

POTENSI SERANGGA SEBAGAI PANGAN FUNGSIONAL UNTUK PENINGKATAN KESEHATAN DAN KETAHANAN PANGAN DI INDONESIA: LITERATURE REVIEW

Amalia Rani Setyawati*, Ariel Magfirah

Magister Ilmu Gizi, Departemen Ilmu Gizi, Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

*Korespondensi : amaliarani@gmail.com

ABSTRACT

Background: Families in Indonesia still struggle with nutritional deficiencies. Since edible insects are readily available in nature in Indonesia and containing beneficial nutrients, they might be served as an alternate food and have health benefits.

Objectives: To analyze nutritional content of edible insect in Indonesia and related health benefits

Methods: This is a literature review that use articles published after 2012. The article search was done using three electronic databases (Google Scholar, PubMed, and ScienceDirect) using keywords such as edible insect, grasshopper, locust, sago worm, insect flour, insects and health, insects' nutritional contents, protein, nutrition, and Indonesia. There are 10 studies included in the review

Results: Nutritional content of insects and its percentage varies depending on the species, level of individual development, sex, feed type, climate, and geographical location. Protein is the main content of insects. Some edible insects contain various amino acids, even *Rhynchophorus bilineatus* has complete set of essential amino acids. Fat is a large nutritional component found in insects after protein. Fatty acids content in most insects are predominantly unsaturated fatty acids. Insect consumption related with some health benefits such as decreased antioxidant and inflammation, increased probiotic bacteria, increased albumin and haemoglobin, and improved insulin-like growth hormone 1 (IGF-1).

Conclusion: Edible insects provide adequate protein and fat content. Furthermore, edible insects have the potential to become functional food and alternative food against malnutrition based on their health benefits

Keywords : edible insect; health benefit; Indonesia; nutrition

ABSTRAK

Latar belakang: Masyarakat Indonesia masih berjuang dengan masalah kekurangan gizi. Indonesia adalah habitat dari beragam serangga, banyak dari serangga ini dapat berfungsi sebagai makanan alternatif dan memiliki manfaat bagi kesehatan.

Tujuan: Menganalisis kandungan nutrisi serangga yang dapat dimakan di Indonesia dan manfaat kesehatan terkait.

Metode: Literature review menggunakan artikel yang diterbitkan setelah tahun 2012. Pencarian artikel dilakukan menggunakan tiga database elektronik (Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect) dengan menggunakan kata kunci edible insect, grasshopper, locust, sago worm, insect flour, protein, nutrition, health, dan Indonesia. Terdapat 10 penelitian yang diikutsertakan dalam review ini.

Hasil: Kandungan nutrisi serangga bervariasi tergantung pada spesies, tingkat perkembangan, jenis kelamin, jenis makanan, iklim, dan lokasi geografis. Protein merupakan kandungan utama serangga. Beberapa serangga yang dapat dimakan mengandung beragam asam amino, bahkan *Rhynchophorus bilineatus* memiliki asam amino esensial yang lengkap. Lemak merupakan komponen nutrisi terbesar yang ditemukan pada serangga setelah protein. Kandungan asam lemak pada sebagian besar serangga didominasi oleh asam lemak tak jenuh. Konsumsi serangga dikaitkan dengan beberapa manfaat kesehatan seperti penurunan antioksidan dan peradangan, peningkatan bakteri probiotik, peningkatan albumin dan hemoglobin, serta peningkatan insulin-like growth hormone 1 (IGF-1).

Simpulan: Serangga yang dapat dimakan memiliki kandungan protein dan lemak yang cukup. Selain itu, serangga ini berpotensi menjadi pangan fungsional dan pangan alternatif melawan malnutrisi berdasarkan manfaat kesehatan yang dimiliki.

Kata Kunci : serangga yang dapat dimakan; Indonesia; nutrisi; manfaat kesehatan

PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi di Asia Tenggara disertai dengan adanya transisi pola makan sumber

protein nabati ke protein hewani. Analisis neraca pangan yang dilakukan oleh Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) menunjukkan pentingnya

konsumsi protein hewani demi menjamin pemenuhan gizi protein yang optimal di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Saat ini, peningkatan populasi yang pesat merupakan tantangan besar dalam menyediakan makanan yang cukup di seluruh dunia. Indonesia sendiri masih menghadapi kesenjangan konsumsi protein hewani yang hanya mencapai 8% dari total konsumsi pangan. Defisiensi gizi banyak terjadi di Asia Selatan dan Barat, Afrika, dan Amerika Latin. Konsumsi protein per kapita masih tergolong rendah. Rendahnya konsumsi protein hewani tersebut dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti stunting, anemia, dan juga wasting. Oleh karena itu, kuantitas pangan yang cukup harus diimbangi dengan kualitas gizinya.¹

Banyak keluarga di Indonesia yang masih berjuang dengan kekurangan gizi.² Sekitar 1 dari 3 anak usia di bawah 5 tahun mengalami stunting dan 1 dari sepuluh 10 anak mengalami wasting. Sekitar 1 dari 4 remaja putri mengalami anemia.³ Indonesia kekurangan konsumsi protein akibat rendahnya tingkat perekonomian.⁴

Kebutuhan konsumsi protein hewani berbeda-beda setiap usianya, dimulai dari usia 6 bulan sampai anak usia 5 tahun membutuhkan 15-20 gram protein per hari. Berdasarkan WHO 2007, protein dibutuhkan sebesar 0,66g/kg berat badan/hari untuk semua usia.⁵ Analisis dari diet dan antropometri yang pada anak-anak Ghana berusia 2-13 tahun menunjukkan hubungan bermakna antara kualitas protein dan risiko stunting. Dalam Penelitian yang melibatkan 200 negara, total energi, total protein, dan total protein yang dapat digunakan berkorelasi negatif dengan stunting.⁶ Pada kondisi wasting, deposit lemak menjadi sangat rendah. Lemak adalah bahan bakar utama jika asupan energi tidak tercukupi. Selain itu, lemak yang sangat rendah dapat mempengaruhi sistem imun. Hal ini menjadi salah satu penyebab meningkatnya mortalitas pada kasus wasting dan stunting.⁷

Daging merupakan sumber protein yang baik dan memiliki daya cerna tinggi. Namun, produksi daging memiliki dampak buruk terhadap emisi gas rumah kaca dan konsumsi air.¹ Untuk itu, diperlukan makanan alternatif tinggi protein guna mencukupi kebutuhan gizi dan memiliki dampak negatif yang minimal.

