

DISERTASI
PENGARUH POTENSI PANGAN LOKAL ULAT SAGU
(*Rhinchoporus ferruginous*) SEBAGAI SUPLEMEN
TERHADAP PENINGKATAN KADAR IGF-1, TLC DAN
ALBUMIN PADA ANAK GIZI KURANG USIA 12-24 BULAN

THE EFFECT OF THE USE OF LOCAL FOOD SAGO WORM
(*Rhinchoporus ferruginous*) AS A SUPPLEMENT ON
INCREASING IGF-1, TLC, AND ALBUMIN LEVELS IN
UNDERNOURISHED TODDLER AGE 12-24 MONTHS



TREES
C013181020

PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023

DISERTASI

**PENGARUH POTENSI PANGAN LOKAL ULAT SAGU
(*Rhynchophorus ferrugineus*) SEBAGAI SUPLEMEN TERHADAP
PENINGKATAN KADAR IGF-1, TOTAL LYMPHOCYTE COUNT (TLC)
DAN ALBUMIN PADA ANAK GIZI KURANG USIA 12-24 BULAN**

**THE EFFECT OF THE USE OF LOCAL FOOD SAGO WORM
(*Rhynchophorus ferrugineus*) AS A SUPPLEMENT ON INCREASING
IGF-1, TOTAL LYMPHOCYTE COUNT (TLC), AND ALBUMIN
LEVELS IN UNDERNOURISHED TODDLER AGE 12-24 MONTHS**

Disusun dan diajukan
Oleh

**Trees
C013181020**

Telah dipertahankan di hadapan Penilai Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Studi Doktor Ilmu Kedokteran
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
pada tanggal, 11 Desember 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui
Promotor

Prof. Dr. dr. Nurpudji Astuti Daud, MPH, Sp.GK(K)
Nip. 19561020 198503 2 001

Co. Promotor

Co. Promotor

dr. Agussalim Bukhari, M.Clin.Med, Ph.D, Sp.GK(K)
Nip. 19700821 199903 1 001

Prof. Subehan, S.Si, M.Pharm, Ph.D, Apt
Nip. 197509 25200112 1 002

Ketua Program Studi S3
Ilmu Kedokteran,

Dekan Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin,

Dr. dr. Irfan Idris, M.Kes
Nip. 19671103 199802 1 001

Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes, Sp.PD-KGH, FINASIM Sp.GK
Nip. 19680530 199603 2 001

ABSTRACT

TREES. *The Effect of Sago Caterpillar (Rhinchoporus ferrugineus) Supplement Administration on Insulin-Like Growth Factor 1 (IGF-1) Level, Total Lymphocytes (TLC) and Albumin in Undernourished Children 12-24 Months Old* (supervised by Nurpudji Astuti Daud, Agussalim Bukhari and Subehan)

The research aims at disclosing the effect of giving the sago caterpillar supplement on increasing the of insulin Like Growth Factor-1 (IGF-1) level, total lymphocyte count (TLC) and albumin in the malnourished children 12-24 months old. The problem of child nutrition developing in Indonesia is very complex, including the problem of malnutrition and excessive nutrition. The Double Burden of Malnutrition (DMN) is a condition of co-existence between the undernourishment and excessive nutrition, but the prolonged deficiencies of the macro and micro nutrients throughout the life span. The further manifestations of the chronic nutritional problems are stunting, in which the children look short according to their age (poor linear growth) and wasting which is known as the manifestation of the acute nutritional problem. The children appear thin when measured based on their weight which is also lower than their height. The research populations were all toddlers who lived and settled in both areas. The samples were the toddlers of 12-24 months old, willing to participate for 90 days and having their blood drawn twice, namely before the research and after the research, willing to give the sago worm supplements to their children and also receive nutrition education. Data analysis was carried out using univariate, bivariate and multivariate tests to determine the effect of the sample characteristics on the nutritional status of the respondents and to determine the effect of giving salusa_dut to the respondents. The result indicates that the characteristics of the respondents such as the family income and allocation of the family funds have the significant effect on the nutritional status of the respondents. Moreover, giving salusa_dut for 20 grams per day for 90 days has the significant effect on the character of the body length, body weight, upper arm circumference, head circumference, number of the leukocytes, albumin and IGF-1 in the respondents

Key words: stunting, leukocytes, albumin, IGF-1, sago caterpillar supplement



ABSTRACT

TREES. *The Effect of Sago Caterpillar (Rhinchoporus ferrugineus) Supplement Administration on Insulin-Like Growth Factor 1 (IGF-1) Level, Total Lymphocytes (TLC) and Albumin in Undernoted Children 12-24 Months Old* (supervised by Nurpudji Astuti Daud, Agussalim Bukhari and Subehan)

