



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201952536, 28 Agustus 2019

Pencipta

Nama : **Dr. Margaretha Solang, M.Si**
Alamat : Jln. Mangga RT 001/RW 005, Kel. Huangobotu, Kec. Dungingi,
Kota Gorontalo, Gorontalo, 96138
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Dr. Margaretha Solang, M.Si**
Alamat : Jln. Mangga RT 001/RW 005, Kel. Huangobotu, Kec. Dungingi,
Kota Gorontalo, Gorontalo, 96138
Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**
Judul Ciptaan : **Kerang Darah: Tak Kenal Maka Tak Sayang**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 10 September 2018, di Gorontalo

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000152059

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

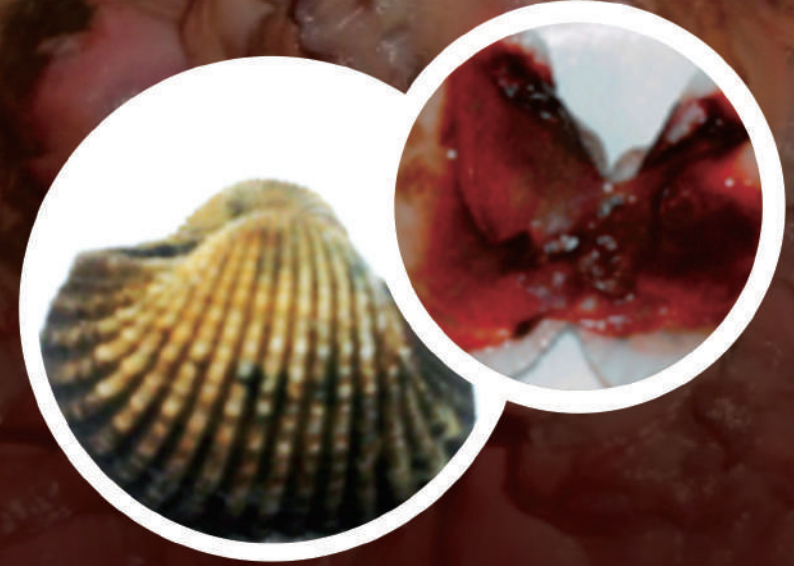
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

MARGARETHA SOLANG



Kerang Darah: *Tak Kenal Maka Tak Sehat*

MARGARETHA SOLANG

Kerang Darah: Tak Kenal Maka Tak Sehat

ZAHIR
publishing

KERANG DARAH: TAK KENAL MAKA TAK SEHAT

Margaretha Solang



**KERANG DARAH:
TAK KENAL MAKA TAK SEHAT**

Yogyakarta: Zahir Publishing, April 2019

ISBN : 978-602-5541-64-3

Penulis : Margaretha Solang
Tata letak : Arypena
Design cover : Ityan

Diterbitkan oleh:

ZAHIR PUBLISHING

Kadisoka RT. 05 RW. 02, Purwomartani,
Kalasan, Sleman, Yogyakarta 55571
082133345034 E: zahirpublishing@gmail.com

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak
sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas perkenan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku dengan judul “Kerang Darah: Tak Kenal Maka Tak Sehat”. Kerang darah merupakan bahan pangan yang cukup digemari oleh masyarakat karena rasanya yang enak dan memiliki kandungan gizi yang baik bagi kesehatan. Kerang darah merupakan salah satu sumber protein hewani dan sumber mineral, diantaranya zink dan kalsium.

Zink dan kalsium memiliki peran untuk memperbaiki pertumbuhan. Pemanfaatan kerang darah sebagai asupan nutrisi memberi manfaat yang baik terutama untuk perbaikan kondisi kurang gizi. Namun masyarakat sering dikuatirkan dengan adanya kandungan logam berat yang dimiliki kerang darah. Adanya logam berat pada kerang darah ini dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada tubuh manusia jika mengkonsumsinya. Beberapa teknik pengolahan kerang darah dapat dilakukan untuk menanggulangi kandungan logam berat sehingga kerang ini aman dikonsumsi. Untuk itu, agar dapat diketahui dengan jelas mengenai manfaat dan keamanan pangan kerang darah, maka buku ini memuat tentang Bioekologi Kerang Darah, Kandungan kerang darah, menguji potensi kerang darah, produk pangan dari kerang darah, dan Minimalisasi Bahaya Kandungan Logam Kerang Darah. Semoga buku ini dapat membantu pelajar, mahasiswa,

dan peneliti yang ingin mendalami masalah gizi kerang darah, cara pengolahan, dan manfaatnya dibidang kesehatan.

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada orang tua, suami, dan putra -putri saya (Chris, Jhosua, dan Beatrix) yang selalu memberikan motivasi agar saya terus berkarya. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu mulai dari persiapan penyusunan hingga penerbitan buku ini.

Gorontalo, April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iii
PENDAHULUAN	1
BIOEKOLOGI KERANG DARAH (<i>ANADARA</i>	
<i>GRANOSA</i>)	3
MEMBEDAH KANDUNGAN KERANG DARAH 7	
Sumber Protein Alternatif.....	7
Fungsi Protein dan Asam amino.....	8
Sumber Mineral Zink dan Kalsium	13
Sumber Mineral Zink	14
Sumber Mineral Kalsium Bagi Tubuh.....	20
Kandungan Glikoprotein	22
Kandungan Logam Berat Non Essensial	23
MENGUJI POTENSI KERANG DARAH	27
Mengatasi Kurang Gizi	27
Memperbaiki Kadar Zink	28
Memperbaiki Kadar Hormone <i>Insulin Growth</i>	
<i>Factor 1</i> Plasma	33
Memperbaiki Pertumbuhan Lempeng Epifisis	
Tulang.....	42
Memperbaiki Kadar Kalsium	53
Memperbaiki Pertumbuhan Tulang Panjang	56
Sebagai Anti Bakteri.....	60
Menjaga Kesehatan Reproduksi Pria	66

PRODUK PANGAN DARI KERANG DARAH.... 69

Pengertian Kerupuk.....	69
Jenis Kerupuk.....	71
Nilai Gizi Kerupuk.....	72
Kerupuk Kerang Darah	75
Kandungan Zink Kerupuk Kerang Darah	75
Kandungan Protein Kerupuk.....	77
Kandungan Lemak Kerupuk	79
Kadar Karbohidrat Kerupuk.....	80
Kadar Plumbum (Pb).....	82
Kadar Merkuri (Hg)	85

MINIMALISASI BAHAYA KANDUNGAN

LOGAM KERANG DARAH..... 89

Perendaman Dalam Larutan Asam.....	90
Perendaman Dalam Kitosan	91
Angka Batas Konsumsi Kerang Darah	92

DAFTAR PUSTAKA..... 99

GLOSARIUM117

PENDAHULUAN

Mengenal Potensi Kerang Darah

Indonesia memiliki wilayah lautan yang sangat luas yang menyediakan berbagai sumber pangan yang dibutuhkan oleh masyarakat. Kekerangan merupakan produk laut yang produksinya cukup melimpah. Berbagai jenis kerang telah dikenal oleh masyarakat dan dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Selain itu, cangkang kerang juga telah dimanfaatkan sebagai hiasan, pupuk, dan bahan penyerapan logam berat.

Kekerangan merupakan kelompok hewan invertebrata yang dapat hidup di lingkungan yang bersih maupun tercemar. Kerang dari jenis *Anadara*, *Arca*, *Barbatia*, dan *Trisidos* banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Kerang darah (*Anadara granosa*) dapat ditemukan di Indopasifik dari Afrika timur sampai Polynesia, Jepang, Australia dan sepanjang pantai India (Poutiers, 1988). Kerang darah populer di Indonesia dan sering dikonsumsi. Di Malaysia kerang ini dikenal dengan nama “kerang” (Malay), “*hoy kren*g” (Thailand) sedangkan di Inggris disebut *cockle*.

Kerang darah memiliki beberapa kegunaan, salah satunya adalah diolah sebagai makanan di Thailand, Malaysia (Watanabe, 2009); Yurimoto dkk. 2014) dan di Indonesia. Berbagai olahan kerang darah dapat dijumpai baik di restoran

maupun di warung pinggir jalan. Pengolahan kerang darah hanya membutuhkan peralatan yang sederhana. Kerang darah biasa dijual dalam bentuk kerang rebus atau sate. Harga kerang darah relatif murah, kerang darah mentah yang masih terbungkus cangkang Rp 4000 / kg, sedangkan harga kerang darah mentah tanpa cangkang Rp.30.000,-. Dengan memperhatikan kandungan gizi yang cukup tinggi, teknik pengolahan yang murah dan mudah membuat kerang darah memiliki nilai ekonomis dan kesehatan.

Kerang darah memiliki potensi yang cukup tinggi sebagai bahan pangan. Hal ini karena kerang darah berpotensi sebagai sumber protein alternatif yang berperan untuk memenuhi kebutuhan protein masyarakat. Kerang darah juga mengandung mineral yang dibutuhkan oleh tubuh. Mineral yang dikandungnya lebih mudah diabsorpsi oleh tubuh.

Di sisi lain, kerang darah merupakan biota yang hidup di perairan dasar yang berlumpur, kondisi habitat ini memungkinkan mengandung berbagai bahan pencemar diantaranya logam berat maupun mikroba. Kerang juga memiliki mobilitas rendah, lambat untuk dapat menghindarkan diri dari pengaruh polusi, hal ini memungkinkan kerang darah mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya. Logam berat ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia dan terakumulasi setelah mengkonsumsi kerang darah sehingga dalam pemanfaatannya harus tetap memperhatikan segi sanitas, cara pengolahan agar bebas dari logam berat, dan memperhatikan juga asupan maksimal.

II

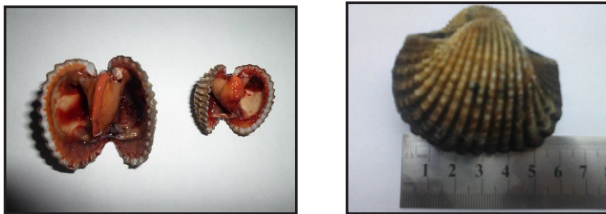
BIOEKOLOGI KERANG DARAH (*ANADARA GRANOSA*)

Kerang darah merupakan kelompok moluska bivalvia yang merupakan produk laut yang mempunyai nilai ekonomi. Kelompok bivalvia (*Pelecypoda*) ditandai dengan adanya dua keping cangkang. Kerang darah hidup berkelompok di substrat yang mengandung nutrisi yang tinggi. Sumber makanan kerang darah diantaranya adalah sejenis fitoplakton dan alga (Munawar, 2016). Morfologi dan anatomi kerang darah dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2. Kerang darah memiliki bagian tubuh yang lunak, bagian ini dapat dimakan, sedang cangkangnya dapat digunakan sebagai bahan campuran makanan ikan lele (Mahary, 2017). Selain itu, cangkang dapat dimanfaatkan sebagai bahan abrasive pada pasta gigi (Ahmad, 2017).

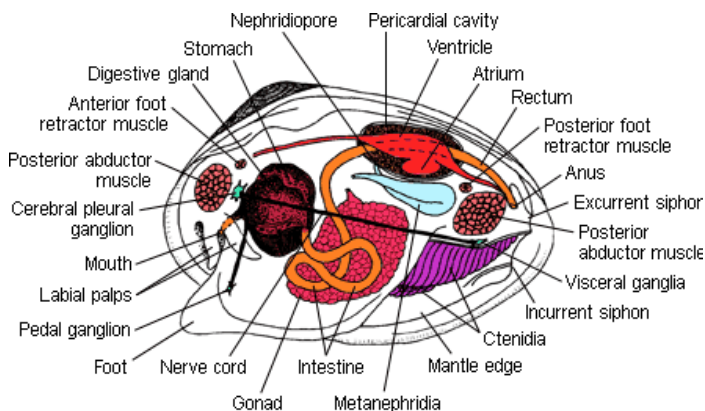
Kerang darah termasuk family Arcidae dan genus *Anadara*. Berikut ini di uraikan klasifikasi kerang darah (Broom, 1985). Kerang darah masuk dalam kelas *Lamellibranchiata* bersama dengan tiram, remis, dan sebangsanya. Adapun klasifikasi kerang darah adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Mollusca
Kelas : Bivalvia

Subkelas : Lamelladibranchia
 Ordo : Arcoida
 Famili : Arcidae
 Sub famili : Anadarinae
 Genus : *Anadara*
 Spesies : *Anadara granosa*



Gambar 2.1. Kerang darah perairan Pohuwato Provinsi Gorontalo, Indonesia



Gambar 2.2. Anatomi kerang (Sumber: Bunje (2001))

Kerang darah mempunyai pigmen darah merah (hemoglobin), yang disebut *bloody cockles* sehingga kerang ini dapat hidup pada habitat yang kadar oksigennya relatif

rendah (Broom, 1985), bahkan setelah dipanen masih bisa hidup walaupun tanpa air (PKSPL, 2004). Selain itu, adanya hemoglobin pada kerang darah inilah yang menyebabkan warna daging kerang menjadi merah (Narashiman, 1988 dalam Ramasamy dan Balasubramanian, 2012). Kerang darah merupakan biota laut yang ditemukan di intertidal yang hidupnya di daerah berlumpur dengan salinitas yang relatif rendah. Kerang darah dapat beradaptasi dengan salinitas 14 - 300 dan suhu optimal berkisar antara 20 - 30 ° C. Makanan utamanya adalah plankton, terutama fitoplankton detritus organik (98% ditemukan di usus kerang), fitoplankton dan alga uniseluler (FAO, 2019). Broom, (1985) menjelaskan bahwa kerang darah hidup di pantai laut pada substrat lumpur berpasir yang kaya bahan organik dengan kedalaman 10 -30 meter). Kerang darah merupakan *ciliary feeder* (sebagai deposit *feeder* atau *filter feeder*). Sebagai *filter feeder* kerang menyaring makanannya menggunakan insang yang berlubang-lubang.

Kerang dewasa panjangnya berukuran 5 sampai 6 cm dan lebar 4 sampai 5 cm Laju pertumbuhan 0,098 mm/hari, untuk tumbuh sepanjang 4-5 mm memerlukan waktu sekitar 6 bulan (Pathansali, 1966 dalam Broom, 1985). Hasil penelitian Ekawati (2010) menunjukkan pola pertumbuhan kerang darah jantan bersifat allometrik negatif, sedangkan kerang darah betina bersifat isometrik. Dalam penelitiannya juga menemukan bahwa nisbah kelamin kerang darah di Perairan Teluk Lada Labuan adalah 1:1,2. Kerang darah jantan siap memijah sudah ditemukan pada ukuran 11,70-13,40 mm,

sedangkan ukuran kerang darah betina yang sudah siap mulai pada ukuran 15,30-17,00 mm.

Kerang darah termasuk kelompok protandrus, yaitu mengawali hidupnya sebagai jantan yang kemudian berkembang menjadi betina (Leroy dkk., 2013). Gonad kerang darah memiliki lima tahap perkembangan, yaitu tahap 1, immature: tahap 2, berkembang: tahap 3, matang; tahap 4, *spawning*; tahap 5, merupakan tahap akhir (Yurimoto, dkk, 2014). Cangkang kerang darah tebal, oval, dan kedua sisi sama, kurang lebih 18 rib radial (15-20 rib), cangkang berwarna putih ditutupi periostrakum yang berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kehitaman (FAO, 2019).

III

MEMBEDAH KANDUNGAN KERANG DARAH

Sumber Protein Alternatif

Kerang darah mengandung protein yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein alternatif. Kandungan protein kerang darah berbeda tergantung habitatnya. Kandungan protein ini juga dapat mengalami perubahan akibat proses pengolahan. Berikut diuraikan kandungan kerang darah akibat perbedaan proses pengolahan.

Kandungan gizi bahan pangan pada berbagai species berbeda-beda. Masing-masing spesies memiliki proses fisiologis yang berbeda. Kandungan asam amino pada masing-masing spesies tidaklah sama. Perbedaan kandungan asam amino ini juga dapat disebabkan oleh umur, musim penangkapan serta tahapan dalam daur hidup organisme (Okuzumi dan Fujii 2000; Litaay 2005).

Kerang darah mengandung protein yang cukup tinggi, yaitu lebih kurang 20% (Inswiasri dkk, (1995) dan memiliki kandungan lemak 4,8 g/100 g. Hasil temuan Budiyanto dalam Nurjanah dkk, (2005) menunjukkan bahwa kerang darah mengandung protein 9-13 %, lemak 0-2 %, glikogen 1-7 %, dan memiliki nilai kalori 80 kalori dalam 100 g daging segar.

Sementara itu, kerang darah segar asal Kabupaten Bualemo Provinsi Gorontalo mengandung protein 19,48%, lemak 2,50%, air 74,37% dan abu 2,24%. Sementara itu, olahan kerang darah rebus mengandung zat gizi antara lain: protein 23,23%, lemak 7,01%, air 65,69% dan abu 2,57% (Nurjanah dkk, 2005). Protein yang diperoleh dari kerang merupakan protein yang memiliki nilai biologis yang lebih tinggi dari protein nabati. Protein memiliki peran penting dalam metabolisme tubuh, berikut ini dijelaskan peranan protein bagi tubuh.

Fungsi Protein dan Asam Amino

Kerang merupakan salah satu alternatif sumber protein hewani yang mempunyai nilai biologis lebih tinggi dibandingkan dengan protein nabati. Hal ini disebabkan karena komposisi dan kadar asam amino pada hewan lebih lengkap dan lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi asam amino pada tumbuhan. Protein merupakan suatu zat makanan yang penting bagi tubuh. Protein berfungsi sebagai pembangun struktur, biokatalis, hormon, sumber energi, penyangga racun, pengatur pH, dan sebagai pembawa sifat turunan dari generasi ke generasi. Protein tersusun atas atom C, H, O, dan N serta unsur lainnya yaitu P dan S yang membentuk unit-unit asam amino (Girindra, 1993). Protein merupakan makromolekul yang paling melimpah di dalam sel. Unit pembangunnya adalah asam amino yang berikatan secara kovalen untuk menghubungkan molekul-molekul menjadi rantai. Apabila

protein dihidrolisis dengan asam, alkali atau enzim akan dihasilkan campuran asam-asam amino.

Asam amino merupakan komponen penyusun protein yang dihubungkan oleh ikatan peptide. Awal pembentukan protein hanya tersusun dari 20 asam amino yang dikenal sebagai asam amino dasar atau asam amino baku. Struktur asam amino secara umum adalah satu atom C yang mengikat empat gugus, yaitu gugus amina (NH_2), gugus karboksil (COOH), atom hidrogen (H), dan satu gugus sisa (R dari Residu) atau disebut juga gugus rantai samping yang membedakan satu asam amino dengan asam amino lainnya (Winarno, 2008).

Sebuah asam amino terdiri dari gugus R (rantai cabang), sebuah gugus asam amino, sebuah gugus karboksil, dan sebuah atom hydrogen. Asam amino umumnya berbentuk serbuk dan mudah larut dalam air, namun tidak larut dalam pelarut organik nonpolar. Asam amino memiliki kelarutan rendah pada pelarut organik, titik cair yang tinggi, dan lebih bersifat seperti garam anorganik dibandingkan senyawa organik lainnya. Hal ini disebabkan karena pada satu molekul asam amino terdapat sebuah gugus karboksil yang dapat kehilangan satu proton, dan sebuah gugus amino yang dapat menyerap proton (Suharsono, 1970 dalam Sitompul 2004). Setelah protein diubah menjadi asam-asam amino, maka melalui proses absorpsi melalui dinding usus, asam amino tersebut sampai ke dalam pembuluh darah. Bila ada kelebihan asam amino dari jumlah yang digunakan untuk biosintesis protein, maka kelebihan asam amino akan diubah menjadi

asam keto yang dapat masuk kedalam siklus asam sitrat dan diubah menjadi urea.

Hati merupakan organ tubuh tempat katabolisme dan anabolisme. Asam amino yang terdapat dalam darah berasal dari tiga sumber, yaitu melalui dinding usus, hasil penguraian protein dalam sel dan hasil sintesis asam amino dalam sel (Duncan, 2005). Tidak semua asam amino yang terdapat dalam molekul protein dapat dibuat dalam tubuh kita. Berdasarkan segi pembentukannya asam amino dibagi ke dalam dua golongan, yaitu asam amino eksogen dan asam amino endogen. Asam amino eksogen disebut juga asam amino esensial dan asam amino endogen disebut juga asam amino non esensial (Winarno, 2008).