Serangga merupakan hewan yang membentuk kelas insekta. Serangga yang dapat dimakan adalah serangga yang apabila dikonsumsi secara rutin atau sesekali tidak memberi efek buruk pada kesehatan konsumen sepanjang serangga tersebut dimasukkan dalam pola makan yang seimbang.⁸ Pada tahun 2017, Jongema telah membuat daftar serangga yang dapat dimakan.⁹

Serangga diketahui kaya akan zat gizi protein berkualitas tinggi, asam amino esensial, lemak tak jenuh tunggal, vitamin, dan mineral. Komposisi zat gizi serangga bervariasi tergantung pada spesiesnya, namun yang memiliki kandungan lebih tinggi adalah zat gizi protein. Terdapat lebih dari 2000 spesies serangga yang dapat dikonsumsi yakni ulat sagu, kumbang, lebah, belalang, jangkrik, dan capung. Beberapa spesies serangga memiliki nilai protein, lemak, dan kalori dalam jumlah besar. Beberapa spesies juga diketahui memiliki nilai gizi yang sebanding dengan daging dan unggas. Penelitian dari Orkusz (2021) menyebutkan bahwa 100 gram serangga (*Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus*, *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Gonimbrasia belina*, *Bombyx mori*, dan *Pyrallidae*) memiliki energi sebesar 120 kkal – 274,7 kkal dan protein sebesar 15,5% - 35%, dimana 100 gram kaki kambing, kaki sapi, daging kuda, daging babi, daging sapi, daging ayam, dan daging kalkun memiliki energi sebesar 13,2 kkal – 125 kkal dan protein sebesar 15,1% - 21,5%.^{2,10} Serangga baik dalam stadium dewasa maupun larva telah dikonsumsi sebagai sumber protein alternatif oleh berbagai negara, termasuk Indonesia.¹¹

Serangga dapat menjadi sumber protein hewani yang baik karena memiliki beberapa manfaat yakni sebagai sumber protein hewani yang berkelanjutan karena proses pemeliharaannya membutuhkan sumber daya yang lebih sedikit dibandingkan peternakan tradisional, kaya akan protein, kaya akan asam lemak omega 3 dan omega 6, serta peternakan serangga memiliki dampak lingkungan yang minimal. Sebagai negara tropis dan memiliki kawasan hutan terluas ketiga di dunia, Indonesia adalah rumah bagi keanekaragaman hayati serangga dan banyak di antaranya yang dapat dimakan.² Artikel ini bertujuan untuk mengulas potensi kandungan nutrisi dan manfaat kesehatan dari berbagai serangga yang dapat dimakan di Indonesia.

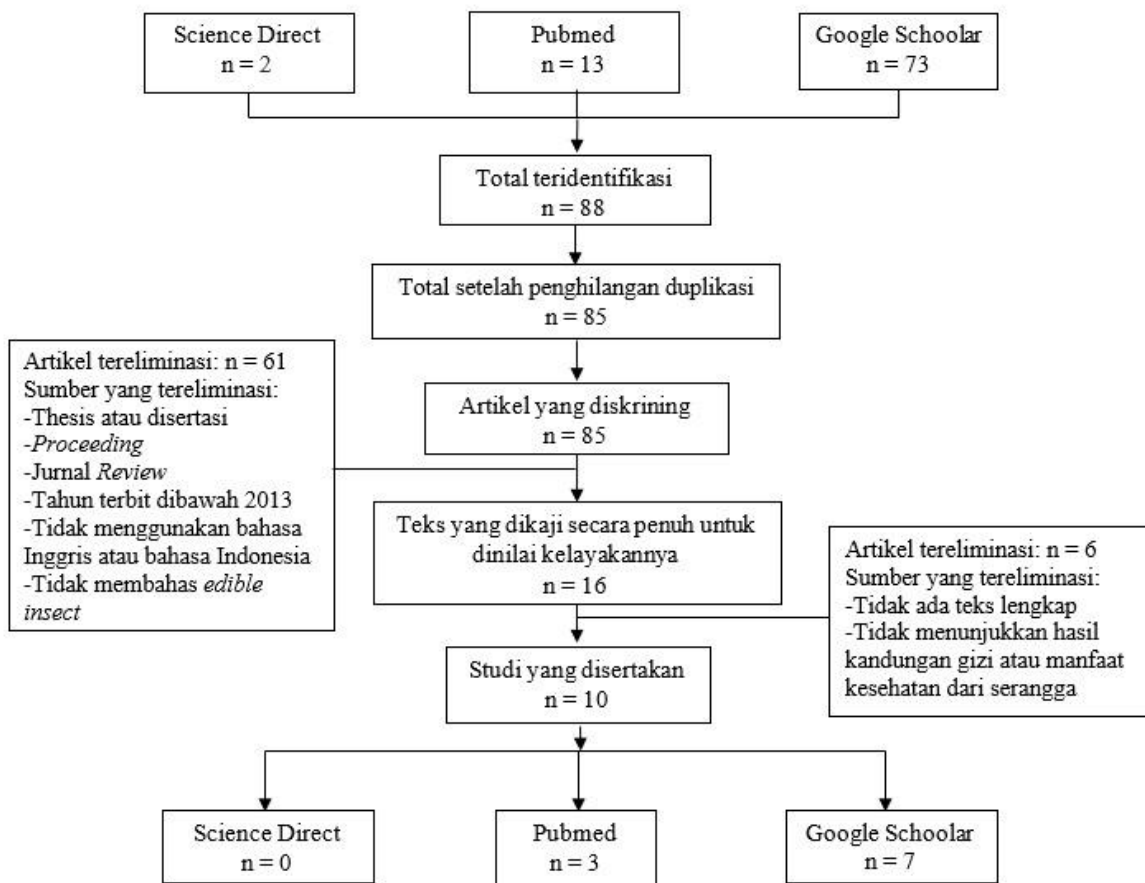
METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah tinjauan literatur, yakni mengkaji dan menganalisis hasil penelitian terkait kandungan gizi dan manfaat konsumsi serangga di Indonesia bagi kesehatan. Pencarian data literatur dilakukan menggunakan 3 database elektronik meliputi Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect menggunakan kata kunci *edible insect*, *grasshopper*, *locust*, *sago worm*, *insect flour*, *protein*, *nutrition*, *health*, dan Indonesia. Boolean operators 'AND' dan 'OR' digunakan untuk menggabungkan istilah pencarian. Kriteria inklusi dalam review ini adalah artikel penelitian primer dari jurnal nasional dan

internasional yang terindeks Scopus/Sinta, tersedia teks lengkap, dan berkisar antara tahun 2013 hingga 2023 (10 tahun terakhir), serta berbahasa Inggris atau Indonesia. Artikel-artikel yang disertakan merupakan eksperimen yang dilakukan pada hewan percobaan dan manusia dengan hasil yang menunjukkan efek nutrisi dan kesehatan dari mengonsumsi serangga. Adapun yang menjadi kriteria eksklusi yaitu artikel penelitian yang tidak menggunakan bahasa Inggris atau bahasa Indonesia dan artikel yang menggunakan metode tinjauan, komentar, editorial, duplikat, bagian buku, dan kajian yang tidak berkaitan dengan topik.