The research aims at disclosing the effect of giving the sago caterpillar supplement on increasing the of insulin Like Growth Factor-1 (IGF-1) level, total lymphocyte count (TLC) and albumin in the malnourished children 12-24 months old. The problem of child nutrition developing in Indonesia is very complex, including the problem of malnutrition and excessive nutrition. The Double Burden of Malnutrition (DMN) is a condition of co-existence between the undernourishment and excessive nutrition, but the prolonged deficiencies of the macro and micro nutrients throughout the life span. The further manifestations of the chronic nutritional problems are stunting, in which the children look short according to their age (poor linear growth) and wasting which is known as the manifestation of the acute nutritional problem. The children appear thin when measured based on their weight which is also lower than their height. The research populations were all toddlers who lived and settled in both areas. The samples were the toddlers of 12-24 months old, willing to participate for 90 days and having their blood drawn twice, namely before the research and after the research, willing to give the sago worm supplements to their children and also receive nutrition education. Data analysis was carried out using univariate, bivariate and multivariate tests to determine the effect of the sample characteristics on the nutritional status of the respondents and to determine the effect of giving salusa_dut to the respondents. The result indicates that the characteristics of the respondents such as the family income and allocation of the family funds have the significant effect on the nutritional status of the respondents. Moreover, giving salusa_dut for 20 grams per day for 90 days has the significant effect on the character of the body length, body weight, upper arm circumference, head circumference, number of the leukocytes, albumin and IGF-1 in the respondents

Key words: stunting, leukocytes, albumin, IGF-1, sago caterpillar supplement





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS KEDOKTERAN
Jl. Perintis Kemerdekaan Kampus Tamalanrea Km. 10 Makassar 90245
Telp. (0411) 586010, 585836, 586200 Psw. 2767 Fax. (0411) 586297

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Trees**
Nomor Pokok : C013181020
Program Studi : Doktor Ilmu Kedokteran
Jenjang : S3

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul : **Pengaruh Pemberian Suplemen Ulat Sagu (*Rhinchoporus ferrugineus*) Terhadap Kadar Insulin Like Growth Factor 1 (IGF-1), Hitung Total Limfosit (TLC) dan Albumin Anak Gizi Kurang Usia 12-24 bulan**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa

Disertasi yang saya tulis ini benar- benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan Disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 16 Juni 2023

Yang menyatakan,



Trees

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Trees
Nomor Mahasiswa : C013181020
Program Studi : Doktor Ilmu Kedokteran
Jenjang : S3

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Disertasi yang saya tulis berjudul:
**Pengaruh Potensi Pangan Lokal Ulat Sagu (*Rhinchoporus ferrugineus*)
Sebagai Suplemen Terhadap Peningkatan Kadar IGF-1, TLC dan Albumin
Pada Anak Gizi Kurang Usia 12-24 Bulan**

Adalah benar-benar merupakan hasil karya tulis saya sendiri, dan bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan Disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima Sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,

T r e e s

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulisan disertasi yang berjudul **“Pengaruh Potensi Pangan Lokal Ulat Sagu (*Rhinchoporus ferrugineus*) Sebagai Suplemen Terhadap Peningkatan Kadar IGF-1, TLC dan Albumin Pada Anak Gizi Kurang Usia 12-24 Bulan”** dapat diselesaikan dan diajukan ke dalam ujian disertasi. Berbagai tantangan dan masalah telah dilewati dalam penelitian disertasi ini, namun dengan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak penulisan disertasi ini dapat diselesaikan.

Pada kesempatan yang berbahagia ini izinkan kami menghaturkan rasa hormat dan penghargaan yang tak terhingga kepada Ibu **Prof.Dr.dr. Nurpudji Astuti Daud, MPH.,Sp.GK (K)** selaku **Promotor**; yang dengan kepakaran dan kesabaran beliau memberikan bimbingan, ide, saran dan solusi atas hasil penelitian ini sehingga menjadi lebih baik. Kepada Bapak **dr. Agussalim Bukhari, M.Clin.,Med.,Ph.D., Sp.GK (K)** selaku Co-Promotor I dan Bapak **Prof. Subehan, S.Si., M.Pharm.,Ph.D., Apt** selaku Co- Promotor II, melalui kepakaran beliau masing-masing juga dengan kesibukannya, beliau masih bersedia meluangkan waktu dan dengan ikhlas serta kesabaran yang tergantikan oleh apapun juga memberikan koreksian dan saran serta ide-ide untuk memperluas isi penulisan disertasi ini.