Asam amino esensial adalah asam amino yang tidak dapat dibuat oleh tubuh dan harus diperoleh dari makanan sumber protein, sedangkan asam amino non esensial adalah asam amino yang dapat dibuat dalam tubuh (Winarno, 2008). Asam-asam amino esensial yang dibutuhkan tubuh manusia ialah histidin, isoleusin, leusin, lisin, metionin, arginin, phenilalanin, treonin, triptofan, dan valin, sedangkan asam-asam amino non esensial ialah alanin, asparagin, sistein, asam glutamat, glutamin, asam aspartat, glisin, hidrosiprolin, dan tirosin (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006). Beberapa fungsi asam amino esensial dan non esensial dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3.1. Fungsi Asam Amino Esensial

Asam Amino Esensial	Fungsi
1	2
Histidin	Prekursor histamin, penting untuk pertumbuhan fisik dan mental dan menanggulangi penyakit rematik
Isoleusin	Pertumbuhan bayi, membantu perbaikan jaringan yang rusak, keseimbangan nitrogen bagi orang dewasa, dan pembentukan hemoglobin
Leusin	Merangsang pembentukan insulin yang berlebihan oleh pankreas
Lisin	Untuk crosslinking protein dalam biosintesis karnitin, menyembuhkan penyakit herpes kelamin
Metionin	Produksi sulfur, menjaga kenormalan metabolisme, sebagai antioksidan merangsang serotonin sehingga dapat menghilangkan kantuk dan diperlukan tubuh untuk membentuk sistein
Arginin	Terlibat dalam sintesis urea di hati dan memperlancar peredaran darah, meningkatkan daya tahan tubuh atau produksi limfosit, meningkatkan pengeluaran hormon pertumbuhan, dan meningkatkan kesuburan pria
Phenilalanin	Untuk prekursor tirosin, katekolamin dan melanin

Asam Amino Esensial	Fungsi
1	2
Treonin	Untuk meningkatkan kemampuan usus dan pencernaan, mempertahankan keseimbangan protein, penting dalam pembentukan kolagen dan elastin, membantu fungsi jantung, hati dan sistem saraf pusat
Triptopan	Prekursor nikotenamin dan produksi serotonin pada otak, meningkatkan pelepasan hormon pertumbuhan
Valin	Prekursor glukogenik, penting untuk pertumbuhan, dan memelihara jaringan otot

Tabel 3.2. Fungsi Asam Amino Non Esensial

Asam Amino Non Esensial	Fungsi
1	2
Alanin	Prekursor glukogenik, pembawa N dari jaringan ke permukaan untuk ekskresi N
Aspartat	Biosintesis urea, prekursor glukogenik, prekursor pirimidin, penanganan pada kelelahan kronis, dan peningkatan energi

Sistein	Sebagai prekursor taurin (misal untuk konjugasi asam empedu), berperan pada struktur beberapa protein fungsional seperti hormon pertumbuhan, dan sebagai antibodi
Glutamat	Produksi antara dalam reaksi interkonversi asam amino, prekursor prolin, ornitin, poliamin, neurotransmitter α -amino butirat (GABA), sumber NH_3
Glisin	Prekursor dalam proses biosintesis purin dan neurotransmitter
Serin	Komponen fosfolipid, prekursor spingolipid, prekursor etanolamin dan kolin
Tirosin	Prekursor katekolamin dan melanin
Prolin	Pembentukan kolagen dan penyerapan zat-zat gizi bagi tubuh
Glutamin	Donor kelompok amino untuk berbagai reaksi non asam amino pembawa N

(Linder, 1992)

Sumber Mineral Zink dan Kalsium

Kerang darah selain sebagai sumber protein alternatif juga merupakan sumber mineral zink dan kalsium. Selain itu, kerang darah juga mengandung mineral lain yang juga dibutuhkan oleh tubuh diantaranya besi (Fe) dan Cuprum (Cu). Kerang darah yang berasal dari Kawasan Pantai Keranji

Bangka Tengah dan Pantai Teluk Kelabat Bangka Barat mempunyai kadar cuprum (Cu) 0,428 ppm (Selpiani, 2015). Kandungan mineral Fe kerang darah segar asal Kabupaten Bualemo, propinsi Gorontalo 93,63 ppm dan Cu 3,17 ppm, sedangkan dalam keadaan kering mengandung Fe 365,3 ppm dan Cu 12,37. Untuk kerang darah rebus dalam keadaan basah mengandung Fe 52,38 ppm dan Cu 3,51 ppm., Kerang darah dalam keadaan kering mengandung Fe 152,7 ppm dan Cu 10,23 ppm (Nurjanah dkk, 2005).

Sumber Mineral Zink

Kandungan zink (Zn) dalam kerang darah di perairan Tanjung Mas dan perairan Wedung rata-rata berkisar antara 68,13 – 94,22 mg/kg berat basah. Kerang darah segar asal Gorontalo memiliki kandungan zink 13,91 ppm, sedangkan kerang darah segar yang dikeringkan memiliki kandungan zink 54,27 ppm. Sementara itu, kandungan zink kerang darah rebus dalam keadaan basah adalah 12,99 ppm sedangkan yang dikeringkan mengandung zink 37,86 ppm (Nurjanah dkk, 2005). Kandungan zink ini terlihat dipengaruhi oleh habitat dan cara pengolahan.

Kerang darah rebus dalam keadaan basah terlihat memiliki kandungan zink yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kerang darah rebus yang dikeringkan, hal ini diduga mineral zink larut dalam air rebusan. Oleh karena itu disarankan sebaiknya konsumsi kerang darah rebus bersama dengan air rebusannya. Kerang darah merupakan salah satu sumber mineral zink karena makanan yang berasal dari kerang, daging

sapi, dan daging merah lainnya memiliki rasio zink : protein lebih yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan makanan yang berupa telur, susu, unggas (King dan Keen, 1999 dalam Kaji dan Nishi, 2006).

Zink dari bahan pangan hewan ini tidak mengandung fitat sehingga mudah diserap dibanding pangan nabati. Tubuh manusia dapat menyerap zink sekitar 20-40% dari bahan pangan *zink* (Muchtadi, 2009). Jumlah dan jenis protein dalam pangan mempengaruhi absorpsi zink. Protein yang tinggi akan mengabsorpsi *zink* pangan dengan tinggi pula (Hotz dan Brown, 2004).

Zink merupakan salah satu komponen dalam jaringan tubuh, zink termasuk zat gizi mikro yang mutlak dibutuhkan oleh manusia dan hewan untuk memelihara kehidupan yang optimal, meski dalam jumlah yang sangat kecil (Rossi dkk, 2001). Dari segi fisiologis, zink berperan untuk pertumbuhan dan pembelahan sel, anti-oksidan, perkembangan seksual, kekebalan seluler, adaptasi gelap, pengecapan, serta nafsu makan. Zink dibutuhkan oleh 300 enzim untuk aktifitasnya. Zink merupakan *trace* mineral esensial untuk sintesis DNA, pembelahan sel, sintesis protein, regenerasi serta perbaikan jaringan dan metabolisme energi. Zink tampaknya memainkan peran dalam jalur transduksi intraseluler beberapa hormon dan mungkin mengaktifkan protein kinase C yang dapat berperan dalam transduksi signal GH (Agren dkk, 1990; Kaji dan Nishi, 2006).

Zink merupakan komponen esensial dari struktur *zinc finger* yang berfungsi sebagai *DNA-binding domains* dari

faktor transkripsi. *Zinc finger* protein merupakan struktur dimana sebuah atom zink yang berkoodinasi secara tetrahedral yang mengikat sistein dan histidin, atom zink ini mutlak diperlukan untuk mengikat DNA (Vallejo dkk, 1998). Adanya zink dalam protein ini sangat penting untuk mengikat sisi-spesifik untuk DNA dan ekspresi gen. Zink berfungsi sebagai penyangga yang menstabilkan lipatan dari domain ke dalam *finger loop*, yang kemudian mampu mengikat sisi - spesifik DNA beruntai ganda.

Zink dibutuhkan untuk proses percepatan pertumbuhan, menstabilkan struktur membran sel dan mengaktifkan hormon pertumbuhan (Comerford JG *dalam* Reviana, 2004). Zink berperan penting dalam mediasi hormonal karena zink berperan dalam sintesis, sekresi dan aksi hormon pertumbuhan (GH) pada produksi IGF-1 di hati. Somatotroph yang berada dalam hipofisis anterior pada *rattus* mengandung ion zink dengan konsentrasi yang tinggi terutama terlokalisasi di granula-granula sekretori GH dan sebagian kecil di aparatus golgi.

Pengukuran dengan *Particel induced X-ray emission* (PIXE) menunjukkan bahwa kandungan zink di hipofisis anterior berbeda secara signifikan antara tikus jantan dan betina ($100,5 \pm 7,0$ vs $74,2 \pm 3,6$ (SD) ng/mg berat kering) (Thorlacius-Ussing, 1987 dalam Kaji dan Nishi, 2006). Di sisi lain, pada subyek manusia, hipofisis anterior perempuan mengandung zink lebih tinggi dibanding laki-laki, tetapi konsentrasi zink pada laki-laki muda lebih tinggi dari perempuan yang masih muda (Thorlacius-Ussing, 1988 dalam Kaji dan Nishi,

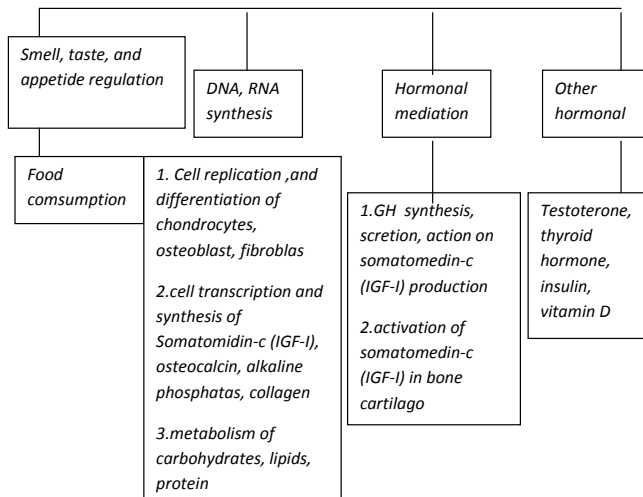
2006). *Growth hormone* (GH) disintesis dan disekresikan ke dalam granula penyimpanan sebelum dilepaskan ke hipofisis anterior. Zink menginduksi dimerisasi GH, dua ion zink menghubungkan per dimer GH secara kooperatif. Dua ion zink-GH dimer lebih stabil dibandingkan monomer GH dan pembentukan kompleks dimer dianggap penting untuk penyimpanan GH di sekretori granula (Cunningham dkk, 1991).

Zink menunjukkan peran penting dalam metabolisme tulang dan dibutuhkan untuk pertumbuhan normal pada manusia maupun hewan. Konsentrasi zink di tulang lebih tinggi dibanding di jaringan lainnya (Ortega dkk, 1995 dalam Salgueiro, 2002, Ovesen dkk, 2004). Zink berinteraksi dengan berbagai hormon yang berperan dalam pertumbuhan tulang seperti IGF-I, osteokalsin, testosterone, hormone tiroid dan insulin. Oleh karena itu zink sangat erat kaitannya dengan metabolisme tulang sehingga zink berperan secara positif pada pertumbuhan dan perkembangan. Zink juga memperlancar efek vitamin D terhadap metabolisme tulang melalui stimulasi sintesis DNA di sel-sel tulang (Branda dkk dalam Salgueiro, 2002).

Penelitian di Chili menunjukkan bahwa suplementasi zink pada bayi kurang energi protein selama masa pemulihan memperlihatkan adanya pertumbuhan berat badan pada kelompok suplementasi lebih tinggi dari pada kelompok kontrol, padahal konsumsi energi antara kedua kelompok sama (Castillo dkk, 1987). Hal ini dapat menjelaskan bahwa suplementasi zink menyebabkan penggunaan energi lebih

efisien, seperti yang telah ditunjukkan oleh Golden dan Golden, (1981).

Menurut Salgueiro dkk, (2002) zink berperan penting pada pertumbuhan melalui berbagai mekanisme seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. Zink mempengaruhi system saraf, yaitu mengontrol selera dengan mengubah tingkat responsivitas reseptor terhadap neurotransmitter. Zink juga berpartisipasi dalam sintesis DNA dan RNA yang berkaitan dengan 1). pembelahan sel, diferensiasi, yaitu kondrosit, osteoblas, dan fibroblas; 2) transkripsi sel dan sintesis somatomedin-c (IGF-I), osteokalsin, dan alkaline fosfatase; 3) metabolisme karbohidrat, lipid dan protein.



Gambar 3.1. Skema peran zink dalam pertumbuhan (Salgueiro dkk., 2002).

Bioavailabilitas zink cukup sulit diukur, mengingat bioavailabilitas dari suplementasi zink bila dikonsumsi bersama-sama dengan makanan yang banyak mengandung fitat maka akan menghambat absorpsi zink. Zink juga memegang peranan penting dalam mediasi hormonal, yaitu dalam sintesis *growth hormone* (GH), pada produksi IGF-I di hati. Zink juga terlibat dalam mengaktivasi IGF-I pada tulang rawan. Zink berpotensi meningkatkan aksi GH di hati. Pada level yang lain, disamping vitamin D yang secara tidak langsung berhubungan dengan pertumbuhan adalah insulin, hormon tiroid, dan testosteron.

Kebutuhan tubuh terhadap mineral zink per hari berbeda-beda menurut golongan umur. Berikut ini dijelaskan angka kecukupan zink dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Angka Kecukupan Zink yang Dianjurkan Per Orang Per Hari

Golongan Umur	Zink (mg)
0-6 bulan	3
7-12 bulan	5
1-9 tahun	10
10-59 tahun	15
> 60	15
Hamil	+5
Menyusui 0-6 bulan	+10
Menyusui	+10

Sumber: (Sutanto. 2004)

Sumber Mineral Kalsium Bagi Tubuh

Sumber kalsium utama dan satu-satunya adalah diet antara lain susu dan produknya seperti keju dan yogurt, sayur-sayuran berwarna hijau, ikan dalam kaleng yang lengkap dengan tulangnya seperti sardin, kacang-kacangan, dan makanan jadi yang difortifikasi dengan kalsium seperti jus, dan sereal.

Kerang darah juga merupakan sumber mineral kalsium. Kandungan mineral kalsium (Ca) kerang darah segar Ca 698,49 ppm, sedangkan kandungan kerang darah segar yang dikeringkan Ca 2725 ppm. Untuk kerang darah rebus dalam keadaan basah Ca 1320,76 ppm. Kerang darah rebus yang dikeringkan mengandung Ca 3849 ppm (Nurjanah dkk, 2005). Absorpsi kalsium di saluran cerna terjadi di proksimal duodenum yang tergantung pada vitamin D aktif dan bersifat difusi aktif yang memerlukan *calcium binding protein* (CaBP) atau kalbindin. Efektivitas absorpsi kalsium di usus dipengaruhi oleh asupan kalsium. Semakin rendah kadar kalsium dalam makanan yang dikonsumsi, semakin aktif pula usus melakukan absorpsi. Sembilan puluh sembilan persen kalsium ekstrasel terdapat dalam tulang dalam bentuk hidroksiapatit yang mencerminkan keseimbangan antara proses pembentukan dan resorpsi tulang.

Kalsium adalah kation ekstrasel utama yang berperan penting dalam kontraksi dan eksitasi otot jantung dan otot lainnya, transmisi sinap sistem saraf, agregasi platelet, koagulasi, dan sekresi hormon dan regulator lainnya. Kadar kalsium normal dalam plasma 8,5-10,4 mg/dL, 45% terikat protein plasma terutama albumin, 10% terikat dengan dapar

anion seperti sitrat dan fosfat. Empat puluh lima persen sisanya ada dalam bentuk ion dan merupakan bentuk aktif. Kadar kalsium dalam cairan ekstrasel 1% dari keseluruhan total kalsium tubuh sementara kadarnya dalam sel dijaga sekitar 1/10.000 dari kadar ekstrasel. Fungsi utama kalsium intrasel adalah *second messenger* intraselular untuk mengatur pembelahan sel, kontraktilitas otot, pergerakan sel, dan sekresi (Marcus, (2001); Soback, (2001)).

Kalsium dibutuhkan tubuh untuk pertumbuhan normal dan pembentukan kerangka (Nordin, 1997) Hasil dari penelitian-penelitian intervensi dan *cross sectional study* melaporkan adanya pengaruh positif kalsium pada kepadatan tulang anak-anak dan remaja (Dawson-Hughes, 1996). Menurut Sauberlich (1999), kadar kalsium serum dikontrol secara ketat oleh berbagai asupan gizi yang masuk ke dalam tubuh dan dipertahankan dalam batasan yang sempit. Faktor – faktor yang berperan dalam mengontrol kadar kalsium, antara lain 1,25-dihidroksikolkalsiferol, hormon paratiroid, kalsitonin, fosfor, protein dan estrogen.

Hormon paratiroid berperan dalam metabolisme kalsium karena pada membran sel kelenjar paratiroid mengandung sensor kalsium yang dapat mendeteksi kadar kalsium darah. Aktivasi reseptor kalsium terjadi bila kalsium dalam darah kadarnya tinggi, menyebabkan pelepasan fosfolipaseA2, asam arakidonat, dan leukotrien. Leukotrien menghambat sekresi hormon paratiroid melalui degradasi 90% granula sekretori yang mengandung bentuk *preformed* hormon paratiroid. Aktivasi reseptor kalsium tidak akan terjadi bila kadar kalsium

darah rendah. Hormon paratiroid bekerja dengan berikatan dengan reseptor membran sel organ target, yaitu reseptor hormon paratiroid di ginjal dan tulang. Hormon paratiroid meningkatkan reabsorpsi kalsium dengan mempermudah pori kalsium di tubulus distal ginjal terbuka. Hormon paratiroid meningkatkan degradasi tulang dengan bekerja pada osteoblast melalui *RANKL* di tulang. Hormon paratiroid juga menstimulasi hidroksilasi 25-OH-vitamin D3 menjadi bentuk aktifnya (kalsitriol). Efek kalsitonin (Lacativa dan de Farias, 2006, Crabtree dkk, 2004; Cheng dkk, 2005) terhadap kalsium bertentangan dengan efek hormone paratiroid. Kalsitonin menghambat aktivitas osteoklast, mengurangi resorpsi tulang, dan meningkatkan ekskresi kalsium melalui ginjal, jadi fungsi kalsitonin menurunkan kadar kalsium darah.

Sementara itu, diet protein tinggi (protein > 0,9 – 1,0 mg/kg BB) berpengaruh pada level kalsium tubuh, karena hanya bentuk ion kalsium yang bisa lepas dari jaringan tulang dan bisa dikeluarkan melalui urin. Mekanisme rendahnya rasio kalsium dan fosfor pada diet tinggi protein, bisa dijelaskan dengan mekanisme timbal balik antara kadar kalsium dan fosfor, dimana tubuh akan kehilangan kalsium lebih banyak dan akan menyebabkan hipokalsemia (Lee dkk, 1996).

Kandungan Glikoprotein

Glikoprotein adalah senyawa kompleks antara protein dengan rantai oligosakarida (glikan) yang terikat secara kovalen. Glikoprotein memiliki aktivitas yang tinggi sebagai zat imunomodulator dan merupakan salah satu komponen

membran sel yang berperan penting dalam mempertahankan kondisi metabolisme normal di dalam membran sel. Hasil penelitian Azis dkk, (2007), menunjukkan bahwa air rebusan kerang darah asal teluk Jakarta mengandung glikoprotein. Semakin lama waktu perebusan kadar glikoprotein semakin tinggi (Tabel 3.4)

Tabel 3.4. Kadar glikoprotein kerang darah

Biota	Waktu prebusan (menit)	Kadar glikoprotein (%)
Kerang darah	30	7.93 ± 0.17
	60	8.37 ± 0.14

Sumber: (Azis dkk, 2007).

Sementara itu, jenis asam amino yang dapat terdeteksi dari glikoprotein kerang darah sebanyak 17 jenis, yaitu asam aspartat 0,85%, asam glutamate 0,53%, glisin 0,20%, serin 0,05%, histidin 1,03%, arginin 0,93%, treonin 1,54%, alanin 0,20%, prolin 0,42%, trosin 0,33%, valin 0,42%, metionin 0,28%, sistein 0,98%, isoleusin 0,36%, leusin 1,68%, phenilalanin 0,63%, dan lisin 0,80% (Aziz dkk, 2007). Sisteat tidak terdeteksi diduga karena mengalami kerusakan saat proses hidrolisis oleh HCl.

Kandungan Logam Berat Non Essensial

Jenis biota laut yang sangat potensial terkontaminasi logam berat adalah kekerangan diantaranya kerang darah mengingat cara makannya dengan menyaring air. Selain itu, sifat kekerangan yang lebih banyak menetap (sessile)

dan bukan termasuk migratori (Wahyuni dan Hartati 1991). Senyawa/bahan kimia, mikroorganisme dan cemaran fisik berbahaya yang terdapat pada produk perikanan antara lain disebabkan oleh lingkungan tempat hidup ikan, termasuk lokasi budidaya.

Logam berat terutama merkuri merupakan bahan cemaran yang perlu diwaspadai karena dapat menimbulkan efek akumulatif seperti halnya penyakit Minamata di Jepang. Selain merkuri (Hg), jenis logam berat yang membahayakan kesehatan antara lain timbal (Pb), kadmium (Cd), arsen (As), khromium (Cr) dan nikel (Ni). Kerang darah mampu mengakumulasi sebesar 560 sampai dengan 680 kali konsentrasi timbal (Pb) di dalam air laut. Setelah 1 hari pajanan dihentikan *Anadara granosa* akan mengekresikan timbal yang terikat dalam jaringan hewan tersebut sebesar 33,7% sampai dengan 63% (Umbara dkk, 2006).

Kadar Pb kerang darah asal Asajaya, Sarawak, Malaysia berkisar antara 2.65 ± 0.34 to $4.36 \pm 0.53 \mu\text{g/g}$ (*dry weight*), sementara kandungan cadmium kerang darah berkisar 1.35 ± 0.16 to $2.22 \pm 0.34 \mu\text{g/g}$ (*dry weight*). Kadar Pb dan Cd ini telah melebihi batas aman yang ditentukan oleh *Malaysian Food Regulation* (1985), oleh karena itu konsumsi kerang darah tersebut dalam waktu lama dapat menimbulkan masalah bagi kesehatan tubuh manusia (Hossen dkk, 2014). Sementara itu, kerang darah yang berasal dari Kawasan Pantai Keranji Bangka Tengah dan Pantai Teluk Kelabat Bangka Barat mempunyai Pb 0,0001 ppm (Selpiani dkk, 2015) (Tabel 3.5).

Tabel 3.5. Konsentrasi Pb pada Kerang Darah

Biota	Konsentrasi logam berat	
Kerang darah	Pb (ppm)	
	Stasiun 1	Stasiun 2
	0,00001	0,00001
Baku mutu	1,5	

Ket: Baku Mutu Menurut SNI No 7387:2009 Untuk Pangan Pada Logam Pb 1,5 ppm. (Sumber: Selpiani dkk, 2015).

MENGUJI POTENSI KERANG DARAH

Mengatasi Kurang Gizi

Masalah gizi di Indonesia sampai saat ini masih merupakan masalah kesehatan masyarakat. Indonesia mengalami masalah gizi ganda, yaitu obesitas dan kurang gizi. Gangguan kurang gizi yang terjadi dalam dalam jangka waktu yang lama atau kronis waktu dapat mengganggu pertumbuhan tinggi badan sehingga menyebabkan anak akan tumbuh lebih pendek (*stunting*). Hasil Riskesdas 2018 menunjukkan proporsi *stunting* atau balita pendek mengalami penurunan dari 37,2% (Riskesdas 2013), menjadi 30,8% (Riskesdas 2018). Penurunan proporsi *stunting* ini menunjukkan adanya perbaikan pada status gizi balita di Indonesia. Akan tetapi masalah *stunting* ini masih merupakan masalah kesehatan masyarakat karena masih diatas ambang batas (*cut off*) yang telah disepakati secara universal oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) yakni 20%,” yaitu 20%.

