX sampel HA	96
4.17	Ujian kelarutan a) 5HASI sin dan b) 5HABV sin	97



SENARAI SINGKATAN/SIMBOL

β -TCP	beta trikalsium fosfat
Ca	Kalsium
Ca/P	kalsium/fosforus
EDX	Tenaga Serakan X-ray
FTIR	Spektroskopi Inframerah
g	gram
HA	Hidroksiapatit
HASI	Hidroksiaptit daripada sisik ikan
HATL	Hidroksiaptit daripada tulang lembu
HCl	Hidroklorik asid
Min	minit
NaOH	Natrium hidroksida
nm	nanometer
SEM	Imbasan Elektron Spektroskopi
SI	Sisik ikan
TL	Tulang lembu
TGA	Terma Gravimetri
XRD	Pembelauan Sinar X
°C	darjah celcius
%	peratus





BAB 1

PENGENALAN



1.1 Pengenalan

Permintaan yang tinggi terhadap tulang tiruan telah menggalakkan penyelidikan di seluruh dunia khususnya bagi menggantikan tulang semulajadi (Nirmala *et al.*, 2011), memperbaiki dan menggalakkan pertumbuhan tisu baru tanpa memberi kesan sampingan kepada pesakit (Shavandi, Bekhit, Ali, Sun, & Gould, 2015). Hidroksiapatit (HA) dari kumpulan fosfat dengan formula molekul $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (Orlovskii, Komlev, & Barinov, 2002) digunakan secara meluas sebagai tulang gantian disebabkan sifat bioaktifnya (Yoganand *et al.*, 2010) yang mampu untuk membina ikatan kimia



dengan tulang dan boleh diterima oleh sel-sel badan. Sifat bioseramiknya yang serasi dengan tulang gigi manusia juga menjadi penyumbang penting terhadap aplikasi pergigian (Rigo *et al.*, 2004).

Memandangkan aplikasi HA semakin berkembang, pelbagai kaedah telah dilakukan oleh penyelidik bagi mensintesis HA antaranya melalui proses tindak balas kimia. Namun begitu, proses tindak balas kimia memerlukan kos yang tinggi (Akram, Ahmed, Shakir, Ibrahim, & Hussain, 2014) kerana melibatkan bahan kimia yang banyak yang mana bergantung kepada harga petrol yang tidak stabil dan mahal. HA yang disintesis daripada tindak balas kimia juga mendatangkan banyak keburukan antaranya tidak mesra alam kerana banyak melibatkan bahan kimia berbahaya. Selain itu, pengendalian dan pelupusan produk sampingan yang dihasilkan melalui proses tindak balas kimia juga harus diambil kira selepas proses sintesis (Niakan *et al.*, 2015).

Justeru penghasilan HA daripada bahan semulajadi merupakan kaedah alternatif kerana lebih menjimatkan, senang dan selamat digunakan (Baco, Bambang, Joseph, & Basri, 2013) disamping dapat menghasilkan produk HA yang tulen (Barakat, Khil, Omran, Sheikh, & Kim, 2009). Beberapa sumber bahan semulajadi yang terbukti mampu mengekstrak HA antaranya tulang haiwan (Nirmala *et al.*, 2011), terumbu karang (Ripamonti, Crooks, Khoali, & Roden, 2009) dan sisik ikan (Sukaimi, Hamzah, & Ghazali, 2015). Tulang lembu merupakan sumber HA yang banyak dikaji dan telah digunakan secara meluas dalam aplikasi perawatan tulang dan pengimplanan (Stoch *et al.*, 2000). Namun begitu, penggunaan tulang haiwan menimbulkan perasaan was-was



dalam kalangan pengguna Muslim kerana dikhuatiri tidak disembelih mengikut syariat dan bertentangan dengan beberapa amalan agama.

Walaupun isu halal menjadi perkara pokok dalam penggunaan tulang haiwan, namun limpahan bahan buangan daripada tulang patut diberi perhatian. Tulang lembu telah dibuang secara besar-besaran terutama daripada restoran-restoran halal tempatan. Longgokkan tulang daripada hasil sisa restoran halal tempatan sepatutnya diberi perhatian yang sewajarnya supaya sumber tulang yang halal ini dapat dimanfaatkan sepenuhnya. Justeru dalam kajian ini, tulang daripada sisa masakan restoran halal dikaji supaya dapat dimanfaatkan.

Sumber semulajadi lain yang harus juga diberi perhatian adalah sisik ikan yang dilaporkan menjadi sumber kolagen dan HA yang banyak. Beberapa pengkaji telah melaporkan bahawa kesediaan limpahan sisa buangan sisik ikan telah menjadi pertimbangan yang penting bagi pengeluaran kolagen dan hidroksiapatit (Sionkowska & Kozłowska, 2013) yang mempunyai nilai komersial yang tinggi dalam pembuatan makanan berfungsi, kosmetik, dan produk bioperubatan (Huang, Hsiao, & Chai, 2011). Sisik ikan merupakan sumber semulajadi yang ideal dan sesuai untuk dikaji kerana sumber ini senang diperolehi serta harganya lebih murah (Nath & Krishna, 2014). Di samping itu juga penggunaan HA daripada sisik ikan dapat mengelakkan beberapa isu berkaitan dengan keselamatan dan Halal yang semakin mendapat perhatian dalam kalangan masyarakat Muslim hari ini.