Pemilihan artikel yang dilakukan mengacu pada *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) Statement* 2009. PRISMA menjabarkan jumlah artikel yang

diidentifikasi (*the number of records identified*), disertakan (*included*) dan dikecualikan (*excluded*), serta alasan pengecualian (*the reasons for exclusions*). Studi yang telah didapatkan dari database elektronik selanjutnya diperiksa untuk mendeteksi adanya duplikasi. Apabila ada duplikasi maka studi tersebut akan dikeluarkan (*excluded*). Studi yang tidak memenuhi kriteria inklusi dikeluarkan (*excluded*) setelah di skrining berdasarkan judul dan abstrak. Studi yang lolos pada tahap skrining selanjutnya dibaca untuk dikaji keseluruhan teksnya (*full text screened for eligibility*). Studi yang tidak relevan dengan tujuan atau topik yang diangkat dikeluarkan (*excluded*). Sebagai hasilnya, terdapat 10 artikel yang disertakan dalam review ini. Proses pemilihan artikel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Seleksi Artikel dengan PRISMA Diagram

HASIL

Kandungan Gizi

Berbagai serangga pangan yang ada di Indonesia antara lain jangkrik (*Brachytrupes portentosus Lichtenstein*), belalang (*Valanga nigricornis Burmeister* dan *Patanga succincta L.*), capung (Ordo *Odonata*, spesies *Pantala flavescens F.*), kumbang penggerek palem merah (*Rhynchophorus ferrugineus F.*, *Chalynchophorus*

F. Chalcosoma atlas L.), dan lebah (*Xylocopa latipes Drury*) banyak dikonsumsi oleh masyarakat pedesaan di Jawa (Timur dan Tengah) hingga Sumatra dan Kalimantan, sedangkan larva serangga yang dikonsumsi masyarakat Papua adalah larva sagu (*Rhynchophorus bilineatus*).^{11,12} Sayangnya, informasi mengenai kandungan nutrisi dan dampak kesehatan dari beberapa spesies belum diteliti. Tabel

1 menunjukkan kandungan nutrisi berbagai serangga pangan di Indonesia.

Tabel 1. Kandungan Gizi Serangga di Indonesia per 100 Gram

Serangga	Stadium	Bentuk	Lokasi	Makronutrien	Mikronutrien	Lainnya	Referensi
<i>Valanga nigricornis</i> Burmeister	imago	tepung	Jawa	Kal: 407,34; Karbohidrat: 9,62; TP: 76,69; TF: 6.90	Fe: 3.2 Ca: 31.2	Abu 2,80%	Kuntadi <i>et al.</i> (2018) ²
<i>Nomadaris succincta</i> L.	imago	tepung	Jawa	Kal: 421,79; Karbohidrat: 15,48; TP: 65,42; TF:10.91	Fe: 3.15 Ca:27.1	Abu 3,26%	Kuntadi <i>et al.</i> (2018) ²
<i>Gryllus sp.</i>	Imago/nimfa	tepung	Jawa	Kal: 515,84; Karbohidrat: 30,76; TP 32.59; TF: 29,16	Fe: 3,25 Ca:25.49	Abu 4,25%	Kuntadi <i>et al.</i> (2018) ²
<i>Bombyx mori</i>	kepompong	tepung	Jawa	Kal: 509.03; Karbohidrat: 0,92; TP: 60,03; TF: 29.47	Fe: 3,54 Ca: 29.17	Abu 5,79%	Kuntadi <i>et al.</i> (2018) ²
<i>Brachytrupes portentosus</i> <i>Lichtenstein</i>	imago	tepung	Jawa	Kal: 491,95; Karbohidrat: 5,15; TP: 59.00; TF:26.15	ND	Abu: 5,48%; Protein Kelarutan: 563,00	Paulin <i>et al.</i> (2020) ¹¹
<i>Valanga nigricornis</i> <i>Burmeister</i>	imago	tepung	Jawa	Kal: 406,89; Karbohidrat: 7,96; TP: 72,50; TF: 9.45	ND	Abu: 3,04%; Protein Kelarutan: 1016.33	Paulin <i>et al.</i> (2020) ¹¹
<i>Zophobas morio</i> F.	Larva	tepung	Jawa	Kal: 517,50; Karbohidrat: 14.21; TP: 49,96; TF: 28.98	Fe: 3.19 Ca: 24.82	Abu 3,41%	Kuntadi <i>et al.</i> (2018) ²
<i>Zofobas morio</i>	Larva	tepung	Sumatra	TP: 46; TF: 35	ND	Kitin: 6%	Adamkova <i>et al.</i> (2017) ¹³
<i>Gryllus assimilis</i>	Peri	tepung	Sumatra	TP: 56; TF: 32	ND	Kitin: 7%	Adamkova <i>et al.</i> (2017) ¹³
<i>Tenebrio molitor</i>	kepompong	tepung	Sumatra	TP: 51; TF: 32	ND	Kitin:12%	Adamkova <i>et al.</i> (2017) ¹³
<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	tepung	Sumatra	TP: 52; TF: 31	ND	Kitin: 13%	Adamkova <i>et al.</i> (2017) ¹³
<i>Tenebrio molitor</i> L.	Larva	tepung	Jawa	Kal: 498,68; Karbohidrat: 26,72; TP: 38.30; TF: 26.72	Fe: 4.10 Ca: 27.61	Abu 4,10%	Kuntadi <i>et al.</i> (2018) ²
<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	tepung	Jawa	Kal: 470,57; Karbohidrat: 15,58; TP: 53.08; TF: 21.77	VE: 51.44µg/g Minyak;Ca: 14.93;Fe: 0,77;K: 204,6 Na: 16,59; Zn:2.8	Abu 4,71%; Protein Kelarutan: 731.33	Paulin <i>et al.</i> (2020) ¹¹
<i>Rhynchophorus bilineatus</i>	Larva	Segar	Papua	TP: 10.39 TF: 17.17		-	Kohler <i>et al.</i> (2020) ¹²

<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	larva	Segar	Sulawesi Tenggara	Karbohidrat: 4.3; TP: 9.7; TF: 21.5	ND	-	Nirmala <i>et al.</i> (2017) ¹⁴
----------------------------------	-------	-------	-------------------	-------------------------------------	----	---	--

Tabel 1. Kandungan Gizi Serangga di Indonesia per 100 Gram(Lanjutan...)

Serangga	Stadium	Bentuk	Lokasi	Makronutrien	Mikronutrien	Lainnya	Referensi
<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	larva	Goreng	Sulawesi Tenggara	Karbohidrat: 6.2; TP: 20.2; TF: 34	ND	-	Nirmala <i>et al.</i> (2017) ¹⁴

Mikronutrien (mg/100g berat kering); Kal= kalori (kkal/100gr); karbohidrat= karbohidrat (%); TP= jumlah protein (%); TF= jumlah Lemak (%); VE = Vitamin E; ND = Tidak Ada Data