Stunting dapat terjadi akibat kurangnya zat gizi mikro diantaranya kekurangan mineral zink. Upaya mengatasi kekurangan zink dalam tubuh telah dilakukan diantaranya melalui pemberian suplementasi zink. Suplementasi zink memberikan hasil yang signifikan dalam memperbaiki pertumbuhan linier dan penambahan berat badan anak (Brown dkk., 1998). Adriani dan Wirjatmadi (2014) membuktikan

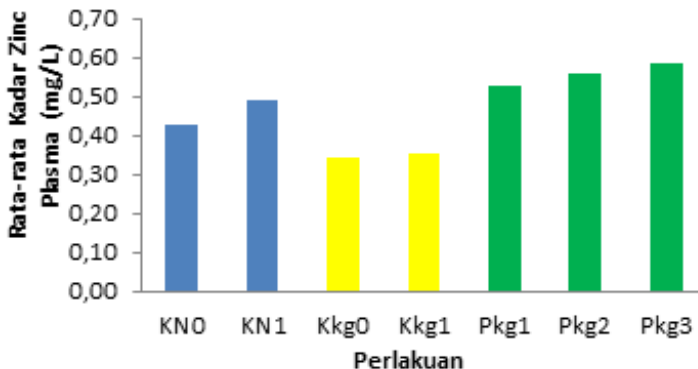
bahwa pemberian zink yang disertai pemberian vitamin A dapat meningkatkan pertumbuhan linier balita secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa zink dapat bertindak sebagai '*zinc finger protein*' yang meregulasi ekspresi gen dengan bertindak sebagai faktor transkripsi (berikatan dengan DNA dan mempengaruhi transkripsi gen spesifik) sehingga dapat mempengaruhi produksi hormon IGF-I.

Pemenuhan kebutuhan zink pada kondisi kekurangan mineral zink dalam tubuh, selain dilakukan melalui suplementasi zink dapat juga melalui pemberian asupan pangan alternatif yang memiliki kandungan mineral zink yang tinggi, diantaranya yang berasal sumber pangan laut, yaitu kerang darah. Berikut ini akan dijelaskan manfaat kerang darah dalam memperbaiki kondisi kurang gizi. Kajian ini dilakukan dengan menggunakan hewan uji tikus kurang gizi. Tikus memiliki saluran cerna dan kemampuan absorpsi yang mirip dengan manusia. Selain itu, zat-zat gizi yang diperlukan untuk pertumbuhan tikus hampir sama dengan manusia, yaitu karbohidrat, lemak, protein, mineral dan vitamin (Smith JB dan Mangkoewidjojo S, 1987).

Memperbaiki Kadar Zink

Kerang darah merupakan salah satu alternatif sumber mineral seperti zink. Zink merupakan salah satu komponen dalam jaringan tubuh, zink termasuk zat gizi mikro yang mutlak dibutuhkan untuk memelihara kehidupan yang optimal, meski dalam jumlah yang sangat kecil. Jumlah asupan zink makanan sangat dipengaruhi oleh pilihan makanan. Konsumsi

kerang darah dapat memperbaiki kadar zink pada kondisi kurang gizi (Solang dkk, 2013). Kadar zink tikus sebelum dan sesudah diberi kerang darah dapat dilihat pada Gambar. Hasil uji *T- Independent Test* sebelum dan sesudah perlakuan pada kadar zink (mg/L) tikus uji dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Rata-rata kadar zink plasma tikus uji sebelum dan sesudah perlakuan.

Keterangan: KN0; Kontrol Normal Sebelum Perlakuan, KN1; Kontrol Normal Sesudah Perlakuan, K kg0: Kontrol kurang gizi sebelum perlakuan, K kg 1: Kontrol kurang gizi sesudah perlakuan, P kg 1: kerang darah 2,5 g, P kg 2: kerang darah 5 g, P kg 3: kerang darah 10 g

Rata-rata kadar zink plasma pada kelompok kontrol normal (KN0) sebelum perlakuan adalah $0,43 \pm 0,16$ mg/L, sedangkan sesudah perlakuan kelompok kontrol normal (KN1) memiliki rata-rata kadar zink plasma $0,49 \pm 0,14$ mg/L. Hasil uji *T- Independent Test* kadar zink plasma pada

kelompok kontrol normal sebelum perlakuan dan sesudah perlakuan diperoleh nilai $p = 0,497$, ini menunjukkan tidak adanya perbedaan rata-rata kadar zink plasma pada kelompok kontrol normal sebelum dan sesudah perlakuan.

Saat sebelum perlakuan rata-rata kadar zink plasma pada kelompok kontrol kurang gizi (Kkg0), yaitu $0,34 \pm 0,74$ mg/L, sedangkan rata-rata kadar zink plasma kelompok kontrol normal (KN1) sesudah perlakuan adalah $0,49 \pm 0,14$ mg/L. Hasil uji *T-Independent Test* kadar zink plasma pada kelompok kontrol kurang gizi sebelum dan kelompok kontrol normal sesudah perlakuan diperoleh nilai $p = 0,081$, ini menunjukkan bahwa rata-rata kadar zink plasma antara kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok kontrol normal sesudah perlakuan terlihat tidak terdapat perbedaan.

Rata-rata kadar zink pada kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan (Kkg0) adalah $0,34 \pm 0,74$ mg/L sedangkan rata-rata kadar zink plasma pada kelompok kontrol kurang gizi sesudah perlakuan (Kkg1) adalah $0,35 \pm 0,06$ mg/L. Hasil uji *T-Independent Test* rata-rata kadar zink plasma pada kelompok kurang gizi sebelum dan kelompok kurang gizi sesudah perlakuan diperoleh $p = 0,825$, ini memperlihatkan bahwa rata-rata kadar zink plasma kelompok kontrol kurang gizi sebelum dan kelompok kontrol kurang gizi sesudah perlakuan tidak ada perbedaan.

Pada kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan (Kkg0) memiliki rata-rata kadar zink plasma $0,34 \pm 0,74$ mg/L sedangkan kelompok yang diberi tepung kerang darah 2,5 g/pakan/ hari sesudah perlakuan (Pkg1) memiliki rata-rata

kadar zink plasma $0,53 \pm 0,08$ mg/L. Hasil uji *T-Independent Test* kadar zink plasma pada kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok yang diberi tepung kerang darah 2,5 g/pakan/ hari sesudah perlakuan diperoleh nilai $p = 0,006$ ini menunjukkan adanya perbedaan rata-rata kadar zink plasma antara kelompok kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok yang diberi tepung kerang darah 2,5 g/pakan/ hari sesudah perlakuan.

Rata-rata kadar zink plasma pada kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan (Kkg0) adalah $0,34 \pm 0,74$ mg/L sedangkan rata-rata kadar zink plasma pada kelompok yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan/ hari sesudah perlakuan (Pkg2) adalah $0,56 \pm 0,10$ mg/L. Hasil uji *T-Independent Test* kadar zink plasma pada kelompok kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan/ hari sesudah perlakuan didapatkan $p = 0,005$. Hal ini berarti bahwa rata-rata kadar zink plasma antara kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan pada kelompok yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan/ hari sesudah perlakuan terlihat adanya perbedaan.

Pada kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan (Kkg0) memiliki rata-rata kadar zink plasma $0,34 \pm 0,74$ mg/L sedangkan kelompok yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan/ hari sesudah perlakuan (Pkg3) memiliki rata-rata kadar zink plasma $0,58 \pm 0,14$ mg/L. Hasil uji *T-Independent Test* rata-rata kadar zink plasma pada kelompok kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan/ hari sesudah perlakuan diperoleh nilai p

= 0,001. Ini menunjukkan adanya perbedaan rata-rata kadar zink plasma antara kelompok kontrol kurang gizi sebelum dan kelompok yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan/hari sesudah perlakuan.

Kadar zink pada tikus kurang gizi mengalami penurunan diduga karena pakan yang diberikan mengandung zink 0,7913 ppm dan protein 8%. Pederson dan Eggum, 1983 dalam (Choudhary, 2013), menjelaskan bahwa tikus yang diberi diet yang mengandung protein marginal ditemukan tidak mampu untuk menggunakan zink makanan secara efisien. Choudhary, (2013) melaporkan bahwa mencit yang mengalami defisiensi zink dapat menyebabkan turunnya kadar zink dan pemberian zink dapat meningkatkan kadar zink pada mencit yang defisiensi zink.

Pemberian kerang darah pada tikus kurang gizi memperlihatkan adanya kenaikan kadar zink plasma. Kenaikan kadar zink ini diduga karena mineral zink yang dimiliki kerang darah lebih mudah diabsorpsi oleh tubuh. Hal ini karena kerang darah sebagai pangan hewani tidak mengandung fitat. Fitat dapat mengikat mineral maupun protein sehingga absorpsi zat-zat gizi tersebut dapat terganggu. Fitat banyak ditemukan pada pangan nabati. Peningkatan kadar zink plasma ini juga diduga berkaitan dengan peran kerang darah sebagai sumber protein alternatif. Protein yang tinggi akan mengabsorpsi zink pangan dengan tinggi pula Hotz dan Brown (2004).

Kemungkinan lain yang dapat meningkatkan kadar zink plasma tikus kurang gizi adalah karena adanya asam amino histidin pada kerang darah dan asam amino sistein pada kerang

darah (Azis dkk, 2007). Asam amino histidin dan sistein akan memfasilitasi terbentuknya kompleks zink-histidin dan zink-sistein yang berfungsi untuk mentransport zink sehingga kadar zink dalam darah meningkat.

Zink merupakan komponen penting dalam *zinc-finger protein*. *Zinc-finger protein* merupakan mekanisme fundamental untuk regulasi ekspresi gen dari banyak protein. Bentuk *zinc-finger protein* membutuhkan empat asam amino residu sebagai ligan, yaitu dua sistein dan dua histidin (Vallejo dkk, 1998). Adanya asam amino sistenin dan histidin pada kerang darah diduga dapat berperan sebagai ligan dalam struktur *zinc-finger protein*. Dengan demikian pemberian tepung kerang darah diduga mendukung struktur *zinc-finger protein*.

Memperbaiki Kadar Hormone *Insulin Growth Factor 1* Plasma

Insulin-like growth factor-I (IGF-I) merupakan hormon yang terdiri dari 70 polipeptida asam amino, dan 50% sekuen homolog dengan insulin dan 70% homolog dengan IGF-II. *Insulin-like growth factor-I* (IGF-I) dan IGF-II dikode oleh gen besar tunggal. *Insulin-like growth factor-I* (IGF-I) berada pada lengan panjang pada chromosom 12 sedangkan IGF-II pada lengan pendek chromosom 11. Seperti insulin, IGFs memiliki rantai A dan B yang dihubungkan oleh ikatan disulfida (Rinderknecht and Humbel, 1978).

Insulin-like growth factor-I (IGF-I) yang memiliki efek endokrin baik parakrin maupun autokrin. *Insulin-like growth*

factor-I (IGF-I) disintesis terutama di hati dan sintesisnya tergantung GH. Selain itu IGF-I juga disintesis oleh jaringan lainnya (Le Roith, 1997). *Insulin-like growth factor-I* (IGF-I) juga dikenal sebagai Somatomedin-C. Somatomedin suatu polipeptida yang mempunyai struktur molekul mirip insulin, tetapi efek memacu pertumbuhannya jauh lebih kuat (Hadley dan Levine, 2006). Somatomedin utama yang terdapat dalam darah manusia adalah *Insulin-like growth factor I* (IGF-I, somatomedin C) dan *Insulin-like growth factor II* (IGF-II). Sifat IGF-I, IGF-II dan insulin dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perbandingan Insulin dan Faktor Pertumbuhan Mirip Insulin

	Insulin	IGF-I	IGF-II
Nama Lain		Somatomedin C	Multiplication-stimulating Activity (MSA)
Jumlah asam amino	51	70	67
Sumber	Sel B pankreas	Hati dan Jaringan lain	Berbagai jaringan
Kadar diatur oleh	Glukosa	Hormon pertumbuhan setelah lahir, status gizi	Tak diketahui
Kadar plasma	0,3-2 ng/ml	10-700 ng/ml; memuncak pada pubertas	300-800ng/ml

Protein pengikat dalam plasma	Tidak	Ya	Ya
Peran Faali Utama	Kontrol metabolisme	Pertumbuhan tulang dan tulang rawan	Pertumbuhan selama masa janin

Sumber: (Ganong, 2015)

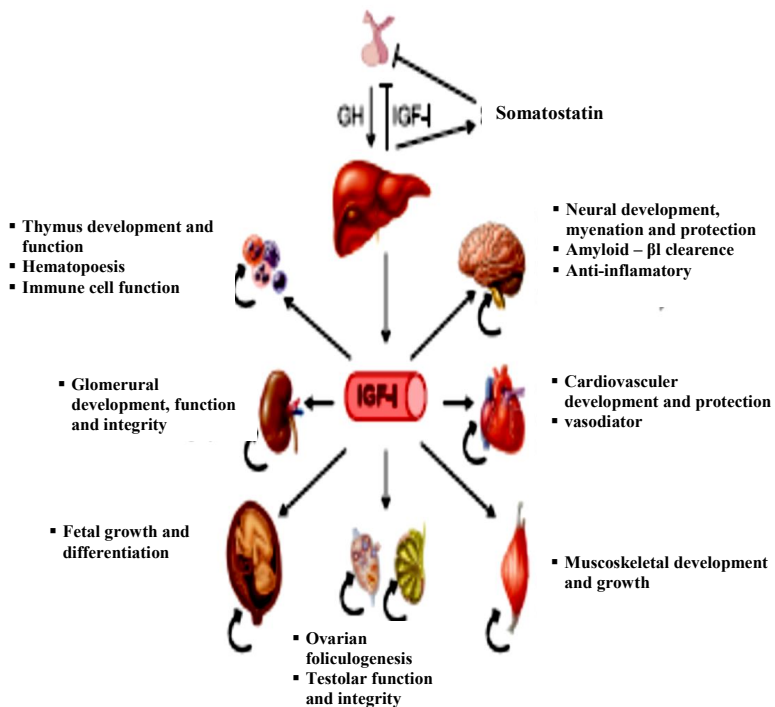
IGFs pertama dideskripsikan pada tahun 1957 oleh Salmon dan Daughaday. IGF-I merupakan hormon yang relevan dalam status embryonal maupun posnatal. Aksi IGF-I dan IGF-II dimediasi oleh IGF-1 reseptor (IGF1R). IGF1R adalah anggota dari kelas tyrosin kinase pada reseptor di permukaan sel. IGF1R terdiri dari $\frac{1}{2}$ $\alpha\beta$ reseptor, yang dihubungkan oleh ikatan disulfida diantara sub unit α untuk membentuk $\alpha_2\beta_2$ holoreseptor heterotetramerik dewasa. Sub unit α memiliki daerah yang kaya sistein, yang memiliki sisi tempat pengikat IGF-I, sedangkan daerah intraseluler dari subunit β memiliki aktivitas tirosin kinase. IGF1R mengikat insulin dan IGF-II dengan 100 - 1000 kali lipat dan 2 - 15 kali lipat afinitas yang lebih rendah, dari IGF-I. Reseptor IGF-I sangat mirip dengan reseptor insulin dan mungkin menggunakan banyak perangkat intrasel yang sama. Reseptor IGF-II adalah suatu reseptor manosa 6-fosfat yang berperan dalam membawa hidrolase asam dan protein intrasel ke organel intrasel. Sekresi IGF-I sebelum lahir tidak tergantung pada hormon pertumbuhan tetapi setelah lahir dirangsang oleh hormon pertumbuhan dan molekul ini mempunyai efek kuat dalam menstimulasi

pertumbuhan (Ganong 2015). Kadar IGF-1 plasma meningkat selama masa kanak-kanak, dan mencapai puncak pada usia 13-17 tahun. Sebaliknya kadar IGF-II bersifat konstan sepanjang pertumbuhan pascanatal.

Somatotroph hipofisis (sel-sel yang mensekresikan GH) keseimbangannya di bawah kontrol antara stimulasi *growth hormone-releasing hormone* (GHRH) dan inhibitor somatostatin baik yang dihasilkan oleh hipotalamus, kortikal neurogenik, metabolik dan faktor-faktor hormonal (Rosenbloom dkk, 1994). Akan tetapi di sisi lain, IGF-I menghambat sekresi GH pada hipotalamus melalui dua mekanisme umpan balik, yang pertama menghambat ekspresi gen GH dan yang kedua dengan menstimulasi sekresi somatostatin yang selanjutnya menghambat produksi GH (Ghigo dkk, 1997; Bertherat dkk, 1995). *Growth hormone* (GH) hipofisis berinteraksi dengan reseptor GH dalam hepatosit, meningkatkan sekresi IGF-I untuk aktivitas endokrin pada organ-organ yang berbeda, walaupun ada produksi IGF-I autokrin/ parakrin oleh organ lainnya. Peran IGF-I dapat dilihat pada Gambar 4.2.

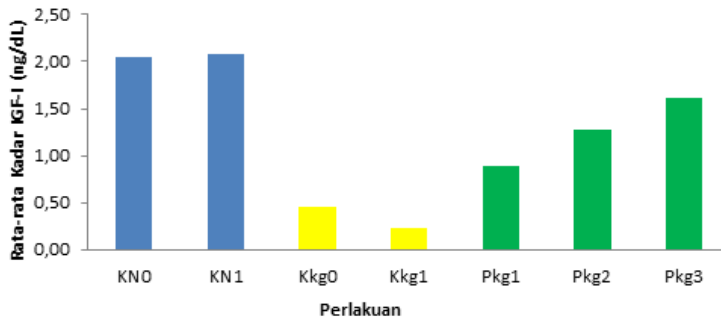
Growth hormone (GH) dan nutrisi merupakan faktor utama yang meregulasi ekspresi IGF-I hepatik, demikian juga pada organ-organ lainnya (Daughaday dan Rotwein 1989; Underwood dan Clemmons (1991)). Pada beberapa jaringan ekspresi IGF-I nampak diregulasi oleh faktor-faktor tropik jaringan, seperti pada uterus, yaitu estrogen (bukan GH) yang menstimulasi ekspresi IGF-I, sedangkan *follicle stimulating hormone* (FSH) adalah regulator utama IGF dalam ovarium (Adashi dkk., 1991 dalam Puche dan Castilla-

Cortazar, 2012). FSH dan IGF-I secara sinergis merangsang produksi steroid gonad; sebaliknya, tertekannya gen FSH atau IGF-I menyebabkan infertilitas dan hipogonadisme. dalam Sel granulosa (GCs) tikus, mencit, dan manusia, terlihat bahwa efek stimulatori dari FSH terhadap cytochrome P450 aromatase (Cyp19) dan protein kinase B (AKT) tergantung pada ekspresi IGF-I dan aktivasi IGF-IR (Zhou dkk, 2013).



Gambar 4.2. Sumbu GH/IGF-I dan target (Sumber: Puche dan Castilla-Cortázar, 2012).

Insulin like growth factor-I (IGF-I) memiliki peran penting dalam meregulasi pertumbuhan dan metabolisme.



Gambar 4.3. Rata-rata kadar IGF-I dalam darah tikus uji sebelum dan sesudah perlakuan.

Keterangan: KN0; Kontrol Normal Sebelum Perlakuan,

KN1; Kontrol Normal Sesudah Perlakuan

K kg0: Kontrol kurang gizi sebelum perlakuan

K kg 1: Kontrol kurang gizi sesudah perlakuan

P kg 1: karak + kerang darah 2,5 g, P kg 2: karak + kerang darah 5 g

P kg 3: karak + kerang darah 10 g

Saat sebelum penelitian rata-rata kadar IGF-I kelompok kontrol (KN0) adalah $2,05 \pm 0,31$ ng/mL, sedangkan rata-rata kadar IGF-I kelompok kontrol normal sesudah perlakuan (KN1) adalah $2,08 \pm 0,32$ ng/mL. Hasil uji *T-Independent Test* kadar IGF-I pada kelompok kontrol normal sebelum perlakuan dan kontrol normal sesudah perlakuan didapatkan nilai $p = 0,861$. Ini menunjukkan adanya perbedaan kadar IGF-I pada

kelompok kontrol normal sebelum dan kontrol normal sesudah perlakuan.

Rata-rata kadar IGF-I kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan (Kkg0) adalah $0,45 \pm 0,38$ ng/mL, sedangkan rata-rata kadar IGF-I kelompok kontrol normal pada sesudah perlakuan adalah $2,08 \pm 0,32$ ng/mL. Hasil uji *T-Independent Test* kadar IGF-I pada kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok kontrol normal sesudah perlakuan didapatkan nilai $p = 0,000$. Ini berarti terlihat adanya perbedaan kadar IGF-I antara kelompok kurang gizi sebelum perlakuan dan kadar IGF-I kelompok kontrol normal sesudah perlakuan.

Rata-rata kadar IGF-I kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan (Kkg0) adalah $0,45 \pm 0,38$ ng/mL, sedangkan rata-rata kadar IGF-I kelompok kontrol kurang gizi sesudah perlakuan (Kkg1) adalah $0,23 \pm 0,07$ ng/mL. Hasil uji *T-Independent Test* kadar IGF-I pada kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok kontrol kurang gizi sesudah perlakuan diperoleh nilai $p = 0,154$. Ini menunjukkan tidak adanya perbedaan antara kadar IGF-I pada kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok kontrol kurang gizi sesudah perlakuan.

Rata-rata kadar IGF-I kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan (Kkg0) adalah $0,45 \pm 0,38$ ng/mL, sedangkan rata-rata kadar IGF-I kelompok yang diberi tepung kerang darah 2,5 g/pakan/hari sesudah perlakuan (Pkg1) adalah $0,89 \pm 0,37$ ng/mL. Hasil uji *T-Independent Test* kadar IGF-I pada kelompok kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok

yang diberi tepung kerang darah 2,5 g/pakan/hari didapatkan nilai $p = 0,094$. Ini berarti kadar IGF-I antara kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 2,5 g/pakan/hari sesudah perlakuan tidak terdapat perbedaan.

Saat sebelum perlakuan kelompok kontrol kurang gizi (Kkg0) memiliki rata-rata kadar IGF-I $0,45 \pm 0,38$ ng/mL, sedangkan rata-rata kadar IGF-I kelompok yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan/hari sesudah perlakuan (Pkg2) adalah $1,41 \pm 0,39$ ng/mL. Hasil uji *T - Independent Test* kadar IGF-I pada kelompok kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan/hari sesudah perlakuan adalah $p = 0,003$, ini menunjukkan adanya perbedaan kadar IGF-I antara kelompok kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan/hari sesudah perlakuan.