Perkenalkan pula kami menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada Direktorat Jenderal Tenaga Kesehatan Kementerian Kesehatan RI di Jakarta yang telah memberikan izin sekaligus beasiswa untuk

melanjutkan studi pada program doktor di Universitas Hasanuddin.

Terima kasih kepada Bapak Prof. Ir. Hardinsyah.,MS.,Ph.D selaku penguji eksternal dimana di tengah-tengah kesibukan beliau di Bogor tetap meluangkan waktunya menghadiri ujian disertasi ini serta memberikan koreksi sehingga isi disertasi ini menjadi lebih sempurna. Kepada Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin Ibu Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid., M.Kes., Sp.PD-KGH.,Sp.GK.,FINASIM; sekaligus penguji, Bapak Prof. dr. Veni Hadju., M.Sc.,Ph.D; dr Aminuddin.,M.Mut & Diet.,Ph.D.,Sp.GK; Bapak dr. Aminuddin, M. Nut & Diet., Ph.D,Sp.GK ; Bapak Dr.Eddyman W. Ferial., S.Si., M.Si dan Bapak Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin., MKM selaku penguji dengan kepakaran masing-masing telah memberikan masukan dan koreksi yang sangat berguna dalam perbaikan isi dari disertasi ini sehingga menjadi lebih bermakna, bagi banyak kalangan kelak juga menambah wawasan keilmuan penulis.

Semua pihak yang telah memberikan izin terlaksananya penelitian ini yakni: Pemerintah Kabupaten Konawe Selatan, Kepala Kecamatan Konda dan Wolasi, kepala Puskesmas Konda dan Wolasi, dokter, petugas gizi dan kader. Secara khusus para ibu dan anak baduta kecamatan Konda dan kecamatan Wolasi yang telah berpartisipasi dengan rela terlibat di dalam penelitian ini sampai akhir, terima kasih atas semua yang sudah diberikan. Semoga amal baik ibu beserta anak-anak, dapat memberikan perbaikan kesehatan di Kabupaten Konawe Selatan

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada Ketua Program Studi Doktor yang telah memfasilitasi proses Pendidikan sejak seleksi hingga

selesainya Pendidikan Doktor di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, dan Direktur Poltekkes Kemenkes Kendari, yang telah memberikan izin belajar, kemudahan dan dukungan selama melanjutkan Pendidikan Doktor di Universitas Hasanuddin.

Ketua Jurusan Teknologi Laboratorium Medik (TLM), atas dukungan dan doanya bersama seluruh rekan-rekan dosen di TLM untuk kebersamaannya. Seluruh staf di lingkungan Prodi Doktor Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin pak Akmal, pak Mumu, dan pak Rahman yang selalu aktif membantu dalam hal administrasi dari awal perkuliahan sampai saat akhir studi Doktor.

Penghargaan yang tulus untuk keluarga ku mama Agus Limbong yang selalu mencintai, membimbing dan mendukung selama melanjutkan studi juga saudaraku tercinta Rachel, Albertus, Yaved dan Monita yang dengan setia berdoa untuk keberhasilanku. Kepada kalian kupersembahkan semua ini. Adikku Juniance dan Daud Kaselle serta anak-anak Nasya, Mesya, Arsyah, terima kasih untuk kesabarannya selama kita bersama.

Rekan-rekan Angkatan 2018 awal Dr. Karlina, Dr. Fatmawati, Dr. Maulita, Dr. Rosnah, Dr. Fitri dan Dr. Sahrida atas kebersamaan suka dan duka kelas C, semoga kita semua senantiasa disehatkan

Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu dan telah turut menunjang terselesainya disertasi ini. Kiranya Tuhan YME membalas budi baik semua pihak yang telah membantu sehingga disertasi ini bisa terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa disertasi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk menyempurnakan hasil disertasi ini. Semoga disertasi ini dapat memberi manfaat bagi diri penulis secara pribadi dan para pembaca bahwa produk pangan lokal ulat sagu yang dianggap sangat menggelikan, menjijikkan, murah dan tidak dilirik oleh masyarakat dapat menjadi alternatif pengganti protein dari daging yang mahal guna membantu mengatasi masalah gizi makro dan mikro pada anak gizi kurang.