Pelbagai kaedah yang digunakan bagi menghasilkan HA antaranya ialah tindak





balas hidroterma (Sadat-Shojai, Khorasani, & Jamshidi, 2012), pensinteran pada suhu tinggi (Niakan *et al.*, 2015), kaedah sol- gel (Agrawal, Singh, Puri, & Prakash, 2011) dan rawatan alkali (Panda, Pramanik, & Sukla, 2013). Kaedah rawatan alkali menjadi pilihan dalam kajian ini kerana prosedur penghasilannya mudah dan memerlukan kos yang lebih murah (Sudip Mondal, Bardhan, Mondal, & Dey, 2012). Dalam kajian ini perbandingan ciri-ciri dan prestasi antara tulang lembu dan sisik ikan juga dilakukan. Bahan HA daripada sisik ikan dan tulang lembu sangat berpotensi memberi sumbangan dalam dunia kesihatan sebagai bahan bioperubatan untuk rawatan tulang serta nutrient tambahan untuk membekalkan kalsium yang diperlukan oleh badan.

1.2 Pernyataan Masalah



Penggunaan HA telah banyak menyelesaikan masalah berkaitan bidang perubatan namun harganya yang mahal menyebabkan aplikasi HA ini lebih terhad. Justeru sumber penghasilan HA daripada sisa buangan dapat mengurangkan masalah berkaitan harga yang mana ianya lebih murah dan senang diperolehi. Tambahan pula, penggunaan sisa buangan sisik ikan mahupun tulang dapat mengatasi masalah pencemaran alam sekitar seperti pencemaran bau kepada penduduk setempat. Setiap tahun, dilaporkan 18-30 juta tan sisa ikan dibuang di seluruh dunia (Nath & Krishna, 2014) dan 4 % adalah sisik ikan. Apa yang membimbangkan, sisa buangan sisik ikan dibuang secara terbuka terutamanya di kawasan pantai yang secara tidak langsung boleh memudaratkan persekitaran apabila bahan itu terdegradasi disamping boleh mewujudkan bau yang





busuk. Begitu juga tulang lembu terbuang daripada restoran halal juga mengundang banyak masalah kepada negara. Limpahan sisa buangan ini secara tidak langsung juga boleh menyebabkan pencemaran bau kepada penduduk setempat. Selain itu, bahan buangan tulang lembu yang tidak dimanfaatkan ini bukan sahaja mengakibatkan kehilangan pendapatan yang berpotensi tetapi juga menyebabkan peningkatan kos dalam pelupusan bahan-bahan ini.

Kajian terhadap bahan HA daripada tulang lembu segar telah banyak dilakukan, namun kajian mengenai HA daripada tulang lembu sisa masakan belum dilaporkan. Selain itu, kajian ini penting dijalankan kerana belum ada penyelidikan mengkaji perbandingan sisik ikan dan tulang lembu dari segi ciri-ciri dan prestasinya.



1.3 Objektif Kajian

- i Mengekstrak sebatian HA daripada sisik ikan dan tulang lembu menggunakan kaedah rawatan alkali pelbagai kepekatan.
- ii Mencirikan bahan HA daripada tulang lembu dan sisik ikan melalui analisis FTIR, TGA XRD, SEM/EDX serta ujian kelarutan.
- iii Membandingkan ciri-ciri HA daripada tulang lembu dan sisik ikan.





1.4 Faedah Kajian

Memandangkan permintaan HA dalam bidang ortopedik dan perawatan tulang semakin meningkat dari tahun ke tahun, maka kaedah alternatif seperti penghasilan HA daripada sisik ikan dan tulang lembu masakan terbuang adalah penting kerana dapat mengurangkan isu berkaitan harga HA yang mahal. Banyak penyelidikan dilakukan terhadap HA daripada tulang lembu segar, namun penyelidikan HA daripada tulang lembu terbuang daripada restoran halal dan HA daripada sisik ikan sangat sedikit dijalankan. Justeru kajian ini penting agar dapat mengembangkan pengetahuan mengenai kepentingan sisik ikan dan tulang lembu masakan terbuang kepada penyelidik dan umum seterusnya dapat mengurangkan isu berkaitan pencemaran alam disebabkan oleh bahan buangan ini.



Selain itu, kajian ini juga dapat menggalakkan lebih banyak penyelidik mengkaji tentang HA daripada sisik ikan yang mana penghasilannya memerlukan kos penyelidikan yang murah seterusnya dapat mengembangkan lagi potensi sisik ikan. Penggunaan bahan buangan tulang lembu yang efektif mempunyai kesan langsung kepada pertumbuhan ekonomi dan dapat mengelakkan pencemaran alam sekitar.

Kajian ini dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kepentingan mengekstrak HA daripada sumber semula jadi dan dapat memberikan hala tuju masa depan untuk penyelidik yang mana HA yang diekstrak daripada sumber biologi mampu diaplikasikan secara klinikal sebagai biobahan berharga. Tambahan lagi, pengetahuan





yang didapati daripada kajian ini dapat digunakan untuk menghasilkan HA daripada bahan buangan seperti sisik ikan dan tulang lembu untuk aplikasi produk kesihatan, kecantikan dan pelbagai lagi. Produk HA yang diperolehi hasil kajian ini dapat dikomersialkan dan mambantu masyarakat setempat dalam menjana ekonomi.