Saat sebelum perlakuan rata-rata kadar IGF-I kelompok kontrol kurang gizi adalah $0,45 \pm 0,38$ ng/mL, sedangkan rata-rata kadar IGF-I kelompok yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan/hari sesudah perlakuan (Pkg3) adalah $1,61 \pm 0,18$ ng/mL. Hasil uji *T - Independent Test* kadar IGF-I pada kelompok kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan/hari sesudah perlakuan memperoleh nilai $p = 0,000$. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan kadar IGF-I antara kelompok kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan/hari sesudah perlakuan.

Pemberian tepung kerang darah dapat memperbaiki regulasi produksi IGF-I serum. Kadar IGF-I serum yang meningkat diduga terkait dengan adanya zink yang didukung oleh protein dalam tepung kerang darah. Imamoglu *et al.*, (2005) menyatakan bahwa suplementasi zink dapat meningkatkan kadar IGF-I dan IGFBP-3, hal ini diduga karena (1) suplementasi zink dapat meningkatkan sensitifitas pada GH endogenus, hal ini didasarkan pada penelitian pada hewan uji yang menunjukkan bahwa ion zink menstimulasi hGH *specific binding* dari isolat adiposit tikus (Herington, 1985), selanjutnya zink ditemukan menginduksi dimerisasi GH manusia (Cunningham, 1991) dan mempengaruhi bioaktif hGH (Dattani, 1993); (2) suplementasi zink dapat meningkatkan fisiologis sekresi GH, sedangkan alternatif yang lain adalah zink secara langsung mempengaruhi sintesis IGF-I dan IGFBP-3 tanpa dimediasi oleh GH. Hasil penelitian Adriani (2009) menunjukkan bahwa suplementasi zink dapat meningkatkan kadar IGF-I pada anak-anak yang defisiensi zink.

Namun hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar IGF-I serum (Gambar 3.3) tidak linier dengan peningkatan kadar zink plasma (Gambar 3.1). Hal ini diduga karena zink dalam darah tidak secara keseluruhan digunakan untuk produksi IGF-I serum. Ini dapat dijelaskan berdasarkan pendapat Berdainer, (1998) tentang absorpsi dan metabolisme zink (Gambar 4.2) yang menunjukkan bahwa zink yang berada dalam darah diangkut oleh albumin (60%) dan makroglobulin (30%) selanjutnya di transport ke seluruh

jaringan termasuk hati, testis, air susu, kelenjar keringat, rambut, dan sel-sel kulit. Selanjutnya dua sampai delapan persen diultrafiltrasi melalui urin dan diekskresi melalui feces.

Sementara itu, zink yang berkaitan dengan produksi IGF-I diduga adalah zink yang ditransport ke hati. Ini didasarkan pada hasil penelitian McNall dkk, (1995) bahwa defisiensi zink dapat menurunkan gen reseptor GH dan ekspresi IGF-I pada hati tikus dan suplementasi zink dapat memperbaikinya. Berdasarkan pendapat ini maka zink serum yang ditransport ke jaringan hati ini yang digunakan untuk mengaktifkan reseptor GH di hati sehingga meningkatkan ekspresi IGF-I, selanjutnya meningkatkan kadar IGF-I serum.

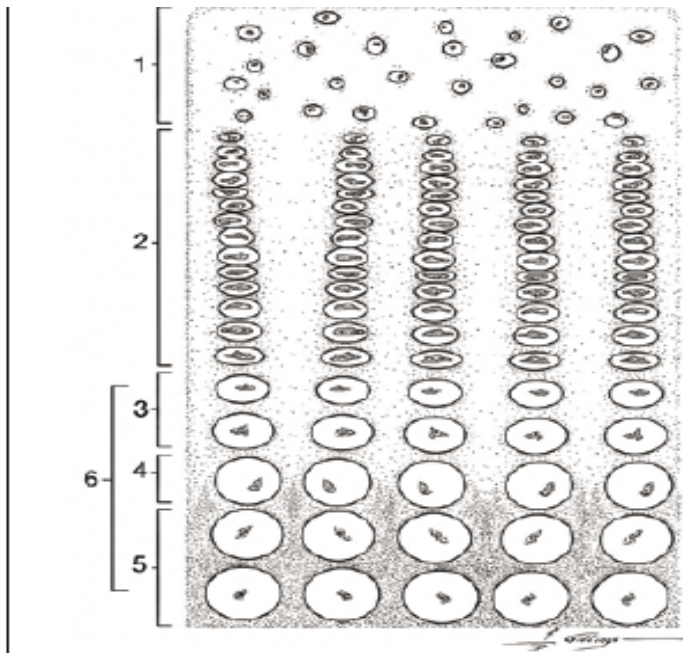
Memperbaiki Pertumbuhan Lempeng Epifisis Tulang

Lempeng pertumbuhan memiliki peranan yang penting bagi pertumbuhan longitudinal tulang dan menunjukkan keadaan seluler sebagai hasil proliferasi kondrosit, hipertropi dan maturasi sel (Abhaya dkk, 2002). Lempeng pertumbuhan terdiri dari komponen fibrosa, tulang rawan dan tulang. Komponen fibrosa mengelilingi lempeng pertumbuhan dan di bagi menjadi alur penulangan disebut Ranvier dan cincin perichondrial yang disebut cincin *LaCroix* (Brighton, 1987). Fungsi alur *Ranvier* membantu kondrosit agar dapat berkontribusi terhadap pertumbuhan diameter dan panjang lempeng pertumbuhan. Cincin *Lacroix* terletak antara alur ossifikasi dan periosteum metafisis yang melapisi lempeng pertumbuhan dan menyediakan dukungan mekanik untuk

pertumbuhan lempeng. Komponen fibrosa melindungi tulang rawan melawan kekuatan gaya geser.

Komponen kartilago dibagi dalam zona tenang (*reserve*), proliferasi dan hipertrofik (Gambar 4.4). Zona hipertrofik dibagi menjadi zona maturasi, degenerasi dan kalsifikasi sementara (Brighton, 1987; Braden, 1993). Komponen kartilago segera mendekati komponen tulang dari lempeng pertumbuhan. Di sini sel tulang rawan berubah menjadi tulang.

Pembuluh darah yang mensuplai lempeng pertumbuhan adalah arteri epifisial yang mensuplai darah ke epifisis melalui beberapa cabang yang arborize menuju lempeng pertumbuhan, untuk menyediakan vaskularisasi ke dalam zona proliferasi. Tidak adanya pembuluh darah yang melewati zona proliferasi menyebabkan zona hipertrofik menjadi avaskular. Arteri perikondrial mensuplai dari ke struktur fibrosa lempeng pertumbuhan. Arteri nutrisi menyediakan empat perlima pasokan darah pada metafisial. Cabang terminal dari akhiran pembuluh ini masuk ke dalam loop pembuluh yang berada di dasar dan mengelilingi lakuna kondrosit pada lempeng pertumbuhan.



Gambar 4.4. Zona Komponen kartilago pada lempeng epifisis. (1) Zona reserve; (2) Zona proliferasi; (3) Zona maturasi; (4) Zona degenerasi; (5) Zona kalsifikasi sementara; (6) Zona hipertrofik (Sumber: von Pfeil dan DeCamp, 2009).

Secara histologis lebar lempeng epifisis menunjukkan potensi tumbuh kembang tulang (Mito dkk, 2002). Lebar lempeng epifisis berkaitan dengan laju pertumbuhan zona proliferasi dan zona hipertrofi (Wilsman dkk, 1996 dalam Villemure dan Stokes, 2009). Status nutrisi khususnya kadar zink dapat mempengaruhi pertumbuhan lempeng epifisis karena zink berperan dalam pembelahan sel, diferensiasi dan apoptosis (Rossi dkk, 2001, Lohmann dan Beyersmann,

1993). Hasil penelitian Follis dan McCollum, (1941) dalam Rossi dkk, (2001) menunjukkan bahwa tikus yang defisiensi zink mengalami penurunan lebar lempeng epifisis dan aktivitas kondrosit pada lempeng pertumbuhan juga terganggu (Wallwork dan Sandstead (1990). Rosi dkk, (2001) menyatakan bahwa aktivitas lempeng pertumbuhan tereduksi pada tikus yang defisiensi zink. Lempeng pertumbuhan mengalami atrofi secara signifikan pada tikus defisiensi zink dibandingkan tikus yang pakannya mengandung zink yang adekuat dan tikus yang diberi pakan standar.

Hasil penelitian Solang dkk, (2013) menunjukkan bahwa suplementasi kerang darah pada tikus kurang gizi meningkatkan lebar lempeng epifisis secara signifikan ($p = 0,002$). Rata-rata lebar lempeng epifisis tikus uji sebelum dan sesudah diberi kerang darah disajikan pada Gambar 3.5. Saat sebelum perlakuan rata-rata lebar lempeng epifisis femur kelompok kontrol normal (KN1) adalah $78,87 \pm 5,49 \mu\text{m}$, sedangkan rata-rata lebar lempeng epifisis femur kelompok kontrol normal sesudah perlakuan adalah $78,04 \pm 5,56 \mu\text{m}$. Hasil uji *T-Independent Test* lebar lempeng epifisis femur pada kelompok kontrol normal sebelum perlakuan dan kelompok kontrol normal sesudah perlakuan didapati nilai $p = 0,815$. Ini menunjukkan bahwa lebar lempeng epifisis antara kedua kelompok tersebut tidak berbeda.

Rata-rata lebar lempeng epifisis femur kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan (Kkg0) adalah $39,05 \pm 2,14 \mu\text{m}$, sedangkan rata-rata lebar lempeng epifisis femur kelompok kontrol normal sesudah perlakuan

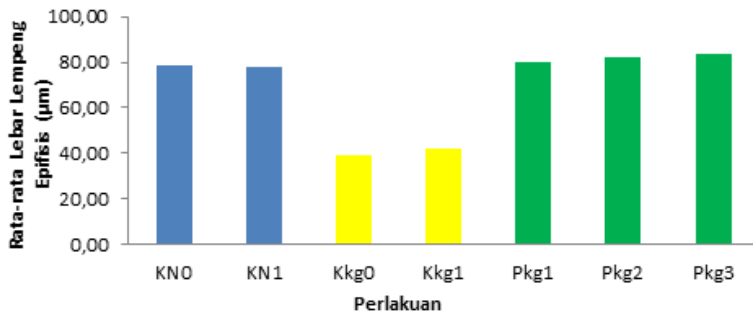
adalah $78,04 \pm 5,56 \mu\text{m}$. Hasil uji *T- Independent Test* lebar lempeng epifisis femur pada kelompok tikus kurang gizi sebelum perlakuan dan tikus kelompok kontrol normal sesudah perlakuan diperoleh nilai $p = 0,000$ ini menunjukkan terdapatnya perbedaan lebar lempeng epifisis femur antara kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan tikus kelompok kontrol normal sesudah perlakuan.

Rata-rata lebar lempeng epifisis femur kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan adalah $39,05 \pm 2,14 \mu\text{m}$, sedangkan lebar lempeng epifisis femur kelompok tikus kontrol kurang gizi sesudah perlakuan (Kkg1) adalah $41,67 \pm 4,71$. Hasil uji *T- Independent Test* lebar lempeng epifisis femur pada kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok tikus kontrol kurang gizi sesudah perlakuan diperoleh nilai $p = 0,329$, ini berarti tidak terdapat perbedaan lebar lempeng epifisis femur antara kelompok kontrol normal tikus kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok tikus kontrol kurang gizi sesudah perlakuan.

Saat sebelum perlakuan rata-rata lebar epifisis lempeng femur kelompok tikus kurang gizi adalah $39,05 \pm 2,14 \mu\text{m}$, sedangkan lebar lempeng epifisis femur kelompok tikus yang diberi tepung kerang darah $2,5 \text{ g/pakan/hari}$ sesudah perlakuan (Pkg1) adalah $80,11 \pm 8,38 \mu\text{m}$. Hasil uji *T- Independent Test* lebar lempeng epifisis femur pada kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok tikus kurang gizi sesudah perlakuan yang diberi tepung kerang darah $2,5 \text{ g/pakan/hari}$ didapati nilai $p = 0,000$. Ini menunjukkan adanya perbedaan lebar lempeng epifisis femur pada kelompok tikus

kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 2,5 g/pakan /hari sesudah perlakuan.

Rata-rata lebar lempeng epifisis femur kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan adalah $39,05 \pm 2,14 \mu\text{m}$, sedangkan lebar lempeng epifisis femur kelompok tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan /hari sesudah perlakuan (Pkg2) adalah $82,35 \pm 4,03 \mu\text{m}$. Hasil uji *T - Independent Test* lebar lempeng epifisis femur pada kelompok tikus kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan / hari sesudah perlakuan didapati nilai $p = 0,000$. Hal ini berarti bahwa lebar lempeng epifisis femur antara kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan /hari sesudah perlakuan terlihat ada perbedaan.



Gambar 4.5. Rata-rata lebar lempeng epifisis tikus uji sebelum dan sesudah perlakuan.

Keterangan:

KN0; Kontrol Normal Sebelum Perlakuan,

KN1; Kontrol Normal Sesudah Perlakuan

K kg0: Kontrol kurang gizi sebelum perlakuan

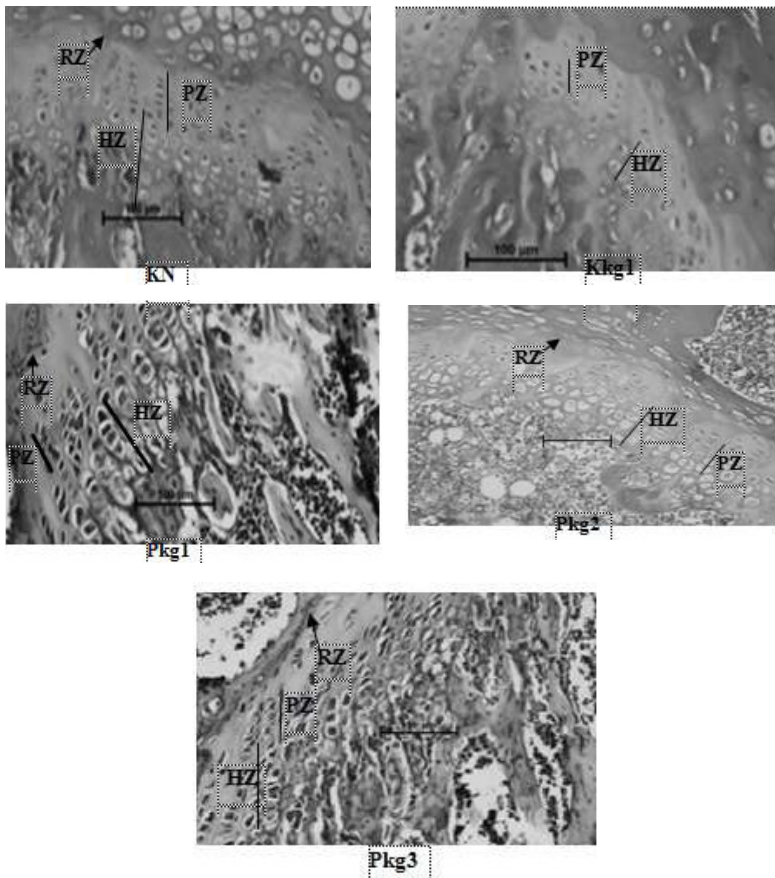
K kg 1: Kontrol kurang gizi sesudah perlakuan

P kg 1: karak + kerang darah 2,5 g , P kg 2: karak + kerang darah 5 g

P kg 3: karak + kerang darah 10 g

Saat sebelum penelitian rata-rata lebar lempeng epifisis femur kelompok tikus kontrol kurang gizi adalah $39,05 \pm 2,14 \mu\text{m}$, sedangkan lebar lempeng epifisis femur kelompok tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan /hari sesudah perlakuan (Pkg3) adalah $83,64 \pm 4,11 \mu\text{m}$. Hasil uji *T-Independent Test* lebar lempeng epifisis femur pada kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan /hari sesudah perlakuan didapati nilai $p = 0,000$. Hal ini berarti bahwa lebar lempeng epifisis femur antara kelompok tikus kontrol kurang gizi sebelum perlakuan dan kelompok tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan /hari sesudah perlakuan terlihat ada perbedaan hal ini berarti bahwa pemberian tepung kerang darah yang merupakan sumber zink dapat memperbaiki abnormalitas pertumbuhan lempeng epifisis, khususnya memperbaiki morfologi kondrosit. Pendapat ini sejalan dengan hasil penelitian Ovesen dkk, (2004) yang menunjukkan bahwa suplementasi zink dapat meningkatkan lebar lempeng epifisis tikus. Rodriguez dkk, (2001) menunjukkan bahwa suplementasi zink dapat menstimulasi proliferasi kondrosit pada lempeng epifisis.

Berikut ini dapat dilihat gambar potongan membujur struktur mikroanatomi lempeng epifisis femur tikus kontrol normal, tikus kontrol kurang gizi, tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 2,5 g/pakan /hari, tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 5 g/pakan /hari, dan tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah 10 g/pakan /hari (Gambar 4.6).



Gambar 4.6. Potongan membujur lempeng epifisis femur tikus kontrol normal (KN1), kurang gizi (KKg1), diberi kerang darah 2,5 g (Pkg1), diberi kerang darah,5 g (Pkg2), diberi kerang darah 10 g (Pkg3), tebal irisan 6 μ m, pewarnaan H-E dan perbesaran 100 x (Sumber: Solang dkk, 2013).

Keterangan: ZR: *Zona Reserve* (zona tenang)

ZP : Zona Proliferasi ZH: Zona Hipertrofi

La : Lakuna M: Matriks seluler

Rata-rata lebar lempeng epifisis femur kelompok kontrol kurang gizi mengalami penurunan 46,60% dari lebar lempeng epifisis femur kelompok kontrol normal. Rata-rata lebar epifisis femur tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah terlihat mengalami peningkatan dibanding kelompok kontrol kurang gizi. Lebar lempeng epifisis femur kelompok yang diberi tepung kerang darah 2,5 g, 5 g, dan 10 g masing-masing meningkat 47,98%, 49,40% dan 50,18% (Tabel 4.2).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian tepung kerang darah 2,5 g/pakan/hari sudah dapat meningkatkan lebar lempeng epifisis. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian tepung kerang darah dapat memperbaiki abnormalitas pertumbuhan lempeng epifisis tikus kurang gizi.

Tabel 4.2. Rata-rata Persentase Lebar Lempeng Epifisis Femur (μm) Tikus Uji yang diberi Tepung Kerang Darah

No.	Variabel Lebar Lempeng Epifisis Femur	Rata-rata Lebar Lempeng Epifisis Femur (μm)	Penurunan Lebar Lempeng Epifisis Femur (%)	Peningkatan Lebar Lempeng Epifisis Femur (%)
1	KN1	78,04 $\pm$ 5,56 ^a	0	0
2	Kkg1	41,67 $\pm$ 4,72 ^b	46,60	-
3	Pkg1	80,11 $\pm$ 8,38 ^a	-	47,98
4	Pkg2	82,35 $\pm$ 4,03 ^a	-	49,40
5	Pkg3	83,64 $\pm$ 4,11 ^a	-	50,18

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan Uji *Mann Whitney* pada Taraf 5%

KN1: Kontrol normal , Kkg1= Kontrol kurang gizi

Pkg 1: karak + kerang darah 2,5 g

P kg 2: karak + kerang darah 5 g

P kg 3: karak + kerang darah 10 g

Peningkatan lebar lempeng epifisis dan perbaikan perkembangan kondrosit akibat pemberian tepung kerang darah diduga berkaitan dengan kandungan zink dan protein yang tinggi pada tepung kerang darah sehingga meningkatkan ketersediaan zink dalam tubuh tikus kurang gizi. Pendapat ini sejalan dengan hasil penelitian Ovesen dkk, (2004) yang menunjukkan bahwa suplementasi zink dapat meningkatkan lebar lempeng epifisis tikus. Rodriguez, dkk, (2001) menunjukkan bahwa suplementasi zink dapat menstimulasi proliferasi kondrosit pada lempeng epifisis.

Peningkatan lebar lempeng epifisis dan perkembangan kondrosit akibat pemberian tepung kerang darah ini juga diduga berkaitan dengan peningkatan kadar IGF-I pada tikus kurang gizi yang diberi kerang darah. Hal ini karena IGF-I beraksi pada reseptor membran spesifik untuk menstimulasi proliferasi atau fungsi khusus dari tipe sel yang berdeferensiasi (Nissley dkk, 1991). *Insulin like growth factor-I* (IGF-I) diketahui mempengaruhi proliferasi dan diferensiasi berbagai tipe sel termasuk kondrosit dan sel prekursor oestebblas (Schmid dkk, 1984, Van Wyk, 1984). Schlechter (1986) mengemukakan bahwa infus IGF-I dapat meningkatkan lebar lempeng epifisis dan pertumbuhan tulang panjang.

Peningkatan lebar lempeng epifisis dan perbaikan perkembangan kondrosit akibat pemberian tepung kerang darah diduga berkaitan dengan kandungan zink dan protein yang tinggi pada tepung kerang darah sehingga meningkatkan ketersediaan zink dalam tubuh tikus kurang gizi. Pendapat ini sejalan dengan hasil penelitian Ovesen dkk, (2004) yang menunjukkan bahwa suplementasi zink dapat meningkatkan lebar lempeng epifisis tikus. Rodriguez dkk, (2001) menunjukkan bahwa suplementasi zink dapat menstimulasi proliferasi kondrosit pada lempeng epifisis.

Peningkatan lebar lempeng epifisis dan perkembangan kondrosit akibat pemberian tepung kerang darah ini juga diduga berkaitan dengan peningkatan kadar IGF-I pada tikus kurang gizi yang diberi kerang darah. Hal ini karena IGF-I beraksi pada reseptor membran spesifik untuk menstimulasi proliferasi atau fungsi khusus dari tipe sel yang berdeferensiasi (Nissley

dkk, 1991). *Insulin like growth factor-I* (IGF-I) diketahui mempengaruhi proliferasi dan diferensiasi berbagai tipe sel termasuk kondrosit dan sel prekursor oestebblas (Schmid dkk, 1984, Van Wyk, 1984). Schlechter (1986) mengemukakan bahwa infus IGF-I dapat meningkatkan lebar lempeng epifisis dan pertumbuhan tulang panjang.