Tabel 1 menunjukkan kandungan gizi berbagai serangga yang dapat dimakan di Indonesia. Tepung belalang (*Valanga nigricornis Burmeister*) mempunyai kandungan protein tertinggi (76,69%) sedangkan terendah adalah *Rhynchophorus ferrugineus* larva (9,7%). Kelarutan protein tertinggi pada belalang kemungkinan berhubungan dengan nilai protein total yang tinggi dan kandungan lemak yang lebih rendah. Ordo *Orthoptera* mempunyai protein lebih tinggi dan lemak lebih rendah dibandingkan ordo *Coleoptera*. Lemak merupakan penyusun kedua setelah protein, berkisar antara 6,90% pada imago *Valanga nigricornis Burmeister* hingga 35% pada larva *Zophobas morio*.^{2,11-14} Serangga umumnya mengandung karbohidrat yang rendah namun mengandung polisakarida yang cukup untuk meningkatkan sistem imun pada tubuh manusia. Dari Tabel 1, karbohidrat serangga yang dapat dimakan di Indonesia bervariasi antara 0,92% pada *Bombyx mori* dan 30,76% pada *Gryllus sp.*² Serangga dewasa juga mengandung berbagai kandungan protein yang menambah nilai gizi seperti kitin.¹¹ Komposisi dan jumlah kitin pada serangga bervariasi menurut spesies dan tahap

perkembangannya. Satu-satunya penelitian yang menguji kandungan kitin adalah penelitian Adamkova, dkk, yang menghasilkan kandungan kitin 6-13% pada beberapa larva dan nimfa di Sumatera.¹³ Kalori pada serangga cukup tinggi, berkisar antara 406,89 kkal/100 g pada *Valanga nigricornis Burmeister* hingga 517,50 kkal/100 g pada *Zophobas morio F.* Tingginya nilai kalori serangga menunjukkan bahwa serangga dapat dimanfaatkan sebagai pelengkap makanan. Tabel 1 juga menunjukkan berat Ca dan Fe per 100 g berat kering. Kandungan Ca berkisar antara 14,93 hingga 31,2 mg, sedangkan kandungan Fe berkisar antara 0,77 hingga 4,10 mg. Kandungan Ca tertinggi terdapat pada belalang jawa (*Valanga nigricornis Burmeister*) dan terendah terdapat pada *Rhynchophorus bilineatus*, sedangkan kandungan Fe tertinggi terdapat pada ulat kuning (*Tenebrio molitor L.*) dan yang terendah terdapat pada *Rhynchophorus bilineatus*. Persentase kadar abu per 100 g berat kering berkisar antara 2,8% (terendah) hingga 5,79% (tertinggi). Persentase terendah terdapat pada belalang jawa, sedangkan persentase tertinggi terdapat pada ulat sutera (*Bombyx mori*).^{2,11-14}

Tabel 2. Kandungan Asam Amino Serangga di Indonesia (dalam g/100g FW)

Asam amino	<i>Larva Rhynchophorus bilineatus</i>	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>
Histidin	0,22	0,14
Isoleusin	0,40	0,27
Leusin	0,71	0,48
lisin	0,65	0,69
Metionin	0,14	0,10
Fenilalanin	0,79	0,22
Treonin	0,44	0,33
triptofan	0,12	ND
Valin	0,54	0,31
Alanin	0,80	0,42
Asam aspartat	0,88	0,61
Arginin	0,46	0,34
sistein	0,08	0,02
Glisin	1,27	0,33
Asam glutamat	0,53	0,99
Prolin	0,59	0,36
Serin	0,55	0,32
Tirosin	0,36	0,20

ND: tidak ada data

Tabel 2 menunjukkan kandungan asam amino larva sago (*Rhynchophorus bilineatus*) dan ulat sago (*Rhynchophorus ferrugineus*) di Indonesia. Larva *Rhynchophorus bilineatus* mengandung sembilan asam amino esensial lengkap, dari triptofan sebesar 0,12 g hingga fenilalanin pada 0,79 g/100 g berat segar (FW). Di antara asam amino non-esensial, asam glutamat paling melimpah yaitu 1,27 g, sedangkan sistein paling sedikit yaitu 0,08 g/100 g FW.¹² Pada *Rhynchophorus ferrugineus*, asam glutamat merupakan asam amino yang paling melimpah (0,99g/100g FW), sedangkan yang terendah adalah sistein (0,02g/100g FW).¹⁴

Kandungan asam lemak pada larva *Zophobas morio*, pupa *Tenebrio molitor*, larva *Tenebrio molitor*, nimfa *Gryllus assimilis*, dan larva *Rhynchophorus bilineatus* didominasi oleh C16:0 (asam palmitat), C18:1 (cis-9) (asam oleat), dan C18:2 (cis-9,12) (asam linoleat). Asam oleat paling dominan pada semua serangga, kecuali nimfa *Gryllus asimilis* yang didominasi oleh asam linoleat. *Rhynchophorus ferrugineus* didominasi oleh asam palmitat dan asam oleat sedangkan data lain tidak ditemukan seperti terlihat pada Tabel 3.¹²⁻¹⁴

Tabel 3. Kandungan Asam Lemak Serangga di Indonesia (% dari Total Asam Lemak)

Asam Lemak	Larva <i>Zophobas morio</i>	Pupa <i>Tenebrio molitor</i>	Larva <i>Tenebrio molitor</i>	Nimfa <i>Gryllus assimilis</i>	Larva <i>Rhynchophorus bilineatus</i>	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>
C12:0	0,7	0,2	0,2	2,7	0,03	ND
C14:0	1,4	2,5	2,6	0,7	1,075	ND
C15:0	ND	ND	ND	ND	0,085	ND
C16:0	29,1	21,3	20,2	22,0	42,4	42,79
C16:1 (cis-9)	1,2	0,2	0,4	1,3	3,015	ND
C17:0	0,2	0,2	0,3	1,2	tidak	ND
C18:0	6,4	4,8	4,3	8,2	3,67	ND
C18:1 (cis-9)	35,7	36,3	37,7	25,5	44,63	45,11
K18:2 (cis-9,12)	23,4	31,9	31,9	35,7	3,01	ND
K18:3 (cis-9,12,15)	1,6	1,8	1,7	1,3	1,56	ND
C20:0	0,1	0,7	0,6	1,3	0,47	ND
Referensi	Adamkova <i>et al.</i> (2017) ¹³			Kohler <i>et al.</i> (2020) ¹²	Nirmala <i>et al.</i> (2017) ¹⁴	

ND: Tidak ada data; Mikronutrien (mg/100g berat kering); Kal: kalori (kkal/100gr); karbohidrat: karbohidrat (%); TP: jumlah protein (%); TF: total Lemak (%); VE: Vitamin E; ND: Tidak Ada Data

Manfaat Kesehatan

Serangga yang dapat dimakan juga memberikan banyak manfaat bagi kesehatan. Ulat sagu dapat menurunkan stres oksidatif, oksida nitrat (NO), meningkatkan albumin dan hemoglobin, meningkatkan IGF-1, serta mereduksi

Malondialdehid (MDA) pada tikus setelah konsumsi ulat.¹⁵⁻¹⁸ Selain itu konsumsi tepung jangkrik mampu menurunkan TNF- α , kadar plasma, dan mendukung pertumbuhan bakteri probiotik, *Bifidobacterium animalis*, pada 20 orang dewasa sehat.¹⁹

Tabel 4. Manfaat Serangga yang Dapat Dimakan bagi Kesehatan

Populasi	Tujuan	Jenis persiapan	Dosis	Durasi Intervensi	Hasil	Referensi
Tikus Wistar jantan sebanyak 28 ekor	Tujuan penelitian adalah untuk membuktikan pengaruh tepung ulat sagu terhadap kadar MDA tikus wistar yang diberi diet rendah protein.	Tepung ulat sagu	Dengan dosis 0,36 g/100 g bobot badan tikus/hari, dan 1,36 g/100 g bobot badan tikus.	28 hari	↓Tingkat Malondialdehid (MDA).	Lestari <i>et al.</i> (2021) ¹⁶
23 tikus Swiss betina	Untuk membuktikan peran imunomodulator tepung ulat sagu terhadap penurunan kadar NO sirkulasi pada mencit yang mendapat terapi antimalaria standar Dihydroartemisinin Piperazine (DHP)	Tepung ulat sagu	Tepung ulat sagu dosis 534 mg/20 g dan Sagu dosis 534 mg/20 g.	22 hari	↓ Kadar Nitric Oxide (NO) pada tikus standar terapi antimalaria	Ariani <i>et al.</i> (2018) ¹⁷

Tabel 4. Manfaat Serangga yang Dapat Dimakan bagi Kesehatan(Lanjutan...)