Makassar, Agustus 2023

Penulis

Trees

ABSTRAK

Trees. PENGARUH POTENSI ULAT SAGU (*Rhinchoporus ferrugineus*) SEBAGAI SUPLEMEN TERHADAP PENINGKATAN KADAR INSULIN LIKE GROWTH FACTOR-1 (IGF-1), JUMLAH TOTAL LIMFOSIT (TLC) DAN ALBUMIN PADA ANAK GIZI KURANG USIA 12-24 BULAN

(dibimbing oleh Nurpudji Astuti Daud, Agussalim Bukhari dan Subehan)

Asupan nutrisi seperti protein dan asam amino yang tidak seimbang akan mengakibatkan sistem kekebalan tubuh terganggu dan berdampak terhadap menurunnya sistem pertahanan dan produksi zat anti bodi tubuh. Ulat sagu (*Rhinchoporus ferrugineus*) salah satu pangan lokal yang mampu memenuhi kebutuhan protein hewani, dimana saat ini pemenuhan kebutuhan protein masih pada konsumsi daging dan susu yang relatif mahal. Protein berperan dalam kerja IGF-1, TLC sebagai indikator kekebalan tubuh dan albumin, merupakan pemeriksaan biokimia pada anak gizi kurang. Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh pangan lokal ulat sagu (*Rhinchoporus ferrugineus*) sebagai suplemen terhadap perbaikan status gizi dan kekebalan tubuh melalui peningkatan kadar IGF-1, TLC dan albumin pada anak gizi kurang usia 12-24 bulan. Jenis penelitian yang digunakan adalah Quasi eksperimen dalam bentuk *non randomized control group pre - posttest intervention design* di Kabupaten Konawe Selatan. Sampel dibagi dua kelompok yakni kecamatan Wolasi sebagai wilayah intervensi yang menerima suplemen ulat sagu sebanyak 20 gram selama 90 hari dan kecamatan Konda sebagai kelompok kontrol diberikan PMT penyuluhan setiap 2 minggu sekali. Jumlah sampel masing-masing kelompok yang menyelesaikan penelitian adalah 37 anak terdiri dari 18 kelompok kontrol dan 19 kelompok intervensi. Status gizi anak diukur menggunakan antropometri dan pemeriksaan biokimia yakni IGF-1, TLC dan albumin. Pengukuran kadar IGF-1 dan albumin menggunakan metode ELISA, sedangkan pengukuran limfosit menggunakan pemeriksaan darah lengkap dengan hematologi analyzer menggunakan alat "SIEMENS ADVIA 560". Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh pemberian suplemen ulat sagu terhadap kadar IGF anak baduta setelah intervensi dengan Sulasa ($p=0,08$), dan status gizi berdasarkan parameter BB/U ($p=0,000$) dan PB/U ($p=0,000$). Tidak ada perbedaan kadar TLC dan albumin pada kedua kelompok intervensi dan control. Kelompok intervensi mengalami kenaikan nilai karakter antropometrik dan biokimia yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Kesimpulan dari ulat sagu (*Rhinchoporus ferrugineus*) sebagai suplemen terbukti memberikan pengaruh peningkatan antropometrik dan biokimia yang lebih baik pada kelompok intervensi dibandingkan kelompok control.

Kata Kunci: Ulat Sagu, Suplemen, IGF-1, TLC, Albumin, Gizi Kurang

ABSTRACT

TREES. The effect of the use of local food sago worm (*Rhinchoporus ferruginous*) as a supplement on increasing IGF-1, TLC, and albumin Levels in undernourished toddlers age 12-24 months (Supervised by Nurpudji Astuti Daud, Agussalim Bukhari, and Subehan)