Memperbaiki Kadar Kalsium

Kalsium merupakan mineral yang penting bagi manusia, jumlahnya sekitar 1-2 persen berat badan manusia, dari jumlah ini 99% berada di dalam jaringan keras, yaitu tulang dan gigi (Almatsier, 2004). Dalam darah kalsium terikat pada protein yang beredar, sebagai besar albumin dan yang lainnya terikat pada globulin. Kadar kalsium serum meliputi kalsium terikat protein dan ion kalsium bebas, hanya kalsium dalam bentuk ion mempunyai arti biologik. Penderita yang mempunyai kadar protein rendah juga mempunyai kadar kalsium total yang rendah tetapi secara fisiologis tidak mengalami hipokalssemia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tikus normal mempunyai kadar kalsium dalam kisaran normal, yaitu 11,18 mg/dL. Sebagaimana pendapat Johnson-Delaney (1996), yang menyatakan bahwa kadar kalsium dalam darah pada tikus normal adalah sebesar 11-13 mg/dL. Kadar kalsium darah pada kondisi normal selalu dipelihara oleh berbagai faktor sehingga tetap dalam jumlah yang diperlukan oleh tubuh, hal ini bertujuan agar tubuh tidak mengalami kekurangan kalsium (hipokalsemia) ataupun kelebihan kalsium (hiperkalsemia). Sauberlich (1999) menyatakan bahwa kadar kalsium serum

dikontrol secara ketat oleh berbagai faktor termasuk asupan gizi yang diterima tubuh dan dipertahankan dalam batasan yang sempit.

Kelompok tikus diet rendah protein yang diberi tepung kerang mengalami kenaikan kadar kalsium serum secara signifikan (Solang, 2017). Rata-rata kadar kalsium serum kelompok kontrol normal adalah $11,18 \pm 0,20$ mg/L, sedangkan rata-rata kadar kalsium serum pada kelompok diet rendah protein adalah $7,67 \pm 1,31$ mg/dL). Sementara itu, rata-rata kadar kalsium pada kelompok tikus diet rendah protein yang diberi tepung kerang darah 2,5 g, 5 g, dan 10 g adalah $10,41 \pm 0,79$ mg/dL, $9,19 \pm 0,84$ mg/dL, dan $9,02 \pm 0,37$ mg/dL (Tabel 4.3).

Tabel 4.3. Rata-rata Kadar Kalsium Serum (mg/L) Tikus diet rendah protein yang diberi Tepung Kerang Darah

No.	Perlakuan	Rata-rata Kadar kalsium serum (mg/dL)	Penurunan Kadar kalsium serum (%)	Peningkatan Kadar kalsium serum (%)	Nilai p
1	Kontrol normal	$11,18 \pm 0,20^a$	0	-	
2	Diet rendah protein	$7,67 \pm 1,31^c$	31,40	-	
3	Tepung kerang darah 2,5 g /pakan/ hari	$10,41 \pm 0,79^a$	-	35,72	

Tepung kerang darah 5 g/ pakan/hari	9,19 ± 0,84 ^b	-	19,88	0,003
Tepung kerang darah 10 g/pakan/ hari	9,02 ± 0,37 ^b	-	17,60	

Sumber: (Solang, 2017).

Kadar kalsium serum kelompok diet rendah protein mengalami penurunan 31,40% dari kadar kalsium kelompok control normal. Pemberian tepung kerang darah menunjukkan adanya perbaikan kadar kalsium serum tikus diet rendah protein. Kelompok diet rendah protein yang diberi tepung kerang darah 2,5 g, 5 g, dan 10 g masing-masing mengalami peningkatan kadar kalsium serum 35,72%, 19,88% dan 17,60%. Pemberian tepung kerang darah 2,5 g menunjukkan peningkatan kadar kalsium tertinggi diantara perlakuan lainnya. pemberian tepung kerang darah meningkatkan kadar kalsium serum tikus yang diberi diet rendah protein ($p = 0,03$). Selanjutnya hasil uji LSD menunjukkan bahwa rata-rata kadar kalsium serum tikus diet rendah protein berbeda secara signifikan dengan kelompok diet rendah protein yang diberi tepung kerang darah. Kadar kalsium serum tikus diet rendah protein yang di beri tepung kerang darah 5 g dan 10 g berbeda secara signifikan dengan kelompok yang diberi 2,5 g tepung kerang darah (Tabel 4.3).

Kenaikan kadar kalsium serum ini disebabkan tepung kerang darah yang diberikan pada tikus mengandung protein dan kalsium yang cukup tinggi sehingga meningkatkan ketersediaan kalsium bagi tubuh. Kenaikan kadar kalsium tertinggi pada kelompok yang diberi 2,5 g tepung kerang darah. Perbaikan kadar kalsium serum pada tikus uji ini juga diduga berkaitan dengan homeostasis kalsium yang melibatkan hormon paratiroid (Giannini dkk, 1999; Kerstetter dkk, 2003). Paratiroid akan menstimulasi ginjal untuk melakukan reabsorpsi kalsium dan juga menghasilkan vitamin D spesifik berupa protein 1,25 dehidroksikalsiferol di jejenum untuk meningkatkan absorpsi kalsium secara transport aktif (Murray dkk, 2003).

Memperbaiki Pertumbuhan Tulang Panjang

Pertumbuhan dan perkembangan tulang sangat terkait erat dengan metabolisme tubuh. Tulang panjang terdiri dari batang tebal panjang yang disebut diafisis dan ujung tulang yang disebut epifisis. Femur merupakan salah satu tulang panjang.

Tabel 4.4. Rata-rata Panjang Femur (mm) Tikus Uji yang diberi Tepung Kerang Darah

No.	Variabel Panjang Femur	Rata-rata Panjang Femur (mm)	Penurunan Panjang Femur (%)	Peningkatan Panjang Femur (%)	Nilai p
1	Kontrol normal	33,96± 0,62 ^a	0	-	
2	Diet rendah protein	29,93 ± 1,38 ^b	11,87	-	
3	Tepung kerang darah 2,5 g /pakan/ hari	32,67 ± 1,04 ^c	-	8,39	
4	Tepung kerang darah 5 g/ pakan/hari	32,95 ± 1,04 ^{ac}	-	9,17	0,000
5	Tepung kerang darah 10 g/pakan/ hari	33,24 ± 0,93 ^{ac}	-	9,96	

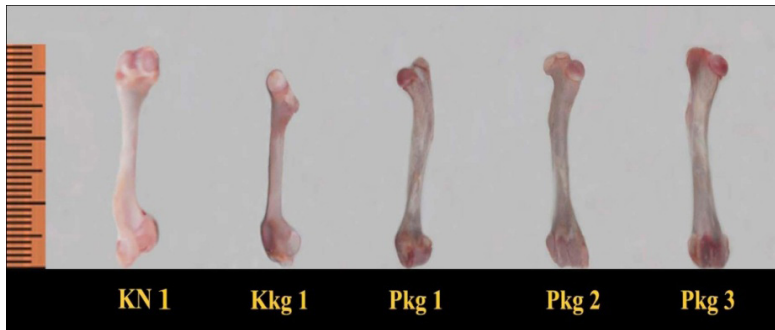
Sumber: Solang, (2017).

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan Uji LSD pada Taraf 5%,

Hasil penelitian Solang, (2017), menjelaskan bahwa pakan yang suplementasi tepung kerang darah dapat meningkatkan

panjang femur tikus diet rendah protein. Rata-rata panjang femur kelompok kontrol diet rendah protein mengalami penurunan 11,87 % dari panjang femur kelompok kontrol normal. Rata-rata panjang femur tikus diet rendah protein yang diberi tepung kerang darah terlihat mengalami peningkatan dibanding kelompok kontrol diet rendah protein. Panjang femur kelompok yang diberi tepung kerang darah 2,5 g, 5 g, dan 10 g masing-masing meningkat 8,39%, 9,17% dan 9,96% (Tabel 3.4). Sementara itu, morfologi femur kelompok diet rendah protein yang diberi tepung kerang darah dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Peningkatan panjang femur akibat pemberian tepung kerang darah diduga karena adanya protein, kalsium, dan zink yang tinggi pada tepung kerang darah. Protein yang tinggi dapat meningkatkan absorpsi kalsium dan zink sehingga meningkatkan ketersediaan kalsium dan zink dalam tubuh. Mekanisme yang mungkin dapat menjelaskan peningkatan panjang femur akibat pemberian kerang darah, yaitu adanya ketersediaan zink dalam tubuh akibat pemberian tepung kerang darah sehingga mengoptimalkan peran zink dalam pertumbuhan tulang femur tikus diet rendah protein. Peran zink terhadap pertumbuhan tulang femur diduga berkaitan dengan partisipasi zink dalam sintesis DNA. Zink merupakan komponen penting dari struktur *zinc-finger protein*. Kehadiran zink dalam protein ini sangat penting untuk mengikat sisi-spesifik DNA dan ekspresi gen. Peranan zink ini didukung oleh keberadaan zink di tulang yang memiliki konsentrasi lebih tinggi dibanding di jaringan lainnya (Ovesen dkk, 2004).



Gambar 4.7. Morfologi femur tikus diet rendah protein yang diberi tepung kerang darah. Keterangan: KO = kontrol normal, K1= Diet rendah protein, P 1= diberi tepung kerang darah 2,5 g, P2= diberi tepung kerang darah 5 g, P 3= di beri tepung kerang darah 10 g.

Konsentrasi zink di tulang hingga 300 $\mu\text{g/g}$ dan diketahui merupakan faktor penting dalam metabolisme tulang (Grynpsas dkk, 1987 dalam Rossi dkk, 2001). Zink terdapat dalam osteoid tulang, membran sinovial dan kartilago dan suplementasi zink dapat meningkatkan metabolisme tulang pada tikus. Peningkatan metabolisme tulang ditunjukkan oleh peningkatan lebar epifisis, peningkatan panjang tulang femur dan berat badan (Ovesen dkk, 2004).

Selain itu, peningkatan panjang femur ini diduga terkait dengan peningkatan kadar kalsium dalam darah tikus uji yang diberi tepung kerang darah. Peningkatan kadar kalsium dalam darah tikus uji ini akan direspon oleh tubuh untuk menghasilkan hormon kalsitonin oleh organ tiroid. Hormon

kalsitonin merangsang pembentukan osteoblas di tulang. Osteoblas menghasilkan osteonektin untuk mengikat kalsium dalam darah dalam bentuk hidroksiapatid. Kemudian menghasilkan osteokalsin untuk proses mineralisasi dalam tulang. Kalsium dapat mempengaruhi proliferasi osteoblas sehingga mempengaruhi pertumbuhan tulang (Huang dkk, 2001).

Sebagai Anti Bakteri

Kerang darah merupakan salah satu organisme laut yang memiliki kemampuan toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Kerang darah mengandung zat kimia yang diduga berpotensi sebagai obat dengan efikasi dan spesifikasi yang lebih besar pada pengobatan beberapa penyakit pada manusia (Faulkner, 2001). Kerang darah mengandung komponen bioaktif yang memiliki aktivitas antibakteri dengan spectrum yang luas untuk melawan bakteri patogen. Zona hambat yang ditunjukkan oleh aktivitas ekstrak kasar kerang darah dapat dilihat pada Tabel 4.5. Hasil penelitian Ramasamy dan Balasubramanian (2012) memperlihatkan bahwa zona hambat yang dihasilkan oleh aktivitas antibakteri ekstrak kasar kerang darah bervariasi antara 10 - 16 mm. Berdasarkan zona hambat yang dihasilkan terlihat bahwa ekstrak kasar kerang darah memiliki menunjukkan aktivitas tertinggi melawan *Pseudomonas aeruginosa*.

Ramasamy dan Balasubramanian (2012) juga menemukan 12 komponen bioaktif dari ekstrak kerang darah, yaitu senyawa furan, asam palmitat, ester asam lemak, asam stearat, keton,

senyawa fenol dan senyawa *plasticizer*. Hasil analisis dengan menggunakan *Gas chromatography – Mass spectrum* (GC-MS) menunjukkan bahwa kerang darah memiliki senyawa ester asam lemak kompleks. 4,7,10,13,16,19-*Docosahexaenoic acid* merupakan asam yang memiliki kemampuan sebagai antidiabetes, antiasthma, antikanker dan anti penyakit jantung. Sementara senyawa fenol memiliki sifat analgesik, anestetik, antioksidan, antiseptik, antibakteri, antitumor dan pencegahan kanker. Komponen bioaktif yang terdapat pada kerang darah dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5. Zona hambat (mm) ekstrak kasar kerang darah pada bakteri patogen

No.	Patogen	Zone hambat (mm)	
		Ekstrak kerang darah	Standard
1	<i>Staphylococcus aureus</i>	16	20
2	<i>Streptococcus faecalis</i>	13	17
3	<i>E. coli</i>	10	14
4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	16	17

Sumber: Ramasamy dan Balasubramanian (2012)

Table 4.6. Komposisi Bioaktif pada *Anadara granosa*

No	RT	Name of the compound	Molecular formula	MW	Peak area%	Compound nature	Activity**
1.	13.91	3-Phenyl-2,3-dihydrobenzo[b]furan-2-ol	$C_{14}H_{12}O_2$	212	2.15	Furan compound	Antimikroba
2.	16.60	Methyl 5-(2-phenylpropionyl) hexanoate	$C_{16}H_{22}O_3$	262	0.45		
3.	17.29	n-Hexadecanoic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	256	4.31	Palmitic acid	Antioksidan, Hypochol- lesterolemic
							Nematisida
							Pestisida
							Lubricant
							Anti androgenik
							Flavor
							Hemolitik
4.	17.65	Hexadecanoic acid, ethyl ester	$C_{18}H_{36}O_2$	284	2.70	Fatty acid ester	-do-
5.	19.75	Octadecanoic acid, methyl ester	$C_{19}H_{38}O_2$	298	0.36	Fatty acid ester	Tidak ada aktifitas yang dilaporkan
6.	20.42	Octadecanoic acid	$C_{18}H_{36}O_2$	284	3.59	Stearic acid	Tidak ada aktifitas yang dilaporkan

No	RT	Name of the compound	Molecular formula	MW	Peak area%	Compound nature	Activity**
7.	20.79	Octadecanoic acid, ethyl ester	$C_{20}H_{40}O_2$	312	3.42	Fatty acid ester	Tidak ada aktifitas yang dilaporkan
8.	24.33	Methanone(1,4-dimethyl-7-(1-methylethyl)-2-azulenyl) phenyl-	$C_{22}H_{22}O$	302	3.17	Ketone	Tidak ada aktifitas yang dilaporkan
9.	24.54	Methanone,[2-(1-methylethyl) Phenyl]phenyl-	$C_{16}H_{16}O$	224	2.96	Ketone	Tidak ada aktifitas yang dilaporkan
10.	24.86	4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid, methyl ester, (all-z)-	$C_{23}H_{34}O_2$	342	0.95	Fatty acid ester	Antidiabetes Anti asma Antikanker Anti penyakit jantung

No	RT	Name of the compound	Molecular formula	MW	Peak area%	Compound nature	Activity**
11.	25.24	Phenol, 2,4-bis (1-phenylethyl)-	$C_{22}H_{22}O$	302	9.57	Phenolic compound	Analgesik, Anestetik, Antioksidan, Antiseptik, Antibakteri, Antiviral Diuretik
12.	26.20	1,2-Benzenedicarboxylic acid, diisooctylester	$C_{24}H_{38}O_4$	390	66.36	Plasticizer compound	Mencegah kanker, Fungisida, Rodentisida Emetik, Vasodilator
							Antimikroba Anti fouling

Sumber: (Ramasamy dan Balasubramanian (2012)

Pengujian kemampuan ekstrak kerang darah sebagai antibakteri juga dilakukan oleh Daluningrum, 2009 yang membuktikan bahwa ekstrak kerang darah 2% yang menggunakan pelarut etil asetat mampu menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli*. Ekstrak kerang darah ini memiliki daya hambat sedang, yang ditunjukkan oleh besarnya diameter zona hambat yang dihasilkan, yaitu 6 mm. Ekstrak kerang darah ini juga mampu menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* dengan diameter zona hambat sebesar 7 mm. Sementara itu, ekstrak kerang darah yang menggunakan pelarut metanol tidak menunjukkan aktivitas penghambatan baik pada pertumbuhan *E. coli* maupun *S. aureus* (Tabel 4.7).

Tabel 4.7. Aktivitas antibakteri ekstrak kerang darah pada konsentrasi 2%

Jenis bakteri	Diameter zona hambat		
	Ekstrak kerang darah dengan pelarut etil asetat	Ekstrak kerang darah dengan pelarut metanol	Kontrol (kloramfenikol)
<i>E. coli</i>	6	-	23
<i>S. aureus</i>	7	-	28

Sumber: Daluningrum, 2009.

Menjaga Kesehatan Reproduksi Pria

Kerang darah mengandung zat gizi yang diperlukan untuk kesehatan, khususnya kesehatan reproduksi pada manusia. Hasil penelitian Ferial dkk, (2012) menunjukkan bahwa pemberian gizi kerang darah *A. granosa* L. dosis 2 X 1 kapsul/hari memiliki efektivitas yang lebih baik daripada dosis 1 x 1 kapsul/hari dalam memperbaiki kualitas spermatozoid. Kualitas spermatozoa yang diberi ekstrak kerah darah dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Rerata pada Pemeriksaan Makroskopik dan Mikroskopik Post-test dan Pre-test Pada Kelompok Perlakuan Dengan Pemberian Gizi Kerang Darah Dosis 1 x 1 kapsul/hari dan 2 x 1 kapsul/hari

Pemeriksaan	1 x 1 kapsul/ hari	2 x 1 kapsul/hari
Volume (ml)	0.58333	0.791667
pH	-0.5167	-0.75
Jumlah (juta/ spermatozoid)	16.6667	43.33333
Viabilitas (cm)	43.75	38.75
Liquefaksi (menit)	-11.333	-11.25
Viskositas (cm)	-0.3545	-0.3
Konsentrasi (juta/ml)	8.33333	9.460317

Sumber: Ferial dkk, 2012.

Pemanfaatan kerang darah untuk memperbaiki kualitas sperma juga dilakukan oleh Nirmalasari (2017). Nirmalasari, (2017) bahwa pemberian nutrisi kerang darah (*A. granosa*, L)

sebagai pakan mencit *M. musculus*, L dapat meningkatkan kepadatan spermatozoa. Mencit yang diberi kerang darah terlihat memiliki tingkat kepadatan spermatozoa sebesar 115,3 x 10⁴ sel/ml sedangkan mencit kontrol (yang tidak diberi kerang darah) memiliki tingkat kepadatan rerata spermatozoa pada mencit kontrol 105,25 x 10⁴ sel/ml.

PRODUK PANGAN DARI KERANG DARAH

Kerupuk

Pengertian Kerupuk

Kerupuk merupakan makanan kecil yang dapat dikonsumsi sebagai makanan selingan maupun sebagai variasi dalam lauk pauk. Kerupuk merupakan makanan kudapan yang sangat populer, mudah cara pembuatannya, beragam warna dan rasa, disukai oleh segala lapisan usia dan masyarakat di Indonesia. Beberapa orang yang tidak menyukai kerupuk karena rasanya hanya asin saja. Beberapa orang lagi beranggapan bahwa kerupuk yang dijumpai pada umumnya tidak diolah dengan higienis.

Komoditi kerupuk, merupakan bahan pangan yang terus dibutuhkan bagi kebutuhan konsumsi masyarakat, tidak hanya di pedesaan, namun juga di perkotaan untuk berbagai keperluan, seperti : teman makan nasi/lauk-pauk di rumah tangga, di restoran/rumah-makan, hotel, pada acara-acara di perumahan seperti : arisan keluarga, pesta pernikahan, selamat kelahiran dan ulang tahun dan sebagainya.

Kerupuk adalah makanan kering, yang terbuat dari tepung tapioka atau sagu dengan atau tanpa penambahan bahan makanan dan bahan tambahan makanan lain yang diizinkan,

yang disajikan dengan cara menggoreng atau memanggangnya terlebih dahulu. Bahan tambahan lain yang dapat ditambahkan pada adonan tepung tapioka adalah udang, ikan, kerang dan lain sebagainya. Sebagai komoditi dagangan kerupuk termasuk ke dalam jenis produk industri yang mempunyai potensi cukup baik. jenis makanan ini tidak hanya di kenal dan dikonsumsi di negara kita, tetapi juga di negara – negara Asia lainnya seperti Malaysia, Singapura, Cina dan lain- lain. Namun, besar kemungkinan jenis produk ini berasal dari Cina, yang kemudian disebar-luaskan berkat adanya hubungan dagang dan perpindahan penduduk dari negeri Cina ke negara-negara Asia lainnya.

Kerupuk mempunyai tekstur kering dan renyah, memiliki berbagai macam warna, bentuk, ketebalan, dan rasa mengikuti bahan dasar yang digunakan. Salah satu faktor utama yang menentukan mutu kerupuk adalah kerenyahannya (dalam bahasa sunda disebut “rangu”). Semua konsumen menginginkan kerupuk yang renyah, artinya yang menimbulkan bunyi sewaktu digigit dan dikunyah. Penyimpanan kerupuk yang baik (mentah maupun telah digoreng) adalah dalam wadah tertutup rapat, di tempat yang tidak lembab. Apabila kerupuk mentah disimpan di tempat yang lembab, pada suatu saat akan ditumbuhi oleh jamur, sehingga tidak dapat dikonsumsi lagi. Sedangkan kerupuk yang sudah digoreng selain kerenyahannya akan hilang (menjadi lemas atau lembek) juga seringkali berbau tengik akibat terjadinya penguraian minyak dan bereaksinya minyak dengan udara (Koswara, 2009).

Kerupuk bersifat kering, ringan, dan porous, yang terbuat dari bahan-bahan yang mengandung pati cukup tinggi. Selama penggorengan kerupuk mengalami pengembangan volume membentuk produk yang porus dan mempunyai densitas rendah. Pada proses penggorengan akan terjadi penguapan air yang terikat dalam gel pati akibat peningkatan suhu dan dihasilkan tekanan uap yang mendesak gel pati sehingga terjadi pengembangan dan sekaligus terbentuk rongga-rongga udara pada kerupuk yang telah digoreng. Penggorengan kerupuk biasanya dilakukan dengan menggunakan minyak. Minyak berfungsi sebagai media panas, meratakan suhu dan berperan sebagai pemberi rasa gurih.