Populasi	Tujuan	Jenis persiapan	Dosis	Durasi Intervensi	Hasil	Referensi
20 orang dewasa sehat	Mengevaluasi efek konsumsi bubuk jangkrik terhadap komposisi mikrobiota usus, sekaligus menilai keamanan dan tolerabilitas	Bubuk jangkrik	25 gram/hari	28 hari	Bubuk jangkrik mendukung pertumbuhan bakteri probiotik, <i>Bifidobacterium animalis</i> , dan ↓ TNF- α plasma.	Stull <i>et al.</i> (2018) ¹⁹
24 ekor tikus jantan (Rattus norvegicus)	Untuk mengetahui pengaruh tepung ulat sagu terhadap kadar albumin dan Hemoglobin (Hb) pada PEM Tikus Wistar	Tepung ulat sagu	0,36g/100gBB dan 1,36g/100gBB tepung ulat sagu)	28 hari	peningkatan berat badan, kadar albumin, dan Hemoglobin	Oyay <i>et al.</i> (2021) ¹⁸
Tikus Wistar jantan sebanyak 28 ekor	Untuk menganalisis pengaruh tepung ulat sagu (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>) terhadap kadar IGF-1 pada pakan rendah protein tikus wistar.	Tepung ulat sagu	Dengan dosis 0,36 g/100 g bobot badan tikus/hari, dan 1,36 g/100 g bobot badan tikus.	28 hari	Tepung ulat sagu 0,36 g/100 g BB/hari meningkatkan kadar IGF-1 pada tikus dengan diet rendah protein.	Lestari <i>et al.</i> (2022) ¹⁵

PEMBAHASAN Kandungan Gizi

Serangga digolongkan sebagai serangga yang dapat dimakan atau layak makan dapat dilihat dari sisi keamanan konsumsinya. Dilihat dari keamanan pangan, terdapat potensi negatif saat mengonsumsi serangga, diantaranya: mikroorganisme pada tubuh serangga, zat anti-nutrisi, pestisida, serta zat alergen. Mikroorganisme pada serangga biasanya berupa virus, *rickettsia*, *protozoa*, *nematoda*, dan *fungi*. Menurut *Food and*

Agriulture Organozation (FAO) patogen pada serangga berbeda dengan patogen pada vertebrata, mengindikasikan bahwa mikroorganisme ini tidak berpotensi sebagai patogen bagi manusia. Selain itu, proses memasak serangga (goreng, rebus, kukus, dan lain-lain) juga dapat mengurangi angka mikroba. Zat anti-nutrisi yang terdapat pada serangga seperti: tanin, oksalat, fitat, saponin, dan alkaloid. Dalam banyak studi, kandungan anti-nutrisi ini masih aman dikonsumsi. Pemrosesan serangga dengan merebus dan mengeringkan juga dapat menurunkan

kandungan oksalat, tanin, dan alkaloid. Serangga dapat terpapar pestisida secara langsung (tersemprot langsung) atau tidak langsung (makan atau minum dari sumber yang mengandung pestisida). Tingkat keparahan dampaknya bergantung pada tingkat bioakumulasi pestisida, detoksifikasi, serta respon antioksidan dan imun dari konsumen. Seperti sumber protein hewani lainnya, serangga dapat memicu reaksi alergi. Tropomiosin, arginin kinase, dan gliseraldehid 3-fosfat dehidrogenase adalah alergen yang terdapat pada serangga, dimana tropomiosin merupakan alergen utama. Hal ini dapat ditanggulangi dengan teknologi fermentasi dan enzim sehingga dihasilkan makanan yang hipoalergenik. Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut, serangga dapat digolongkan layak untuk dikonsumsi.²⁰

Kandungan nutrisi serangga dan persentasenya bervariasi tergantung pada spesies, tingkat perkembangan individu, jenis kelamin, jenis makanan, iklim, dan lokasi geografis. Serangga merupakan organisme yang sangat efektif dalam mengubah makanan menjadi protein tubuh. Protein merupakan kandungan utama serangga sedangkan lemak menempati urutan kedua setelah protein.² Namun, *Rhynchophorus bilineatus* dan larva *Rhynchophorus ferrugineus* memiliki kandungan lemak lebih tinggi. Kandungan lemak lebih tinggi pada tahap larva dan pupa; sedangkan pada tahap dewasa relatif lebih rendah.^{21,22} Lemak dapat berperan sebagai penghasil energi dan penyedia asam lemak esensial dan vitamin larut lemak. Serangga yang dapat dimakan juga mengandung berbagai kandungan asam lemak, terutama asam lemak tak jenuh ganda (PUFA).¹²⁻¹⁴ PUFA penting dan sangat diperlukan untuk menurunkan kadar kolesterol dalam tubuh. PUFA pada serangga lebih tinggi dibandingkan pada unggas dan ikan. Sebuah penelitian dari Thailand menemukan bahwa kandungan PUFA pada serangga sebanding dengan yang ditemukan pada daging dan ikan, dan jauh lebih tinggi dibandingkan pada sayuran segar. Kandungan asam lemak pada sebagian besar serangga didominasi oleh asam lemak tak jenuh.²

Meskipun serangga umumnya didominasi protein, ada beberapa spesies yang didominasi oleh lemak, misalnya *Arophalus rusticus* (coleoptera), *Agonoscelis pubescens* (hemiptera), *Polistes instabilis* (hymenoptera), *Macrotermes bellicosus* (isoptera), *Aegiale hesperiaris k* (Lepidoptera), dan *Brachytrupes membranaceus Drury* (otroptera). Secara umum dapat diamati bahwa semua serangga yang dapat dimakan memenuhi kebutuhan asam amino orang dewasa untuk metionin dan metionin+sistein. Serangga diketahui memiliki fenilalanin+tirosin yang tinggi dan beberapa

serangga kaya akan triptofan, lisin, dan treonin. Dari review kami, asam palmitat dan asam oleat merupakan asam lemak yang paling dominan pada serangga pangan di Indonesia. Hal ini berbeda dengan review dari Rumpold, dimana secara global dua komponen utama SFA adalah asam palmitat (C16:0) dan asam stearat (C18:0). Sebagai pengecualian, untuk ulat (larva) *Imbrasia ertli*, asam arakidat SFA (C20:0) adalah yang paling umum.²³ Penelitian di Afrika menemukan bahwa asam lemak utama pada larva serangga adalah asam palmitat dan oleat, sedangkan pada serangga dewasa asam lemak utama adalah asam palmitat dan linoleat.^{22,24} Pada jangkrik lapangan (*Gryllus assimilis*) dan spesies terkait jangkrik rumah (*Acheta domesticus*), banyak penelitian menunjukkan asam linoleat sebagai yang paling melimpah. Penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian di Indonesia.¹³ Studi lain dari Eropa mengidentifikasi asam alfa-linolenat sebagai yang paling melimpah pada sampel *Chorthippus parallelus*, mewakili hingga 40,4% dari total kandungan asam lemak.²⁵ Asam oleat paling banyak terdapat pada sampel (*Acheta domesticus*).²⁶ Makalah lain menempatkan asam oleat di tempat kedua atau ketiga.^{27,28} Studi mengenai serangga yang dapat dimakan di Sumatera menemukan bahwa asam oleat dan palmitat sama-sama melimpah, sedangkan asam stearat menempati urutan keempat.¹³ Perbedaan kandungan gizi pada serangga di Indonesia dan secara global dapat disebabkan oleh perbedaan lokasi geografi yang akan mempengaruhi kandungan gizi serangga.