Jenis Kerupuk

Jenis – jenis kerupuk yang beredar dipasaran memiliki nama yang beraneka ragam biasanya disesuaikan dengan bahan dasar atau bahan campuran yang digunakan. Berdasarkan bahan-bahan pemberi rasa yang digunakan dalam pengolahannya, dikenal kerupuk udang, kerupuk ikan, kerupuk terasi dan beberapa jenis lainnya.

Berdasarkan cara pengolahan, rupa dan bentuk kerupuk dikenal beberapa kerupuk seperti kerupuk mie, kerupuk kemplang, kerupuk atom dan lain sebagainya. Disamping itu berdasarkan tempat atau daerah penghasil dikenal pula kerupuk Sidoardjo, kerupuk Surabaya dan kerupuk Palembang. Selain itu, Standar Nasional Indonesia juga mengklasifikasikan kerupuk berdasarkan ada atau tidaknya sumber protein. Kerupuk yang bersumber protein diantaranya kerupuk hasil

laut, sedangkan kerupuk tidak bersumber protein, yaitu kerupuk nabati

Selera produsen kerupuk memengaruhi bahan dan komposisi yang digunakan dalam pembuatan kerupuk. Bahan yang paling banyak digunakan adalah tepung tapioka, kemudian ikan, udang, kerang, air, gula, dan garam serta MSG dalam jumlah sedikit. Berdasarkan komposisi bahan yang digunakan, kandungan utama kerupuk adalah zat pati, kemudian sedikit protein (yang berasal dari ikan, kerang, dan udang), serta mungkin beberapa jenis vitamin dan mineral (yang mungkin berasal dari ikan, kerang, dan udang).

Nilai Gizi Kerupuk

Kerupuk yang beredar dipasaran pada umumnya merupakan sumber karbohidrat dan lemak apabila telah digoreng. Penambahan gizi kerupuk dapat dilakukan dengan menambahkan ikan, udang, dan lain-lain. Berbagai usaha telah dilakukan untuk memperbaiki nilai gizi kerupuk. Pemberian nama kerupuk disesuaikan dengan sumber protein yang digunakan. Mutu kerupuk telah ditetapkan berdasarkan Standar Nasional Indonesia seperti yang terdapat pada Tabel 5.1.

Kadar protein kerupuk mentah bervariasi dari 0.97 sampai 11.04 % berat basah (dengan kadar air yang bervariasi dari 9.91 sampai 14 %). Kadar pati kerupuk bervariasi dari 10.27 sampai 26.37 % berat basah. Sementara untuk kerupuk yang telah digoreng memiliki kadar air 1.05 sampai 5.48 %, sedangkan kadar lemak yang asalnya sekitar 1.40 sampai

12.10 % menjadi sekitar 14.83 sampai 25.33 % berat basah (Koswara, 2009). Komposisi zat gizi kerupuk mengalami perubahan setelah digoreng, diduga karena hilangnya sebagian kadar air dan masuknya minyak goreng.

Kandungan gizi kerupuk berbeda-beda tergantung bahan campuran yang digunakan. Kerupuk ikan tenggiri memiliki kadar protein 2,09% - 20,71%; lemak 0,14% - 3,01%; air antara 4,99% - 8,81%; abu 0,42% - 2,86%; karbohidrat 68,43% - 88,54%; kerenyahan 565,24 gf – 939,18 gf; daya kembang 28,58% - 121,14% dan daya serap minyak 6,87% - 31,55% (Zulfahmi, 2014). Kerupuk bawang yang disubstitusi kentang hitam mengandung 40,62 mg kalsium, 35,23 mg Fosfor, 28,52 mg vitamin C. Kerupuk ikan patin mengandung 5,2-10,90% protein, 6 sampai 7% kadar air, 0,42 sampai 0,77% kadar lemak, dan 0,82% kadar abu (Hustiany, 2005).

Kerupuk adalah makanan kering yang dibuat dari pati (tapioka atau tepung sagu) dengan atau tanpa penambahan bahan makanan atau bahan tambahan makanan lain yang diinginkan, yang disiapkan dengan cara menggoreng atau memanggang (SNI, 1999). Kerupuk dikenal sebagai teman makan nasi ataupun sebagai makanan kecil (snack). umumnya kerupuk merupakan sumber karbohidrat, sehingga diperlukan peningkatan nilai gizinya terutama kandungan protein. Syarat mutu kerupuk berdasarkan SNI (1999) dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Syarat Mutu Kerupuk Berdasarkan Standar Nasional Indonesia

Uraian	Satuan	Persyaratan
Rasa dan aroma	-	Khas kerupuk ikan
Serangga dalam bentuk stadia dan potongan-potongan serta benda asing	-	Tidak nyata
Kapang	-	Tidak nyata
Air	%	Maksimal 11
Abu tanpa garam	%	Maksimal 1
Protein	%	Minimal 6
Lemak	%	Minimal 0,5
Serat kasar	%	Maksimal 1
Bahans tambahan makanan	-	Tidak ternyata atau sesuai peraturan atau sesuai dengan peraturan yang berlaku
Cemaran logam berbahaya (Pb, Cu, Hg)	-	Tidak ternyata atau sesuai peraturan atau sesuai dengan peraturan yang berlaku
Cemaran Arsen (As)	-	Tidak ternyata atau sesuai peraturan atau sesuai dengan peraturan yang berlaku

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (1999).

Bahan pembuatan kerupuk dibagi menjadi dua, yaitu bahan baku dan bahan tambahan. Bahan baku adalah bahan yang digunakan dalam jumlah besar dan fungsinya tidak dapat digantikan oleh bahan lain. Sumber bahan baku yang digunakan dalam pembuatan kerupuk adalah bahan pangan yang mengandung karbohidrat cukup tinggi yaitu pati. Bahan

baku yang paling banyak digunakan dalam pembuatan kerupuk adalah tepung tapioka atau sagu. Bahan baku tambahan adalah bahan baku penolong dan bahan baku penambah cita rasa, seperti tepung ikan, udang ataupun tepung tulang rawan (Wirnarno, 1984).

Kerupuk Kerang Darah

Kerupuk merupakan salah satu alternatif pengolahan kerang darah. Produk kerang darah yang diaplikasikan dalam pembuatan kerupuk berbentuk tepung. Pemilihan bahan dasar berbentuk tepung kerang darah ini karena tepung lebih mudah untuk diaplikasikan sebagai bahan dasar dalam pembuatan jajanan anak-anak yang berada di wilayah yang jauh dari daerah pantai yang menghasilkan kerang darah. Berikut dijelaskan kandungan gizi dan logam berat kerupuk kerang darah (Solang dkk, (2015).

Kandungan Zink Kerupuk Kerang Darah

Bahan pangan sumber zink antara lain daging, tiram, keju, kepiting, dan kerang kerangan, susu dan kacang-kacangan. Kerang merupakan sumber alternatif zink dan memiliki rasio zink terhadap protein lebih tinggi dibanding susu, unggas, dan ikan (Kaji dan Nishi, 2006).

Hasil penelitian Solang dkk, (2015) menunjukkan bahwa kerupuk kerang darah memiliki kandungan mineral zink. Rata-rata kadar zink kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% adalah 3,795 ppm, 3,914 ppm, 3,971 ppm, 4,136 ppm, dan 4,209 ppm. Sementara itu,

rata-rata kadar *zink* kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah 5%, 10%, 15%, dan 20% masing meningkat 3,1%, 4,6%, 8,9%, dan 10,9% dari kontrol. Kadar *zink* tertinggi terdapat pada pelakuan suplementasi tepung kerang darah 20%. Hasil uji ANOVA ($p = 0,005$) menunjukkan bahwa suplementasi tepung kerang darah meningkatkan secara signifikan kadar *zink* kerupuk ($p = 0,001$). Hasil uji BNT menunjukkan bahwa suplementasi tepung kerang darah 15% memiliki kadar *zink* yang berbeda dengan perlakuan 0%, 5% dan 10%, namun tidak berbeda dengan suplementasi 20% (Tabel 5.2). Peningkatan kadar *zink* kerupuk pada penelitian ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi tepung kerang darah. Sebagaimana hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suplementasi tepung kerang darah pada bahan dasar kerupuk maka semakin meningkat kadar *zink* kerupuk.

Tabel 5.2. Kadar *zink* (ppm) kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD kadar <i>zink</i>	Peningkatan kadar <i>zink</i> (%)	Nilai p
Kontrol	3,795 $\pm$ 0,093 ^a	-	
Tepung kerang darah 5%	3,914 $\pm$ 0,059 ^a	3,1	0,001
Tepung kerang darah 10%	3,971 $\pm$ 0,063 ^{ab}	4,6	
Tepung kerang darah 15%	4,136 $\pm$ 0,065 ^c	8,9	
Tepung kerang darah 20%	4,209 $\pm$ 0,108 ^c	10,9	

Keterangan: $p < 0,005$ = signifikan, Huruf yang berbeda berarti berbeda signifikan berdasarkan uji BNT (0,05).

Kadar zink yang terdapat pada kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah berkisar antara 3,914 ppm sampai 4,209 ppm, ini setara dengan kadar zink pada ikan (4 mg/kg basah) dan susu (3-5 mg/kg basah) (Ensminger, 1995). Hal ini menunjukkan bahwa kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah merupakan jenis bahan makanan sumber zink. Zink yang tinggi dan protein yang tinggi pada kerupuk kerang darah diduga dapat menyebabkan absorpsi zink dari kerupuk yang dikonsumsi menjadi lebih tinggi dibanding zink yang terdapat pada kerupuk kontrol.

Kandungan Protein Kerupuk

Rata-rata kadar protein kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% berturut-turut adalah 2,568%, 5.168%, 5,575%, 5,910%, dan 8,467%. Konsentrasi protein kerupuk tertinggi terlihat pada suplementasi 20%. Persentase peningkatan kadar protein yang disuplementasi tepung kerang darah 5%, 10%, 15%, dan 20% dibandingkan kontrol adalah 101,2%, 117,1%, 130,4%, dan 229,7%. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa suplementasi tepung kerang darah meningkatkan kadar protein kerupuk secara signifikan (0,005). Hasil uji BNT menunjukkan bahwa suplementasi tepung kerang darah berbeda secara signifikan antar perlakuan (Tabel 4.3).

Tabel 5.3. Kadar protein (%) kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah

Perlakuan	Rata-rata± SD kadar protein	Peningkatan kadar protein (%)	Nilai <i>p</i>
Kontrol	2,568±0,004 ^a	-	
Tepung kerang darah 5%	5.168± 0,038 ^b	101,2	0,000
Tepung kerang darah 10%	5,575± 0,031 ^c	117,1	
Tepung kerang darah 15%	5,910± 0,027 ^d	130,4	
Tepung kerang darah 20%	8,467± 0,205 ^e	229,7	

Keterangan: $p < 0,005$ = signifikan, Huruf yang berbeda berarti berbeda signifikan berdasarkan uji BNT (0,05).

Kadar protein kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah dalam kisaran kadar protein kerupuk mentah, yaitu 0,97% sampai 11% (Koeswara, 2009). Selain itu, kadar kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah memenuhi standar kadar protein kerupuk ikan, yaitu minimal 5 (Depatemen perindustrian, 1976 dalam Koswara, 2009). Ini juga sesuai dengan SNI 01-2713-2002 yang menunjukkan bahwa kadar protein kerupuk ikan dipasaran maksimal 6% sedangkan menurut (SNI 2713.1-2009), kadar protein minimum dalam kerupuk mentah sebesar 5%. Sementara itu kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah 20% memiliki kadar protein 8%, ini memenuhi minimal 6 (SNI,

1996). Dengan demikian kadar protein kerupuk yang diperoleh dari hasil uji proksimat sudah memenuhi SNI 2713.1-2009, sehingga kerupuk tepung darah tersebut dapat dikatakan sebagai kerupuk sumber protein.

Perbedaan kandungan kadar protein pada kerupuk yang dihasilkan dipengaruhi oleh proporsi suplementasi tepung kerang darah dengan tepung tapioka yang dicampurkan. Prinsipnya, zat pada tepung tapioka mengandung materi antara (yaitu lipid dan protein). Lipid dan protein yang terkandung pada Tepung Tapioka jika dicampurkan dengan tepung kerang darah pada suhu gelatinisasi menyebabkan pembengkakan granula pati (Winarno, 1997). Hal ini dapat mempengaruhi tekstur kerupuk seperti yang terlihat pada hasil penelitian ini (Tabel 4.3).

Kandungan Lemak Kerupuk

Rata-rata kadar lemak kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% adalah 2,226, 2,365, 2,408, 2,558, dan 2,598. Presentase peningkatan kadar lemak kerupuk yang disuplementasi 5%, 10%, 15%, dan 20% dibanding kontrol berturut-turut adalah 6,2%, 8,2%, 14,9%, dan 16,7%. Hasil uji ANOVA menunjukkan suplementasi kerang darah meningkatkan kadar lemak kerupuk secara signifikan ($p = 0,000$). Hasil uji LSD bahwa suplementasi kerang darah 15% tidak berbeda nyata dengan kelompok kerupuk yang disuplementasi 20% (Tabel 5.4).

Tabel 5.4. Kadar lemak (%) kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD kadar lemak	Peningkatan kadar lemak (%)	Nilai p
Kontrol	2,226 $\pm$ 0,103 ^a	-	
Tepung kerang darah 5%	2,365 $\pm$ 0,011 ^a	6,2	0,000
Tepung kerang darah 10%	2,408 $\pm$ 0,004 ^b	8,2	
Tepung kerang darah 15%	2,558 $\pm$ 0,042 ^c	14,9	
Tepung kerang darah 20%	2,598 $\pm$ 0,013 ^c	16,7	

Keterangan: $p < 0,005$ = signifikan, Huruf yang berbeda berarti berbeda signifikan berdasarkan uji BNT (0,05).

Peningkatan kadar lemak kerupuk ini disebabkan peningkatan persentase suplementasi tepung kerang darah. Selain itu, disebabkan juga oleh pengadukan yang kurang kalis pada saat pengadonan sehingga menyebabkan adonan kurang kalis (Setiawan dkk, 2013). Kadar lemak kerupuk yang dihasilkan memenuhi syarat minimal kadar lemak yang telah ditetapkan oleh SNI (1999), yang menetapkan kadar lemak minimal untuk kerupuk ikan sebesar 0,5%.

Kadar Karbohidrat Kerupuk

Rata-rata kadar karbohidrat kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah 0%; 5%; 10%; 15%; dan 20% berturut-

turut adalah 78,622%, 76,747%, 79,472%, 81,169%, dan 78,534%. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa suplementasi tepung kerang darah berpengaruh signifikan terhadap kadar karbohidrat kerupuk. Hasil uji LSD menunjukkan bahwa suplementasi tepung kerang darah 10% dan 15% berbeda nyata dengan kontrol, tetapi perlakuan suplementasi 20% tidak berbeda dengan kontrol (Tabel 5.5).

Tabel 5.5. Kadar karbohidrat (%) kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD kadar karbohidrat	Penurunan karbohidrat (%)	Peningkatan kadar karbohidrat (%)	Nilai p
Kontrol	78,622 $\pm$,546 ^a		-	
Tepung kerang darah 5%	76,747 $\pm$,157 ^a	2,4	-	0,000
Tepung kerang darah 10%	79,472 $\pm$ 0,409 ^b	-	1,1	
Tepung kerang darah 15%	81,169 $\pm$ 0,243 ^c	-	3,2	
Tepung kerang darah 20%	78,534 $\pm$,414 ^a	0,1	-	

Keterangan: $p < 0,005$ = signifikan, Huruf yang berbeda berarti berbeda signifikan berdasarkan uji BNT (0,05).

Penurunan kadar karbohidrat kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah terlihat tidak linier dengan peningkatan persentase suplementasi tepung kerang darah, hal ini diduga karena proses pengadukan tepung kerang darah dan tepung tapioka yang tidak tercampur secara merata sehingga adonan yang diperoleh tidak homogen. Kadar karbohidrat kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah ini berkisar 76,747% - 81,169%. Penurunan kadar karbohidrat ini pada kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah diduga berasal dari tepung kerang darah yang memiliki kadar karbohidrat 32,974%, sedangkan tepung tapioka yang memiliki kadar karbohidrat 86,393%.

Kadar Plumbum (Pb)

Kerupuk merupakan makanan kudapan yang bersifat kering, ringan, dan porous, yang terbuat dari bahan-bahan yang mengandung pati cukup tinggi (Koswara, 2009). Kerupuk dibedakan menjadi dua bagian yaitu kerupuk sumber protein dan kerupuk bukan sumber protein. Kerupuk sumber protein merupakan kerupuk yang mengandung protein hewani maupun protein nabati. Kerupuk bukan sumber protein pada proses pembuatannya tidak ditambahkan bahan sumber protein seperti ikan, udang, kedelai, dan sebagainya contohnya kerupuk jengkol, kerupuk beras dan sebagainya (Badan Standar Nasional, 2009). Dengan adanya pemanfaatan kerang darah yang diolah menjadi tepung yang memiliki kandungan protein yang tinggi, yaitu 46,60% (Solang, dkk, 2015) dan

ditambahkan dalam pembuatan kerupuk diharapkan dapat menambah nilai gizi kerupuk.

Di sisi lain kerang darah yang memiliki kandungan protein yang tinggi ini, juga memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat seperti Pb dan Hg. Secara alami Pb dapat ditemukan pada tanah, tidak berbau dan tidak berasa. Plumbum dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk berbagai senyawa Pb, baik senyawa-senyawa organik seperti plumbum oksida (PbO), plumbum klorida (PbCl₂) dan lain lain. Sumber-sumber Pb antara lain cat usang, debu, udara, air, makanan, tanah yang terkontaminasi bahan bakar yang mengandung Pb (BSN, 2009).

Hasil penelitian menunjukkan tepung kerang darah mengandung Pb sebesar 0,1731 ppm. Kandungan Pb kerupuk yang disuplementasi kerang darah 5%, 10%, 15%, dan 20% masing-masing adalah 0,1593 ppm, 0,1627 ppm, 0,1693 ppm, dan 0,1740 ppm. Kandungan Pb kerupuk kontrol adalah 0,1581. Suplementasi tepung kerang darah 5%, 10%, 15%, dan 20% meningkatkan kadar Pb berturut-turut 0,75%, 2,9%, 4,5%, 10,05% dari kontrol. Suplementasi tepung kerang signifikan meningkatkan Pb kerupuk ($p=0.003$). Hasil uji LSD menunjukkan bahwa suplementasi tepung kerang darah 15% dan 20% berbeda nyata dengan kontrol. Kerupuk kontrol (tanpa suplementasi kerang darah) memiliki kadar Pb sebesar 0,1581 ppm (Tabel 5.6)

Tabel 5.6. Kadar Logam berat Pb (ppm) kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD kadar Pb	Peningkatan kadar Pb (%)	Nilai p
Kontrol	0,1581 $\pm$ 0,003 ^a	-	
Tepung kerang darah 5%	0,1593 $\pm$ 0,006 ^a	0,75	0,003
Tepung kerang darah 10%	0,1627 $\pm$ 0,004 ^a	2,9	
Tepung kerang darah 15%	0,1653 $\pm$ 0,002 ^{ab}	4,5	
Tepung kerang darah 20%	0,1740 $\pm$ 0,002 ^c	10,05	

Keterangan: $p < 0,005$ = signifikan, Huruf yang berbeda berarti berbeda signifikan berdasarkan uji BNT (0,05).

Kadar Pb ini diduga berasal dari bahan dasar pembuatan kerupuk, yaitu tepung tapioka yang memiliki kadar 0,169 ppm (Solang, 2015). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kadar Pb kerupuk yang disuplementasi kerang darah meningkat mengikuti peningkatan konsentrasi suplementasi tepung kerang darah. Perbedaan kadar Pb yang terkandung dalam kerupuk diduga berasal dari perbedaan tingkat konsentrasi tepung kerang darah. Hal ini karena tepung kerang darah memiliki kandungan Pb sebesar 0,1731 ppm (Solang dan Adriani, 2014).

Kandungan Pb pada tepung kerang darah dimungkinkan karena kerang darah memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat Pb (Umbara, dkk, 2006, DGHCP,2004). Kerang

darah dapat mengakumulasi logam berat karena sifatnya yang menetap, lambat untuk dapat menghindarkan diri dari pengaruh polusi, dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu.

Selain itu, kadar logam berat pada kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah juga diduga berasal dari tepung tapioka yang merupakan bahan dasar pembuatan kerupuk. Selain itu, Pb pada kerupuk kontrol dan yang disuplementasi tepung kerang darah diduga juga berasal dari alat-alat yang digunakan untuk mengolah kerupuk. (Saksono, 1986; Deman, 1997; DGHCP, 2004).

Badan Standar Nasional (2009) menetapkan batas cemaran logam berat Pb dalam kerang sebesar 1,5 mg/Kg. Sementara itu, batas cemaran logam berat Pb dalam makanan olahan adalah 0,25 mg/kg (BSN, 2009). Berdasarkan batas cemaran logam berat yang ditetapkan BSN (2009) maka kadar Pb dalam kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah berada di bawah batas aman. Batas toleransi konsumsi Pb per minggu, yaitu 1,75 mg atau 1750 µg/ 70 kg berat badan/ minggu (DGHCP, 2004). Berdasarkan hal ini, maka konsumsi kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah pada konsentrasi tertinggi adalah 10057 g/ 70 kg berat badan / minggu atau 1436,5 g / 70 kg berat badan / hari.

Kadar Merkuri (Hg)

Merkuri (Hg) merupakan salah satu logam yang toksik banyak ditemukan pada ikan dan produk pengolahannya. Merkuri yang terdapat pada seafood berada dalam bentuk

methylmercury. Kandungan methylmercury di dalam ikan dan kerang bervariasi ((DGHCP, 2004). Senyawa merkuri dapat ditemukan di udara, tanah dan dekat tempat-tempat kotor dan berbahaya (BSN, 2009). Lu (1995), menyatakan kadar merkuri dalam udara umumnya sangat rendah, kadarnya dalam air di daerah tidak tercemar sekitar 0,1 µg/L. Dalam makanan kadarnya sangat rendah, biasanya dalam rentang 5–20 µg/kg.