Serangga umumnya mengandung karbohidrat rendah. Karena tergolong rendah karbohidrat-tinggi protein (LC-HP), konsumsi serangga sangat bermanfaat untuk mengurangi risiko penyakit kardiovaskular dan untuk tujuan penurunan berat badan.² Serangga juga memiliki sejumlah besar polisakarida yang dapat meningkatkan fungsi kekebalan tubuh manusia.²¹ Kitin merupakan kandungan polisakarida penting pada serangga yang memberikan ketahanan terhadap penyakit karena meningkatkan sistem imun IgG dan IgA, begitu pula asam laurat pada asam lemak terhadap bakteri gram positif.^{2,11} Namun, dalam beberapa kasus, kitin dapat menimbulkan reaksi alergi yang berarti kitin ibarat tombak bermata dua.^{11,12} Penghapusan kitin diketahui dapat meningkatkan daya cerna protein serangga.¹³ Belalang dan jangkrik merupakan serangga dewasa yang mempunyai protein kitin pada eksoskeletonnya yang dapat menjadi penghalang hidrolisis.¹¹

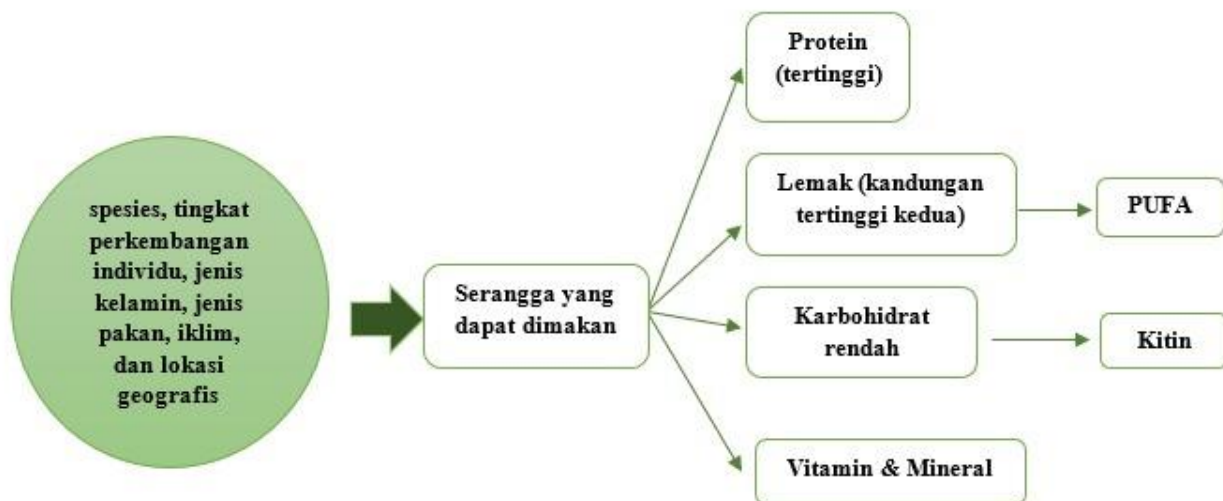
Energi merupakan hasil metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat dan nilainya terutama bergantung pada kandungan lemak. Energi yang cukup dalam makanan penting untuk memberi

energi pada pertumbuhan, pengendalian suhu dan aktivitas fisik. Tingginya nilai kalori pada serangga menunjukkan bahwa serangga dapat digunakan sebagai pelengkap makanan untuk meningkatkan asupan protein berkualitas tinggi dan menjamin penggunaan protein secara maksimal.²

Berbagai jenis mineral terdapat pada serangga seperti zat besi, seng, tembaga, kalsium, natrium, kalium, magnesium, mangan, fosfor (P) dan vitamin A, karoten, vitamin B1, B2, B6, D, E, K, C, dll.^{2,21} Kalsium dan zat besi merupakan mineral penting bagi manusia untuk membantu tubuh menjalankan fungsi pengaturan dan struktural. Zat besi tidak hanya penting untuk metabolisme energi, tetapi juga dibutuhkan dalam sistem kekebalan tubuh, perkembangan kognitif, kinerja fisik, dan pembentukan sel darah merah.² Zat besi merupakan salah satu mineral yang banyak terkandung dalam serangga. Beberapa spesies, seperti *Locusta migratoria* dan *Gonimbrasia belina*, bahkan mengandung Fe jauh lebih tinggi dibandingkan daging sapi.^{29,30} Meskipun kalsium penting untuk menjaga kesehatan tulang selama fase pertumbuhan,

menjaga kepadatan mineral tulang pada individu lanjut usia, serta menjaga fungsi saraf dan otot agar berfungsi normal.²

Beberapa jenis serangga memiliki nilai gizi lebih tinggi dibandingkan bahan pangan lain yang umum dikonsumsi masyarakat, seperti daging sapi, domba, unggas, babi, telur rebus, ikan, tahu dan tempe. Secara umum serangga mempunyai nilai gizi yang cukup untuk dijadikan pangan ditinjau dari kandungan protein, lemak, karbohidrat dan potensi energinya.² Penelitian dari Orkusz menyatakan bahwa 100 gram serangga (*Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus*, *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Gonimbrasia belina*, *Bombyx mori*, dan *Pyralidae*) memiliki energi sebesar 120 kkal – 274,7 kkal, protein sebesar 15,5% - 35%, dan lemak sebesar 4,26% - 24,9%, kaki kambing, kaki sapi, daging kuda, daging babi, daging sapi, daging ayam, dan daging kalkun dalam jumlah sama memiliki energi sebesar 13,2 kkal – 125 kkal, protein 15,1% - 21,5%, dan lemak 0,7% - 15,12%.¹⁰



Gambar 2. Komposisi Gizi Serangga yang Dapat Dimakan di Indonesia

Manfaat Kesehatan

Pemberian nutrisi yang tepat akan sangat membantu meningkatkan kondisi kesehatan dan mencegah terjadinya penyakit. Serangga dapat menjadi salah satu makanan alternatif sumber zat gizi yang dapat meningkatkan status gizi dan kesehatan. Menurut Penelitian dari Stull, *et.al.*, 25 gram tepung jangkrik dapat memperbaiki komposisi mikrobiota saluran cerna dan meredakan peradangan.¹⁹ Serangga dianggap sebagai sumber protein yang setara dan terkadang bahkan lebih tinggi dibandingkan sumber daging konvensional lainnya.³¹ Terdapat beberapa jenis serangga yaitu jangkrik dan ulat sagu, beberapa penelitian

menjelaskan manfaat serangga tersebut untuk kesehatan.