Kandungan merkuri (Hg) tepung kerang darah sebesar 0,0040 ppm. Rata-rata kadar Hg kerupuk kontrol adalah 0,0037 ppm, sedangkan yang disuplementasi tepung kerang darah 5%, 10%, 15%, dan 20% masing-masing adalah 0.0033 ppm, 0,0040 ppm, 0,0057 ppm, dan 0,0067 ppm. Suplementasi tepung kerang tidak signifikan meningkatkan kadar Hg kerupuk ($p=0.091$) (Tabel 5.7). Hasil penelitian, menunjukkan rata-rata kadar merkuri kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah mengalami peningkatan namun tidak signifikan. Kadar merkuri yang terdapat pada kerupuk kerang darah diduga berasal dari kerang darah. Hal ini karena kerang darah bersifat sessil dan *filter feeder* sehingga mampu mengakumulasi logam berat, diantaranya Hg.

Tabel 5.7. Kadar Logam berat Hg (ppm) kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah

Perlakuan	Rata-rata $\pm$ SD kadar Hg	Penurunan kadar Hg (%)	Peningkatan kadar Hg (%)	Nilai <i>p</i>
Kontrol	0,0037 $\pm$ 0,0005		-	
Tepung kerang darah 5%	0.0033 $\pm$ 0,0015	10,8		0,091
Tepung kerang darah 10%	0,0040 $\pm$ 0,0026		8,1	
Tepung kerang darah 15%	0,0057 $\pm$ 0,0011		54,05	
Tepung kerang darah 20%	0,0067 $\pm$ 0,0005		81	

Keterangan: $p < 0,005$ = signifikan, Huruf yang berbeda berarti berbeda signifikan berdasarkan uji BNT (0,05).

Selain itu, adanya Hg ini juga berasal dari tepung tapioka. Kadar Hg kerupuk tertinggi terdapat pada kerupuk yang disuplementasi tepung kerang darah sebesar 20%, yaitu 0,0067 ppm, dan suplementasi kerang darah dengan konsentrasi 5% menghasilkan kerupuk dengan Kadar Hg sebesar 0,0037. Sementara itu, kadar Hg kerupuk kontrol sebesar 0,0040. Kadar Hg dalam kerupuk kerang darah ini berada dalam kisaran 5-20 $\mu\text{g/kg}$ (Lu, 1995).

Batas cemaran logam Hg dalam makanan olahan adalah 0,03 mg/kg (BSN, 2009). Berdasarkan hal ini, maka kadar Hg dalam kerupuk yang disuplementasi kerang darah berada di bawah standar yang ditentukan, sehingga kerupuk kerang asal Gorontalo aman di konsumsi. Konsumsi kerupuk kerang darah ini harus memperhatikan batas toleransi konsumsi Hg per minggu, yaitu 0.35 mg/70 kg bb/ minggu atau 350 μ g/ 70 kg bb/ minggu (DGHCP, 2004). Berdasarkan hal ini maka konsumsi kerupuk kerang darah maksimum adalah 10057 g/ 70 kg berat badan / minggu atau 1436,5 g / 70 kg berat badan / hari.

VI

MINIMALISASI BAHAYA KANDUNGAN LOGAM KERANG DARAH

Kerang darah memiliki kandungan gizi yang penting bagi tubuh, namun juga memiliki potensi mengandung logam berat yang berbahaya bagi tubuh. Upaya menghindari logam berat masuk ke dalam tubuh setelah mengkonsumsi kerang perlu dilakukan, yaitu dengan memperhatikan batas aman kandungan logam berat pada makanan yang telah ditetapkan. Selain itu, juga memperhatikan cara pengolahannya. Upaya ini juga untuk mendukung keamanan pangan kerang darah dan sebagai kewaspadaan terhadap efek samping.

Depkes RI membatasi kadar Plumbum (Pb) maksimum dalam makanan 4 ppm, sedangkan FAO membatasi maksimum 2 ppm. Badan Standardisasi Nasional (2009) telah menetapkan batas cemaran maksimum logam berat dalam pangan, yaitu untuk logam berat Merkuri (Hg) dalam pangan adalah 1,0 mg/kg (1 ppm) dan logam berat Timbal (Pb) dalam pangan, yaitu 1,0 mg/kg (1 ppm).

Beberapa upaya penurunan logam berat pada kerang darah dapat dilakukan melalui perendaman dalam larutan asam dan perendaman dalam larutan kitosan. Metode perendaman kerang darah dalam larutan asam dan kitosan sebagai berikut.

Perendaman Dalam Larutan Asam

Salah satu cara yang dapat dilakukan oleh masyarakat konsumen kerang untuk mengurangi masuknya logam berat ke dalam tubuh, yaitu sebelum pengolahan kerang direndam dalam larutan asam cuka (asam asetat) 25% atau yang telah diencerkan, yang banyak ditemui dipasaran (Sari dan Keman, 2005). Hasil penelitian Adriyani dan Mahmudiono, (2009) menjelaskan bahwa kadar logam berat cadmium (Cd) dalam kerang darah setelah direndam dalam larutan asam cuka 12,5% adalah sebesar $1,12 \pm 0,13$ mg/kg dan setelah direndam dalam larutan asam cuka 25% adalah sebesar $0,88 \pm 0,07$ mg/kg. Perendaman kerang darah dalam larutan asam cuka 12,5% selama 1 jam menurun kadar cadmium (Cd) hingga 85,05% dari konsentrasi awal, sedangkan perendaman selama 2 jam kadar logam berat Cd dalam kerang darah turun hingga 76,69% dari konsentrasi awal.

Upaya penurunan logam berat pada kerang darah selain dengan asam cuka, dapat juga menggunakan belimbing wuluh. Hudaya (2010), menjelaskan bahwa perendaman kerang darah dalam belimbing wuluh selama 1 jam mampu menurunkan kadar Cd pada kerang darah sebesar 94,7%. Belimbing wuluh mampu menurunkan kadar Cd dalam kerang darah disebabkan oleh adanya asam sitrat yang berfungsi sebagai sekuestran, yaitu zat yang dapat mengikat logam.

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa asam asetat juga mampu menurunkan kadar logam berat pada kerang darah (Sianipar dkk, 2015). Asam asetat sebesar 25% memiliki daya reduksi yang terbesar (42,07%) terhadap kandungan Pb kerang

darah yang memiliki ukuran kecil. Untuk ukuran kerang darah sedang, penggunaan asam asetat 25% mampu menurunkan kadar Pb sebesar 38, 54%. Selanjutnya penggunaan asam asetat pada kerang darah yang berukuran besar mampu menurunkan kadar Pb sebesar 11, 86%. Perendaman kerang darah pada asam asetat ini dilakukan selama 2 jam.

Perendaman Dalam Kitosan

Cara lain yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat kerang darah adalah melalui penggunaan kitosan. Kitosan dapat mengkelat logam Pb (II) (Javanbakht, 2016). Kitosan memiliki gugus N yang bersifat reaktif sehingga kitosan mampu mengikat logam-logam pencemar, seperti besi, aluminium, tembaga (Aranaz, 2009). Kitosan telah dibuat dari berbagai cangkang seperti cangkang udang dan cangkang belangkas (Noviary, 2010). Hasil penelitian Riswanda, dkk (2014) menunjukkan bahwa kadar Pb pada kerang tahu dapat diturunkan dengan menggunakan kitosan udang putih. Hasil penelitian Solang dkk, (2017) menunjukkan bahwa penggunaan kitosan cangkang kerang bulu mampu menurunkan kadar logam berat merkuri maupun plumbum pada jajanan. Kitosan cangkang kerang bulu memiliki kemampuan yang lebih besar dalam mengkelat logam Pb dari pada logam Hg pada jajanan. Kandungan Pb nuget kerang darah yang diberi kitosan cangkang kerang bulu 0%, 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2% berturut -turut sebagai berikut 0.185 ppm; 0.176 ppm; 0.165 ppm; 0.161 ppm; dan 0.148. Kadar

logam berat Pb pada makanan yang diijinkan dengan batas maksimum 1 ppm (SNI 7387:2009).

Sementara itu, kadar Hg nuget yang diberi kitosan cangkang kerang bulu juga mengalami penurunan. Kandungan. Kitosan dengan konsentrasi 0%, 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2% mampu menurunkan kadar Pb nuget sebagai berikut; 0.012 ppm; 0.009 ppm, 0.008 ppm; 0,007 ppm; dan 0,05 ppm. Batasan kadar logam Hg pada pangan yang diijinkan adalah 1 ppm. Nuget kerang darah yang pengolahannya dengan menambahkan kitosan cangkang kerang bulu masih layak dikonsumsi karena kadar Hg nuget berada dibawah standar yang ditetapkan.

Angka Batas Konsumsi Kerang Darah

Angka batas konsumsi merupakan acuan batas konsumsi kerang darah yang dapat dihitung per Minggu. Batas asupan jaringan lunak dari kerang darah yang dapat dikonsumsi ditentukan dengan menghitung nilai *Maximum Tolerable Intake* (MTI) sesuai ketentuan Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JEFCA) tahun 1982 dan 1983. Cara perhitungan MTI adalah sebagai berikut:

$$\text{MTI} = \text{Estimate PMTDI} / \text{Ct}$$

Keterangan:

- *) MTI: *Maximum Tolerable Intake*
- *) Estimate PMTDI: Nilai estimasi *provisional value for a maximum tolerable intake* (mg/hari) untuk asumsi berat badan 60 kg (mg/hari)
- *) Ct: Konsentrasi logam berat yang ditemukan di dalam jaringan lunak kerang (mg/kg).

Berikut penghitungan MTI berdasarkan hasil penelitian Taurusiana dkk, (2014) yang menjelaskan bahwa kandungan Fe kerang darah yang ditemukan Tanjung Mas, Semarang pada stasiun A adalah 1305,05 mg/kg berat basah. Sementara itu, kandungan Fe kerang darah yang ditemukan Wedung, Demak pada stasiun A adalah 1112,03 mg/kg berat basah. Selanjutnya juga ditemukan bahwa kerang darah di Tanjung Mas, Semarang stasiun C mengandung zink tertinggi, yaitu 85,11 mg/kg berat basah, sedangkan kerang darah yang ditemukan di Wedung, Demak pada stasiun C memiliki kandungan zink 94,22 mg/kg berat basah. Berikut ini diuraikan nilai PMTDI (JEFCA) (Tabel 5.1) dan nilai MTI kerang darah yang berasal dari Tanjung Mas, Semarang dan Wedung, Demak berdasarkan kandungan Fe dan Zn.

Tabel 6.1. Nilai PMTDI logam Fe, Zn, dan Cu

Logam	PMTDI (mg/kg/bd/hari)
Fe*	0,8
Zn*	1
Cu**	0.5

Sumber: *WHO, 2018; **JECFA <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/PrintPreview.aspx?chemID=2824>

Tabel 6.2. Maximum Tolerable Intake Zn dan Fe Pada Manusia

Logam	PMTDI (mg/kg/bd/ hari)	Estimate PMTDI (mg/hr)	MTI (kg/hr)	
			Tanjung Mas	Wedung
Zn	1	60	0,705	0,637
Fe	0,8	48	0,037	0,043

Sumber: Taurusiana dkk, (2014).

Nilai *Maximum Tolerable Intake* zink kerang darah yang diambil dari Tanjung Mas adalah 0,705 (kg/hr) atau 705 mg/hr. Nilai MTI zink ini menunjukkan bahwa seseorang dengan berat badan 60 kg dapat mengkonsumsi kerang darah yang berasal dari Tanjung Mas tidak lebih dari 705 mg/hari. sementara itu untuk kerang darah dari Wedung dapat dikonsumsi bagi orang dengan berat bada 60 kg maksimum sebesar 637 mg/hari.

Kerang darah dari Tanjung Mas mempunyai nilai MTI 0,037 kg/hr untuk logam Fe, sehingga orang dengan berat badan 60 kg dapat mengkonsumsi kerang sebesar 37 g/hari. Sementara itu, nilai MTI logam Fe untuk kerang darah dari Wedung adalah 0,043 kh/hari, sehingga masyarakat dapat mengkonsumsi kerang darah tersebut maksimal 43 g/ hari.

Kerang darah selain mengandung zink, besi, juga ditemukan mengandung Cuprum (Cu). Hasil penelitian Solang dan Adriani, (2014) menunjukkan bahwa kerang darah segar yang dikeringkan yang diambil dari perairan Kabupaten Pohuwatu mengandung kuprum (Cu) 4,26 ppm. Sementara itu, kerang darah yang diambil dari Kabupaten Boalemo

mengandung Cu 12,37 ppm (Nurjanah, 2005). Kebutuhan Cu dalam makanan 2-3 mg / hari untuk orang dewasa; 0,5-0,7 mg/ hari untuk bayi. Cuprum tidak bersifat karsinogenik baik pada manusia maupun hewan. Populasi yang terpapar Cu sangat tinggi tidak menunjukkan pengaruh yang merugikan, kecuali bagi individu yang menderita *Wilson's disease* (WHO, 2018). Nilai MTI untuk kerang darah yang berasal dari Pohuwato adalah 7,042, ini menunjukkan bahwa orang dengan berat 60 kg dapat mengkonsumsi maksimal 7, 042 kg/hari. *Maximum Tolerable Intake* untuk kerang darah yang berasal dari Boalemo adalah 2,43, ini berarti bahwa untuk seseorang yang memiliki berat badan 60 kg dapat mengkonsumsi sebesar 2,43 kg/hari (Tabel 6.3).

Tabel 6.3. Maximum Tolerable Intake Cu Pada Manusia

Logam	PMTDI (mg/kg/ bd/hari)	Estimate PMTDI (mg/hr)	MTI (kg/hr)	
			Pohuwato	Boalemo
Cu	0,5	30	7,042	2,43

Kerang darah juga mengandung logam berat Pb dan Hg yang berbahaya bagi tubuh jika dikonsumsi, sehingga dalam mengkonsumsi kerang darah perlu juga memperhatikan batas asupan. Keamanan konsumsi kerang darah yang mengandung logam Pb dapat dihitung berdasarkan asupan maksimum per Minggu. Nilai *provisional tolerable weekly intake* (PTWI) logam Pb dan Hg dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4. Nilai PWTI logam Pb dan Hg

Logam	PTWI (mg/kg/bd)
Pb*	0,025
Hg**	0.005

Sumber: *WHO. 2018. <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=3511>

** Joint Fao/Who Expert Committee On Food Additives. 2010. <http://www.fao.org/3/a-at868e.pdf>

Kerang darah yang diambil di daerah pelelangan desa Wonggarasi ikan Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo ditemukan mengandung Pb 0,1828 ppm (Tolodo, 2018) dan kerang darah yang diambil dari pesisir pantai desa Wonggarasi Kabupaten Pohuwato menunjukkan adanya kandungan merkuri berkisar antara 0,0086 ppm (Husa, 2018). Berdasarkan hasil penelitian Tolodo, (2018) dan Husa, (2018) maka dapat dihitung asupan maksimum kerang darah yang mengandung logam Pb dan Hg melalui nilai MTI.

$$MTI = MWI / Ct$$

MWI: *Maksimum Weekly Intake* (mg untuk orang dengan berat badan 60 kg per minggu) Ct : Konsentrasi logam berat yang ditemukan di dalam jaringan lunak kerang (mg/kg).

$$MWI = \text{berat badan (60 kg)} \times PTWI$$

PTWI *Provisoonal Tolerable Weekly Intake* (angka toleransi batas maksimum per minggu) untuk Pb dan Hg yang

dikeluarkan lembaga pangan terkait dalam satuan mg/kg (WHO, 2018).

Tabel 6.5 Maximum Tolerable Intake Hg dan Pb Pada Manusia

Logam	PTWI (mg/ kg/bd)	Estimate MWI (mg/Minggu)	MTI (kg/Minggu)
			Kabupaten Pohuwato
Pb	0,025	1.5	8,2
Hg	0.005	0,3	34

Berdasarkan nilai MTI (Tabel 5.3) kerang darah yang berasal dari Kabupaten Pohuwato berdasarkan kandungan logam Pb maka orang dengan berat 60 kg dapat mengkonsumsi maksimal 8,2 kg/Minggu. Sementara itu, berdasarkan MTI kerang darah berdasarkan kandungan Hg menunjukkan bahwa untuk seseorang yang memiliki berat badan 60 kg dapat mengkonsumsi sebesar 34 kg/Minggu.

Dengan mengetahui beberapa cara mengolah kerang darah dan memperhatikan besaran asupan kerang darah yang diperbolehkan maka akan dapat memaksimalkan pemanfaatan kerang darah untuk memenuhi asupan nutrisi bagi tubuh. Pengolahan kerang darah yang tepat dapat meminimalisasi bahaya logam berat atau bakteri yang terdapat dalam kerang darah. Dengan memperhatikan kewaspadaan terhadap efek samping kerang darah maka akan membantu menjaga keamanan keamanan konsumsi kerang darah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abhaya A, Khatri K, Pradhan S, Prakash R, 2002. Regional differences of growth plate at The distal end of radius in albino rat. *Journal of Anatomical Society of India* 51 (2), pp 225-228.
- Adriani M, Wirjatmadi B, (2014). *The effect of adding zinc to vitamin A on IGF-1, bone age and lineargrowth in stunted children. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 28 (4), 431-435.
- Adriyani R, Mahmudiono T, 2009. Kadar logam berat cadmium, protein dan organoleptik pada daging bivalvia dan perendaman larutan asam cuka. *J. Penelit. Med. Eksakta*, 8, (2), 152-161.
- Ahmad Ilham. 2017. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Bahan Abrasif Dalam Pasta Gigi. *Jurnal Galung Tropika*, 6 (1), 49 – 59.
- Almatsier S, 2004. *Prinsip dasar ilmu gizi*. Cetakan I. Jakarta. PT Gramedia. hal. 160-252.
- Aranaz I., Mengibar M., Harris R., Paños I., Miralles B., Acosta N., Galed G., and Heras Á., 2009. Functional Characterization of Chitin and Chitosan. *Current Chemical Biology* (3), 203-230.
- Aziz M, Thamrin W, Tirta S, 2007. Analisis glikoprotein dalam daging *Mytilus viridis*, *Anadara Granosa* dan *Anadara*

- maculosa*. *Jurnal Ilmu KeFarmasian Indonesia*, ISSN 1693-1891. 5. (1), hlm 1-6.
- Bertherat J, Bluet-Pajot MT, Epelbaum J, 1995. Neuroendocrine regulation of growth hormone. *European Journal Endocrinology*, 132 (1), pp 12–24.
- Braden TD, 1993. Histophysiology of the growth plate and growth plate injuries. In: Smeak DD, Bojrab JM, Bloomberg MS,. eds. *Disease mechanisms in small animal surgery*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, pp 1027-1041.
- Brighton CT, 1987. Morphology and biochemistry of the growth plate, *Rheumatic Disease Clinic of North America*;13 (1), pp 75-100.
- Broom M.J, 1985, *The biology and culture of marine bivalve molluscs of the genus Anadara*. Internasional Center For Living Aquatic Resources Management.
- Brown K.H, 1998, Effect of infection on plasma zinc concentration and implications for zinc status assesment in low income countries. *American Journal of Clinical Nutrition*, 68 (Suppl), pp 425S -429S.
- Bunje P. 2001. *Bankia setacea* and *Chlamys* sp. California Academy of Sciences. <https://ucmp.berkeley.edu/taxa/inverts/mollusca/bivalvia.php>. Diakses 8 April 2019.
- Castillo Duran, Hresi CG F, Rvaury, 1987, Controlled trial of zinc supplementation during recovery from malnutrition. : effects on growth and Immune - function. *American Journal of Clinical Nutrition*, 45d, pp 602 - 608.

- Cheng S, Lyytikainen A, Kroger H, Lamberg-Allardt C. 2005. Effects of calcium, dairy product, and vitamin D supplementation on bone mass accrual and body composition in 10-12 years old girls: a 2 years randomized trial. *Am J Clin Nutr*;82:1115-26.
- Choundhary D, 2013. Influence of dietary zinc deficiency on serum zinc and protein, *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, An Online International Journal, 3(1), pp 143-148.
- Clemmons DR, Underwood LE, 1991. Nutritional regulation of IGF-I and IGF binding proteins. *Annual Review of Nutrition*, 11, pp 393–412.
- Crabtree NJ, Kibirigi MS, Fordham JN, Banks BM. 2004. *The Relationship between lean body mass and bone mineral content in pediatric health and disease*. *Bone*; 46:512-60.
- Creswell RL, Ohs CL. Kasper CS, Martinez CV, Livengood EJ, Garr AL, Chapman FA, Myers BE. 2013. Teach Aquaculture Curriculum: Spawning and Rearing Bivalve Mollusc–Spawning, University of Florida, Florida.
- Cunningham BC, Mulkerrin MG, Wells JA, 1991. Dimerization of human growth hormone by zinc. *Science*, 253, pp 545–548.
- Daluningrum IPW. 2009. Penapisan Awal Komponen Bioaktif Dari Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Senyawa Antibakteri. *Skripsi*. Program Studi Teknologi Hasil

Perikanan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Dattani MT, Hindmarsh PC, Brook CG, Robinson IC, Weir T, Marshall NJ, 1993. Enhancement of GH bioactivity by zinc in the eluted stain assay system. *Endocrinology*, 133: 2 pp 803–2808.

Daughaday WH, Rotwein P, 1989. Insulin-like growth factors I and II. Peptide, messenger ribonucleic acid and gene structures, serum, and tissue concentrations. *Endocrinology Reviews*, 10 (1), pp 68–91.

Dawson-Hughes, B. 1996. Calcium insufficiency and fracture risk. *Osteoporosis International*, 3; S37-S41.

Demam, J.M. 1997. *Kimia Makanan*. ITB, Bandung

DGHCP, 2004. *Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member States*. Reports on tasks for scientific cooperation. Report of experts participating in Task 3.2.11. SCOOP 3.2.11 – Intake of As, Cd, Pb and Hg. March 2004. Brussels, Commission of the European Communities, Directorate General of Health and Consumer Protection. p.125 (SCOOP task 3.2.11) http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/scoop_3-2-11_heavy_metals_report_en.pdf

Duncan AW. 2005. *The chemistry of food and nutrition*. Manchester: F.C.S. Analytical Chemist.