Tepung ulat sagu dapat menurunkan kadar MDA karena tingginya kandungan asam amino lisin dan antioksidan.¹⁵ Asam amino lisin dapat meningkatkan enzim antioksidan katalase (CAT) dan glutathione peroksidase (GPx) sebagai perlindungan makromolekul seluler dari efek negatif ROS.³² Produksi ROS dalam kondisi fisiologis memiliki peran positif dalam produksi energi, fagositosis, pertumbuhan sel, dan regulasi sinyal antar sel.³³ Antioksidan dalam tepung ulat sagu mampu menghambat stres oksidatif yang terjadi akibat infeksi. Terdapat interaksi penggunaan

artemisinin dengan tepung ulat sagu yang mengandung protein yang memicu kekebalan terhadap parasit malaria pada fase aseksual, dan memiliki aktivitas penghambatan transmisi yang digunakan dalam menghambat penularan siklus malaria. Penggunaan antioksidan sebagai terapi suportif yang dikombinasikan dengan ACT dinilai penting untuk mempercepat proses penyembuhan dan mengurangi kerusakan jaringan normal yang lebih berat akibat pembentukan radikal bebas yang berlebihan. DHP merupakan metabolit aktif dibandingkan artemisinin yang lebih efektif menghilangkan parasit dalam tubuh, meningkatkan kadar hemoglobin.¹⁷ Berdasarkan penelitian Lestari tahun 2022, pemberian tepung ulat sagu dapat meningkatkan kadar IGF-1 pada tikus defisiensi energi protein.¹⁵ Tak hanya ulat sagu, suplementasi serangga jangkrik secara selektif mengubah mikroba usus dan menurunkan TNF- α dan lingkungan metabolit, berkurangnya TNF- α yang bersirkulasi mungkin merupakan indikasi perbaikan homeostasis usus secara keseluruhan. TNF- α adalah sitokin pro-inflamasi, dan peningkatan kadarnya dikaitkan dengan peradangan usus dan beberapa kondisi peradangan usus.³⁴ Pemberian tepung ulat sagu sebesar 1,36 g/kg berat badan/ hari pada tikus dengan kondisi defisiensi Energi Protein mampu meningkatkan berat badan tikus serta kadar albumin dan hemoglobin tikus. Peningkatan berat badan ini terjadi karena adanya proses pertumbuhan pada tingkat sel yang berdampak pada seluruh komponen tubuh. Protein merupakan makronutrien yang mampu membangun sistem jaringan yang

diperlukan untuk pertumbuhan, struktur tubuh dan otot serta untuk regenerasi sel.³⁵ Protein mempunyai peran penting dalam mengangkut nutrisi. Albumin adalah salah satu protein plasma paling melimpah di tubuh manusia dan berhubungan dengan penyimpanan protein. Kadar albumin merupakan salah satu komponen yang perlu dinilai untuk melihat status gizi seseorang, karena kekurangan energi protein akan menyebabkan hipoalbuminemia, dimana terjadi penurunan kadar albumin.¹⁸ Asupan energi protein yang tidak mencukupi akan menurunkan sintesis mRNA albumin dan menurunkan kadar albumin serum. Kondisi ini dapat menyebabkan peningkatan spesies oksigen reaktif (ROS) yang menyebabkan kerusakan sel-sel dalam tubuh, termasuk sel hati, sehingga akan menghambat produksi albumin yang disintesis oleh sel hati. Kadar albumin juga mempunyai hubungan dengan hemoglobin tubuh. Penurunan kadar albumin akan menyebabkan penurunan kadar hemoglobin darah. Hal ini karena protein merupakan komponen terpenting yang dibutuhkan dalam proses sintesis hemoglobin. Bila kadar albumin menurun maka akan menyebabkan penurunan sintesis hemoglobin dalam tubuh. Protein dalam bentuk asam amino glisin dan suksinil-koA diperlukan untuk konversi protoporfirin menjadi heme melalui interaksi dengan zat besi dan enzim ferrelatase. Sintesis globin memerlukan asam amino biotin, asam folat, vitamin B6, dan vitamin B12. Defisiensi zat besi dan protein menyebabkan terganggunya proses sintesis hemoglobin sehingga mengakibatkan anemia dan kasus defisiensi energi protein.^{18,35}



Gambar 2. Manfaat Konsumsi Serangga bagi Kesehatan

Meskipun serangga memiliki kandungan gizi yang baik untuk kesehatan, faktor risiko endogen dan eksogen dari serangga yang dapat dimakan juga perlu diwaspadai. Faktor risiko endogen terdiri dari zat antinutrien dan alergen. Faktor ekstrinsik yang pernah terjadi misalnya kasus botulisme, parasitosis, dan keracunan makanan. Hal ini menggambarkan pentingnya keamanan pangan dan dekontaminasi serangga. Selain itu, beberapa serangga menyerap racun dan/atau mensintesis racun sebagai mekanisme pertahanan kimiawi terhadap insektivora. Konsumsi serangga ini dapat menyebabkan mual, muntah, gangguan penglihatan, atau lebih buruk lagi. Serangga yang dipanen di alam liar dan biasanya aman untuk dimakan karena tidak mengandung pestisida. Dari aspek mikrobiologi, bakteri pembentuk spora pada serangga dapat bertahan hidup dalam perebusan dan menjadi salah satu permasalahan entomofagi.²³ Orang yang alergi terhadap krustasea dan tungau juga mengalami reaksi alergi terhadap makanan yang mengandung larva ulat bambu atau jangkrik.²²

SIMPULAN

Hasil literatur review menunjukkan bahwa serangga layak untuk dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan pangan manusia. Kandungan gizi serangga di Indonesia didominasi protein di tempat pertama dan lemak di tempat kedua. Lemak yang terkandung didominasi oleh asam lemak tak jenuh. Secara umum serangga memberikan nutrisi yang cukup. Serangga juga memiliki beragam manfaat kesehatan bagi manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Biró B, Sipos MA, Kovács A, Badak-Kerti K, Pásztor-Huszár K, Gere A. Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *Foods*. 2020;9(11):1561. doi:10.3390/foods9111561
- Kuntadi K, Adalina Y, Maharani KE. Nutritional Compositions of Six Edible Insects in Java. *Indones J For Res*. 2018;5(1):57-68. doi:10.20886/ijfr.2018.5.1.57-68
- Rah JH, Melse-Boonstra A, Agustina R, Van Zutphen KG, Kraemer K. The Triple Burden of Malnutrition Among Adolescents in Indonesia. *Food Nutr Bull*. 2021;42(1_suppl):S4-S8. doi:10.1177/03795721211007114
- khoiriyah N, Anindita R, Hanani N, Muhaimin AW. Impact of Rising Food Prices on Demand and Poverty in Indonesia. *Agric Socio-Econ J*. 2020;20(1):67-78. doi:10.21776/ub.agrise.2020.020.1.9
- Uaay R, Kurpad A, Tano-Debrah K, et al. Role of Protein and Amino Acids in Infant and Young Child Nutrition: Protein and Amino Acid Needs and Relationship with Child Growth. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2015;61(Supplement):S192-S194. doi:10.3177/jnsv.61.S192
- Ghosh S. Assessment of Protein Adequacy in Developing Countries: Quality Matters. *Food Nutr Bull*. 2013;34(2):244-246. doi:10.1177/156482651303400217
- Briend A, Khara T, Dolan C. Wasting and Stunting—Similarities and Differences: Policy and Programmatic Implications. *Food Nutr Bull*. 2015;36(1_suppl1):S15-S23. doi:10.1177/15648265150361S103
- Van Itterbeek J, Pelozuelo L. How Many Edible Insect Species Are There? A Not So Simple Question. *Diversity*. 2022;14(2):143. doi:10.3390/d14020143
- Jongema Y. List of Edible Insects of the World. Published online 2017. Accessed September 23, 2024. https://www.wur.nl/upload_mm/8/a/6/0fdfc700-3929-4a74-8b69-f02fd35a1696_Worldwide%20list%20of%20edible%20insects%202017.pdf
- Orkusz A. Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*. 2021;13(4):1207. doi:10.3390/nu13041207
- Paulin IG, Purwanto MG. Nutritional Characteristics of Teak Grasshopper (*Valanga nigricornis* Burmeister), Cricket (*Brachytrupes portentosus* L.), and Mealworm (*Tenebrio molitor*) as Alternative Food Sources in Indonesia. *Indones J Biotechnol Biodivers*. 2020;4(1):52-61. doi:10.47007/ijobb.v4i1.62
- Köhler R, Irias-Mata A, Ramandey E, Purwestri R, Biesalski HK. Nutrient composition of the Indonesian sago grub (*Rhynchophorus bilineatus*). *Int J Trop Insect Sci*. 2020;40(3):677-686. doi:10.1007/s42690-020-00120-z
- Adámková A, Mlček J, Kouřimská L, et al. Nutritional Potential of Selected Insect Species Reared on the Island of Sumatra. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(5):521. doi:10.3390/ijerph14050521
- Nirmala IR, Trees null, Suwarni null, Pramono MS. Sago worms as a nutritious traditional and alternative food for rural children in Southeast Sulawesi, Indonesia. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2017;26(Suppl 1):S40-S49.
- Lestari LA, Gunawan WB. Sago Caterpillar (*Rhynchophorus ferrugineus*) Flour Improve Insulin-Like Growth Factor 1 (IGF-1) Levels in Low-Protein Diet Rats. *J Aisyah J Ilmu Kesehat*. 2022;7(S1):329-334. doi:10.30604/jika.v7iS1.1300

16. Lestari LA, Sulchan M, Legowo AM, Tjahjono K, Juniarto AZ. Efek tepung ulat sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) terhadap penurunan kadar malondialdehyde (MDA) pada tikus Wistar dengan diet rendah protein. *Action Aceh Nutr J*. 2021;6(2):139. doi:10.30867/action.v6i2.537
17. Ariani A, Anjani G, Sofro MAU, Djamiatun K. Tepung ulat sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) imunomodulator Nitric Oxide (NO) sirkulasi mencit terapi antimalaria standar. *J Gizi Indones Indones J Nutr*. 2018;6(2):131-138. doi:10.14710/jgi.6.2.131-138
18. Oyay AF, Sofro MAU, Anjani G. Effect of Sago worm flour (*Rhynchophorus ferrugineus*) on Albumin and Haemoglobin in Protein Energy Malnutrition (PEM) Wistar rats. *Indones J Nutr Diet*. 2021;9(2):77-84. doi:http://dx.doi.org/10.21927/ijnd.2021.9(2).77-84
19. Stull VJ, Finer E, Bergmans RS, et al. Impact of Edible Cricket Consumption on Gut Microbiota in Healthy Adults, a Double-blind, Randomized Crossover Trial. *Sci Rep*. 2018;8(1):10762. doi:10.1038/s41598-018-29032-2
20. Aguilar-Toalá JE, Cruz-Monterrosa RG, Liceaga AM. Beyond Human Nutrition of Edible Insects: Health Benefits and Safety Aspects. *Insects*. 2022;13(11):1007. doi:10.3390/insects13111007
21. Seni A. Edible Insects: Future Prospects for Dietary Regimen. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*. 2017;6(8):1302-1314. doi:10.20546/ijcmas.2017.608.158
22. Jantzen Da Silva Lucas A, Menegon De Oliveira L, Da Rocha M, Prentice C. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chem*. 2020;311:126022. doi:10.1016/j.foodchem.2019.126022
23. Rumpold BA, Schlüter OK. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*. 2013;57(5):802-823. doi:10.1002/mnfr.201200735
24. Ekpo KE, Onigbinde AO, Asia IO. Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria. *Afr J Pharm Pharmacol*.
25. Paul A, Frederich M, Uyttenbroeck R, et al. Nutritional composition and rearing potential of the meadow grasshopper (*Chorthippus parallelus* Zetterstedt). *J Asia-Pac Entomol*. 2016;19(4):1111-1116. doi:10.1016/j.aspen.2016.09.012
26. Tzompa-Sosa DA, Yi L, Van Valenberg HJF, Van Boekel MAJS, Lakemond CMM. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Res Int*. 2014;62:1087-1094. doi:10.1016/j.foodres.2014.05.052
27. Finke MD. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol*. 2002;21(3):269-285. doi:10.1002/zoo.10031
28. Barroso FG, De Haro C, Sánchez-Muros MJ, Venegas E, Martínez-Sánchez A, Pérez-Bañón C. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*. 2014;422-423:193-201. doi:10.1016/j.aquaculture.2013.12.024
29. Bauserman M, Lokangaka A, Gado J, et al. A cluster-randomized trial determining the efficacy of caterpillar cereal as a locally available and sustainable complementary food to prevent stunting and anaemia. *Public Health Nutr*. 2015;18(10):1785-1792. doi:10.1017/S1368980014003334
30. Oonincx DGAB, Van Itterbeeck J, Heetkamp MJW, Van Den Brand H, Van Loon JJA, Van Huis A. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. Hansen IA, ed. *PLoS ONE*. 2010;5(12):e14445. doi:10.1371/journal.pone.0014445
31. Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi CC, Paoletti MG, Ricci A. Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2013;12(3):296-313. doi:10.1111/1541-4337.12014
32. Arrigo T. Role of the diet as a link between oxidative stress and liver diseases. *World J Gastroenterol*. 2015;21(2):384. doi:10.3748/wjg.v21.i2.384
33. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MTD, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol*. 2007;39(1):44-84. doi:10.1016/j.biocel.2006.07.001
34. Campos-Rodríguez R, Godínez-Victoria M, Abarca-Rojano E, et al. Stress modulates intestinal secretory immunoglobulin A. *Front Integr Neurosci*. 2013;7. doi:10.3389/fnint.2013.00086
35. Soeters PB, Wolfe RR, Shenkin A. Hypoalbuminemia: Pathogenesis and Clinical Significance. *J Parenter Enter Nutr*. 2019;43(2):181-193. doi:10.1002/jpen.1451