- Ekawati Y, 2010. Biologi reproduksi kerang darah (*Anadara granosa* Linn, 1758) di Perairan Teluk Lada, Labuan, Banten. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Ensminger AH, Konlande SE, Robson JRK, 1995. *The concise encyclopedia of food & nutrition*. CRC Press. Boca Roton London Tokyo.
- Faulkner, P.J. (2001) Marine natural products. *Nat. Prod.Rep.*, 18: 1-49.
- Ferial EW. 2012. Respon Spermatozoa Manusia Terhadap Gizi Kerang Darah *Anadara Granosa* L. *Jurnal Balik Diwa*. Volume 3 Nomor 2.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2019. *Species Fact Sheets Anadara granosa (Linnaeus, 1758)*. Fisheries and Aquaculture Department. <http://www.fao.org/fishery/species/3503/en>
- Ganong WF, 2015. *Buku ajar fisiologi kedokteran*. Edisi 24, Jakarta, Penerbit Buku Kedokteran, EGC.
- Girindra A, 1993. *Biokimia I*. Jakarta: Gramedia.
- Giannini S, Nobile M, Sartori L. (1999) Acute effects of moderate dietary protein restriction in patients with idiopathic hypercalciuria and calcium nephrolithiasis. *American Journal of Clinical Nutrition* **69**: 267–71.
- Gillman MW, Oliveria SA, Moore LL. (1992) Inverse association
- Ghigo MC, Torsello A, Grilli R, Luoni M, Guidi M, Cella SG, Locatelli V, Muller EE, 1997. Effects of GH and IGF-I administration on GHRH and somatostatin mRNA

- levels: I. A study on ad libitum fed and starved adult male rats. *Journal of Endocrinology Investigation*, 20(3), pp 144–150.
- Golden BE, Golden MHN, 1981, Plasma zinc, rate of weight gain, and the energy cost of tissue deposition in children recovering from severe malnutrition on a cow milk or soya protein based diet. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34, pp 892-899.
- Hadley M.E, Levine JE, 2006. *Endocrinology*. 6rd Ed. Benyamin Cumming Publishing Company.
- Harp JB, Goldstein S, Phillips LS, 1991. Molecular regulation of IGF-I by amino acid availability in Cultured hepatocytes. Nutrition and somatomedin. *Diabetes*, Vol 40, pp 95-101.
- Herrington AC, 1985. Effect of zinc on the binding and action of GH in isolated rat adipocytes.. *Biochemistry International*, 11, pp 853–862.
- Hossen Md. Faruk, Hamdan Sinin, and Rahman Md. Rezaur, 2014. Cadmium and Lead in Blood Cockle (*Anadara granosa*) from Asajaya, Sarawak, Malaysia. *The Scientific World Journal*, 1-4.
- Hotz C, Brown K, 2004. Overview zinc nutrition. *Bulletin*. 25 (1) March. International Foundation for United Nations University Press.
- Huang Z, Cheng SL, Slatopolsky E, 2001. Sustained activation of the extracellular signal regulated kinase pathway is required for extracellular calcium stimulation of human

- osteoblast ploriferation. *Journal of Biological Chemistry*, 10. (abstarct).
- Hudaya, R 2010, Pengaruh Pemberian Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi) terhadap Kadar Kadmium (Cd) pada Kerang (Bivalvia) yang Berasal dari Laut Belawan, *Skripsi* Fakultas Kesehatan Masyarakat USU, Medan.
- Husa S L. 2018. Analisis kadar merkuri (Hg) pada kerang darah (*Anadara granosa*) di pesisir Pantai Wonggarasi Timur Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo. *Skripsi*. Universitas Negeri Gorontalo.
- Hustiany R. 2005. Karakteristik produk olahan kerupuk dan surimi dari daging ikan patin (Pangasius sutchi) Hasil Budidaya sebagai sumber protein hewani. *Media gizi dan keluarga*. 29 (2). 66 – 74.
- Inswiasri AL, Tri T, 1995. Kandungan logam kadmium dalam biota laut jenis kerang-kerangan dari Teluk Jakarta. *Cermin Dunia Kedokteran*, 103, pp 19-21.
- Imamoglu S, Bereket A, Turan S, Taga Y, Haklar G, 2005. Effect of zinc supplementation on growth hormone secretion, IGF-I, IGFBP-3, somatomedin generation, alkaline phosphatase, osteocalcin and growth in prepubertal children with idiopathic short stature. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 18, pp 69–74.
- Javanbakht V, Ghoreishi S. M, Habibi N, Javanbakht M. 2016. A novel magnetic chitosan/clinoptilolite/magnetite nanocomposite for highly efficient removal of Pb (II)

- ions from aqueous solution. *Powder Technology*, 302. 372-383.
- Johnson AH, Peterson MS, 1974. *Encyclopedia of food technology*, vol (II). The AVI Publ. Co.Inc. New York.
- Johnson-Delaney, C. 1996. Exotic Companion Medicine Handbook for Veterinarians (2 Vol. Set). Lake Worth, FL: Zoological Education Network.
- Drapper, C.R. 1997 Phytoestro.
- Joint Fao/Who Expert Committee on Food Additives. 2010. Summary report of the seventy-second meeting of JECFA. Rome, 16–25 February 2010. <http://www.fao.org/3/a-at868e.pdf>, diunduh 6 april 2019.
- Kaji M, Nishi Y, 2006. Growth and mineral: zinc. *WWW. Growth Genetics Hormones Journal.com*. <http://www.ghjournal.com>. Volume 22, (1), pp 1-8.
- Kerstetter JE, O'Brien KO & Insogna KL (2003) Low protein intake: the impact on calcium and bone homeostasis in humans. *Journal of Nutrition* **133**: 855S–861S.
- Kemenkes, 2018. *Riset Kesehatan Daerah, 2018*. Badan penelitian dan pengembangan kesehatan Kementerian Kesehatan, Republik Indonesia.
- Koswara S.2009. Pengolahan Aneka Kerupuk. Ebookpangan. Com. <Http://Tekpan.Unimus.Ac.Id/Wp-Content/Uploads/2013/07/Pengolahan-Aneka-K-E-R-U-P-U-K.Pdf>

- Lee, AB Carla. 1996. *Fluids and Electrolytes A Practical Approach*, 4 ed. FA Davis Company. Philadelphia: 1996, pp: 98-103.
- Le Roith D, 1997. Seminars in medicine of the beth israel deaconess medical center. Insulin-like growth factors. *New England Journal Medicine*, 336 (9), pp 633–640.
- Linder MC, 1992. *Biokimia nutrisi dan metabolisme dengan pemakaian secara kimia*. Aminuddin P, Penerjemah. Jakarta: UI Press.
- Lohmann RD, Beyersmann D, 1993. Cadmium and zinc mediated changes of the Ca²⁺-dependent endonuclease in apoptosis. *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 190, pp 1097–1103.
- Lu, Frank. C. 1995. Toksikologi Dasar: Asas, Organ Sasaran, dan Penilaian Resiko. Universitas Indonesia, Jakarta
- Mahary Azizah. 2017. Pemanfaatan tepung cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai sumber kalsium pada pakan ikan lele (*Clarias batrachus* sp). *Acta Aquatica: Aquatic Science Journal*, (4) 2.
- Marcus R. 2001. *Agents Affecting calcification and Bone turnover*. Dalam: onsiewicz MJ, Morriss JM, penyunting. Goodman and Gilman's the pharmacological basis of therapeutics. Edisi ke-10. New York: McGraw-Hill Medical Publishing Division. 1715-43.
- McNall AD, Etherton TD, Fosmire GJ, 1995. The impaired growth induced by zinc deficiency in rats is associated with decreased expression of the hepatic insulin-like

- growth factor I and growth hormone receptor genes. *Journal of Nutrition*, 125. 874– 879.
- Mito T, Sato K, Mitani H. 2002. Cervical vertebral bone age in girls. *American Journal Orthodontist Dentofac Orthopedy*, 122 (4), pp 380-385.
- Muchtadi D, 2009. *Zinc (Zn) dalam pangan: dampaknya terhadap kesehatan, kebutuhan dan toksisitas terhadap manusia*. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan. Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Munawar K. 2016. *Bioekologi Genus Anadara (Bivalvia: Archidae)*. Sefa Bumi Persada.Aceh.
- Murray RK, Granner DK, Mayes, PA, Rodwell VW. 2003. *Harper's Review of Biochemistry*. Dalam Andry Hartono: Biokimia, EGC. Penerbit Kedokteran, Jakarta.
- Nirmalasari R, 2017. Pengaruh pemberian nutrisi kerang darah *Anadara granosa* l. terhadap tingkat kepadatan spermatozoa mencit *Mus musculus* L. *Bioma: jurnal biologi makassar*, 2(1): 9-14.
- Nissley P, Lopaczynski W, 1991. Insulin-like growth factor reseptors. *Growth Factor*, 5, pp 29-43.
- Nordin, B.E.C. 1997. Calcium requirement is a sliding scale. *Am J Clin Nutr* 2000;71. 1381–3.
- Noviary, H. 2010. Studi Karakterisasi Pembuatan Kitin dan Kitosan Dari Cangkrang Belangkas (*Tachypleus Gigas*) Untuk Penentuan Berat Molekul. *Skripsi*. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan

- Nurjanah, Zulhamsyah, Kustiyariyah, 2005. Kandungan mineral dan proksimat kerang darah (*Anadara granosa*) yang diambil dari kabupaten Boalemo, Gorontalo. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, VIII (2), hal 15-24.
- Okuzumi M, Fuji T. 2000. *Nutritional and functional properties of squid and cuttlefish*. Japan: National Cooperative Association of Squid Processors
- Ovesen J, Danscher G, Thomsen JS, Mosekilde L, Moller-Madsen B, 2004. Autometallographic tracing of zinc ions in growing bone, *Journal Musculoskel Neuron Interaction*, 4 (4): pp 428-435
- Poedjiadi A, Supriyanti FMT, 2006. *Dasar-Dasar Biokimia*. Edisi revisi. Jakarta: UI Press.
- Poutiers, J.M. 1998. Bivalves, In: Carpenter, K.E. dan Niem, V.H. 1988. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Seaweed, Corals, Bivalves and Gastropods. *FAO The UN Roma*, 1: 123-358.
- Puche JE, Castilla-Cortázar I, 2012. Human conditions of insulin-like growth factor-I (IGF-I) deficiency, *Journal of Translational Medicine*, 10, (224), pp 1-29.
- Ramasamy M, Balasubramanian U 2012. Identification of bioactive compounds and antimicrobial activity of marine clam *Anadara granosa* (LINN.). *International Journal of Science and Nature*. VOL. 3(2): 263-266.
- Reviana Ch, 2004. Peranan mineral zinc (Zn) bagi kesehatan tubuh. *Cermin Dunia Kedokteran*, 143.53-54.

- Rinderknecht E, Humbel RE, 1978. The amino acid sequence of human insulin-like growth factor I and its structural homology with proinsulin. *Journal of Biological Chemistry*, 253, pp 2769–2776.
- Riswanda T. Fida R. Sunu K. 2014. Pemanfaatan kitosan udang Putih (*Lithopannaeus Vannamei*) sebagai Bioabsorben logam berat timbale (Pb) pada daging kerang tahu dimuara sungai Gunung Anyar. *LenteraBio* (3). 266-271.
- Rossi L, Migliaccio S, Corsi A, Marzia M, Bianco P, Teti A, Gambelli L, Cianfarani S, Paoletti F, Branca F, 2001. Reduced growth and skeletal changes in zinc-deficient growing rats are due to impaired growth plate activity and inanition. *American Society for Nutrition Sciences*, pp 1142-1148.
- Rodriguez JP, Rosselot G, 2001. Effect of zinc on cell proliferation and proteoglycan charactersites of epiphyseal chondrocytes. *Journal Cellular Biochemistry*, 82, pp 501-511.
- Rosenbloom AL, Guevara-Aguirre J, Rosenfeld RG, Pollock BH, 1994. Growth in growth hormone insensitivity. *Trends in endocrinology and metabolism*,
- Salgueiro MJ, Marcela BS, Zubillaga B, Alexis E, Lysionek BS, Caro RA, Weill Ricardo, Boccio Eng, Jose R, 2002. The role of zinc in the growth and development of children. *Nutrition*, 18, pp 510–519. ©Elsevier Science Inc.
- Saksono L. 1986. Pengantar Sanitasi Makanan., Alumni Bandung.

- Sari FI, Keman S, 2005. Efektifitas larutan asam cuka untuk menurunkan kandungan logam berat cadmium dalam kerang bulu. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1 (2), hal 120-129.
- Sauberlich, H.E. 1999. *Laboaratory Tests for the Assessment of Nutritional Status*. 2nd ed. Washington: CRC Press.
- Selpiani L, Umroh, Rosalina D. 2015 Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cu) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa*) di Kawasan Pantai Keranji Bangka Tengah dan Pantai Teluk Kelabat Bangka Barat. *OSEATEK* 9 (01); 21-34.
- Setiawan D.W, Sulistiyati T.D., Eddy S., 2013. Pemanfaatan Residu Daging Ikan Gabus) *Ophiocephalus striatus*) dalam Pembuatan Kerupuk Ikan Beralbumin. *THPI Student Journal*, 1 (1). 21-32. Universitas Brawijaya.
- Sitompul S, 2004. Analisis asam amino dalam tepung ikan dan bungkil kedelai. *Buletin Teknik Pertanian* 9(1), pp 33-37.
- Schlechter NL, Russell SM, Spence, EM, Nicoll C S, 1986. Evidence suggesting that the direct growth-promoting effect of growth hormone on cartilage in vivo is mediated by local production of somatomedin. *Proceeding of the National Academy of Science*. USA, 83 (20), pp 7932-7934.
- Schmid C, Steiner T, Froesch ER, 1984. Insuline-like growth factor - I support differentiation of cultured osteoblast-like cells. *FEBS Lett*. 173. 48-52.
- Sianipar C, Edison, Loekman S. 2015. Daya Reduksi Asam Asetat Terhadap Logam Berat Kerang Darah (*Anadara*

- granosa). *JOM*. <https://media.neliti.com/media/publications/201667-none.pdf>
- Smith JB, Mangkoewidjojo S, 1987. *The care, breeding and management of experimental animals for research in the tropics*. Canberra: International Development Program of Australia Universities and Collages (I D P).
- SNI (Standar Nasional Indonesia). 1999. Kerupuk Ikan. Departemen Perindustrian. Jakarta. SNI 2713.1-2009.
- SNI (Standar Nasional Indonesia). 2002. *Syarat Mutu Kerupuk Ikan*. No.01-2713-2002. Badan Standar Nasional Indonesia. Jakarta.
- Soback D, Marcus D, Bikle D. 2001. *Metabolic Bone disease*. Dalam: Greenspan FS, Gardner DG, penyunting. Basic and clinical endocrinology. Edisi ke-7. New York: Lange Medical Books/McGraw-Hill; 295-361.
- Solang M, Adriani M, Wirjatmadi B. 2013. The Analysis of Blood Cooke (*Anadara granosa*) Flour Suplementasi on The Concentration of Zinc, IGF-I, and Ephifiseal Plate Width of Femur Malnourished Male Rats (*Rattus norvegicus*). *IEESE International Journal of Science and Techology*. Vol 2 (4). 12 -24.
- Solang M, Adriani M. 2014. *Suplementasi tepung kerang darah terhadap kadar albumin, zinc, IGF-1 dan pengembangan potensinya sebagai jajanan balita*. Laporan penelitian Hibah Bersaing Dana DIKTI Tahun 1. Universitas Negeri Gorontalo.

- Solang M, Adriani M, Lamondo Dj.2015. *Suplementasi tepung kerang darah terhadap kadar albumin, zinc, IGF-1 dan pengembangan potensinya sebagai jajanan balita*. Laporan penelitian Hibah Bersaing Tahun 2. Universitas Negeri Gorontalo.
- Solang M, Lamondo Dj., Kumaji S., 2017. Pemanfaatan Kitosan Cangkang Kerang Bulu Untuk Pengembangan Pangan Biosuplemen Prebiotik Berbasis Kerang Bagi Anak Kurang Gizi. Laporan Akhir Penelitian Berorientasi Pengembangan Produk. PNBP. Universitas Negeri Gorontalo.
- Solang M. 2017. Blood cockle (*Anadara granosa*) supplementation to increase serum calcium level and femur growth of low-protein diet rat. *Nusantara Bioscience*. (9) 1. 62-67.
- Sutanto BL, 2004. *Tabel Angka Kecukupan Gizi* . Widya karya pangan dan gizi VI: LIPI. Jakarta.
- Taurusiana S, Afiati N, Widyorini N. 2014. Kajian Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Dan Seng (Zn) Pada Jaringan Lunak Kerang Darah (*Anadara Granosa* (L.) Di Perairan Tanjung Mas, Semarang Dan Perairan Wedung, Demak. *Diponegoro Journal Of Maquares Management of Aquatic Resources* (3)1. 143-150. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>.
- Tolodo N. 2018. Analisis kadar timbal (Pb) pada kerang darah (*Anadara granosa*) di pesisir Pantai Wonggarasi

- Timur Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo. *Skripsi*. Universitas Negeri Gorontalo.
- Umbara H, Heny Suseno. 2006. Faktor bioakumulasi ^{210}Pb Oleh kerang darah. *Hasil penelitian dan kegiatan PLTLR*. ISSN 0852-2979. 62-70.
- Vallejo M, Lightman SL, 1998. Basic principles. In: Grossman A, edition. *Clinical Endocrinology*, 2nd edition. Blackwell Science Ltd. Oxford, pp 3 - 24.
- Villemure I, Stokes IAF, 2009. Growth plate mechanics and mechanobiology. A survey of present understanding. *Journal of Biomechanics* 42, pp 1793-1803.
- Van Wyk JJ, 1984. The somatomedins: biological actions and physiological control mechanisms. In: *Hormonal Proteins and Peptides* (Li, C. H., ed.), pp 81–125. Academic Press, New York, NY.
- Wahyuni, I.S. dan Hartati S.T. 1991. Penelitian kualitas perairan pantai barat Teluk Jakarta. *Prosiding Temu Karya Ilmiah Perikanan Rakyat*, Jakarta 18-19 Desember 1989. Buku II. Jakarta: Puslitbangkan; 263-27.
- Wallwork JC, Sandstead HH, 1990. Zinc. In: *Nutrition and bone development* (Simmons, D. J, ed.). Oxford University Press, New York, NY.
- Watanabe K. 2009. Coastal-zone use of Bandon bay: area study in Surat Thani province. South Thailand. Kyoto Working Papers on Area Studies: G-COE Series 68: 1-12.

- WHO, 2018. Zinc. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=4197>, diunduh 6 april 2019.
- _____, 2018. Iron. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=2859>; diunduh 6 april 2019.
- Winarno FG, Fardiaz D. 1984. *Pengantar Tekonologi Pangan*. Jakarta, Pt Gramedia.
- Winarno FG, 2008. *Kimia pangan dan gizi*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Yurimoto T, Mohd K F, Man A. 2014. Sexual maturation of the blood cockle. *Anadara granosa*. in Matang mangrove estuary. peninsular Malaysia. Intl J Aquat Biol 2 (3): 115-123.
- Zhou P, Baumgarten SC, Wu Y, Bennett J, Winston N, Hirshfeld-Cytron J, Stocco, C.2013. IGF-I Signaling Is Essential for FSH Stimulation of AKT and Steroidogenic Genes in Granulosa Cells. *Mol Endocrinol*. 27(3): 511–523. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3589673/> diakses 10 April 2019.
- Zulfahmi A.N, Swastawati F, Romadhon. 2014. Pemanfaatan Dagingikan Tenggiri (*Scomberomorus Commersoni*) Dengan Konsentrasi Yang Berbedapada Pembuatan Kerupuk Ikan. *Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan* (3) 4. 133-139.

GLOSARIUM

Abrasive pada pasta gigi : bahan yang berfungsi untuk membantu menghilangkan sisa makanan, bakteri, dan beberapa noda di gigi.

Absorpsi: proses penyerapan zat - zat ke dalam sel – sel tubuh

Asam amino esensial: asam amino yang tidak tersedia di dalam tubuh dan dapat dipenuhi dari makanan sumber protein

Asam amino non esensial adalah asam amino yang dapat dibuat dalam tubuh

Autokrin : Hormon yang bekerja pada sel yang mensintesisnya

Bioekologi: Ilmu yang mempelajari interaksi antara organisme dengan lingkungannya.

Bioavailabilitas (untuk suplemen makanan): sebagai bagian dari zat makanan yang diberikan yang mampu diabsorpsi dan dapat digunakan atau disimpan.

ciliary feeder: cara hewan mendapatkan makanan dengan menyaring makanan melalui insang

Ekskresi: proses pembuangan sisa metabolisme yang tidak diperlukan oleh tubuh

Gizi ganda: masalah gizi yang berkaitan dengan kurang gizi dan gizi lebih

Habitat: area ekologi atau lingkungan alam yang dihuni oleh suatu organisme hidup seperti hewan, tumbuhan, atau lingkungan fisik yang mengelilingi suatu organisme.

Hemoglobin: metalloprotein yang ada dalam sel darah merah

Hormon: senyawa kimia yang secara normal dikeluarkan oleh kelenjar endokrin atau jaringan tubuh lainnya dan disekresikan ke peredaran darah

Kitosan cangkang kerang bulu: senyawa polimer alam turunan kitin yang diisolasi dari limbah cangkang kerang bulu

Kondrosit: sel-sel tulang yang membentuk sel tulang rawan

Lempeng Epifisis Tulang: daerah/bagian dari tulang panjang yang memungkinkan untuk pertumbuhan tulang selama masa kanak-kanak

Logam berat non essensial: logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya dan mempunyai sifat sebagai racun.

Mobilitas: gerak berpindah tempat

Organ target: organ yang menjadi sasaran/ tujuan

Parakrin dari hormon: hormon dapat bekerja disekitar sel yang melepaskannya tanpa melalui sirkulasi dalam plasma

Reseptor hormone: Molekul pengenal spesifik yang berada pada sel tempat hormon berikatan sebelum hormone memulai efek biologisnya

Stunting: gangguan gizi kronis yang mengganggu pertumbuhan tinggi badan dan menyebabkan anak akan tumbuh lebih pendek

Trace mineral: mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah sedikit (< 100 mg/hari)