The problem of undernutrition by toddlers is macronutrient and micronutrient deficiency. Unbalanced intake of nutrients such as protein and amino acids will cause the immune system to be disrupted and have an impact on decreasing the defense system and the production of antibody substances. Sago caterpillar (*Rhinchoporus ferruginous*) is one of the local foods that can meet the needs of animal protein, where currently the fulfillment of protein needs is still in the consumption of meat and milk which is relatively expensive. Protein plays a role in the work of IGF-1, TLC as an indicator of immunity, and albumin is a biochemical examination in malnourished children. This study aims to assess the effect of local food of sago caterpillars (*Rhinchoporus ferrugineus*) as a supplement on improving nutritional status and immunity through increasing levels of IGF-1, TLC, and albumin in malnourished children aged 12-24 months. The type of research used was a quasi-experiment in the form of a *non-randomized control group pre-posttest intervention design* in the South Konawe Regency. The samples were divided into two groups, namely the Wolasi sub-district as the intervention area that received 20 grams of sago worm supplements for 90 days and the Konda sub-district as a control group given PMT counseling every 2 weeks. The sample size of each group that completed the study was 37 children consisting of 18 control groups and 19 intervention groups. The nutritional status of children was measured using anthropometry and biochemical examinations namely IGF-1, TLC, and albumin. Measurement of IGF-1 and albumin levels using the ELISA method, while lymphocyte measurement using a complete blood test with a hematology analyzer using the "SIEMENS ADVIA 560" tool. The results showed that there was an effect of sago worm supplementation on the IGF levels of toddlers after intervention with Sulasa ($p = 0.08$), and nutritional status based on BB / U parameters ($p = 0.000$) and PB / U ($p = 0.000$). There were no differences in TLC and albumin levels in both the intervention and control groups. The intervention group experienced a higher increase in anthropometric and biochemical character scores than the control group. The conclusion of the sago worm (*Rhinchoporus ferrugineus*) as a supplement was shown to have a better anthropometric and biochemical improvement effect in the intervention group than in the control group.

Keywords: sago worm, supplement, IGF-1, TLC, albumin, malnutrition

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Rumusan Masalah	12
Tujuan Penelitian	12
Manfaat Penelitian	13
Hipotesis Penelitian.....	14
Kebaharuan Penelitian	14
BAB II TINJAUAN TEORI.....	17
A. Tinjauan Tentang Ulat Sagu (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>)	17
1. Penyebaran dan Nama Ulat Sagu (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>)	17
2. Proses Panen dan Morfologi Ulat Sagu.....	17
3. Siklus Hidup Ulat Sagu.....	19
4. Harga Ulat Sagu.....	23
5. Perbandingan Kandungan Protein Ulat Sagu dari beberapa penelitian.....	24
6. Potensi Pangan Lokal Ulat Sagu Sulas sebagai Suplemen Makanan Anak Gizi Kurang.....	26
B. Tinjauan Tentang Insuline Like Growth Factor-1 (IGF-1)	34
1. Pengertian.....	34

2. Hubungan IGF-1 dengan Anak Gizi Kurang	35
3. Cut-off point pada IGF-1	38
DAFTAR ISI	
4. Potensi Ulat Sagu dalam Peningkatan IGF-1	39
C. Tinjauan Tentang Total Lymphocyte Count (TLC)	42
1. Pengertian	42
2. Mekanisme Sistem Imun	44
3. Mekanisme proteksi tubuh terhadap infeksi	47
4. Cutt of point	49
5. Potensi Ulat Sagu dalam meningkatkan limfosit guna mengatasi masalah gizi kurang	50
D. Tinjauan Tentang Albumin	53
1. Pengertian dan Fungsi	53
2. Distribusi albumin	56
3. Penyebab kadar albumin rendah dan tinggi	57
4. Indikasi klinis dan tes serum albumin manusia	58
5. Faktor yang Mempengaruhi Kadar dan Kerja Albumin	60
6. Potensi Ulat Sagu dalam Peningkatan Kadar Albumin pada Anak Gizi Kurang	60
E. Tinjauan Tentang Pengkajian Gizi Pediatrik	62
1. Karakteristik Anak Baduta	62
2. Status Gizi	63
3. Penilaian Status Gizi	65
4. Metode Antropometri	66
5. Penilaian Status Gizi Pada Anak	68
6. Teknik Pengukuran Antropometri	71
7. Angka Kecukupan Gizi (AKG)	73
Kerangka Teori Penelitian	76
Dasar Pemikiran Penelitian	77
Kerangka Konsep Penelitian	84
BAB III METODE PENELITIAN	85
A. Desain dan Lokasi Penelitian	85
B. Alat Pengering Vakum dan Waktu Penelitian	86
C. Subyek Penelitian	88
D. Definisi Operasional ...xi	90

E.	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	93
F.	Pengolahan dan Analisis Data	95
DAFTAR ISI		
G.	Kontrol Kualitas	96
H.	Pertimbangan Etik	98
I.	Proses Pengukuran Instrumrn Penelitian.....	98
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		103
A.	Hasil Penelitian	103
1.	Penelitian Pendahuluan	103
2.	Penelitian Utama	114
B.	Pembahasan.....	121
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		136
DAFTAR PUSTAKA.....		138
LAMPIRAN		148

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Variasi protein serangga sepanjang fase metamorfosis.....	20
Tabel 2 Crude Protein Ulat Sagu Berdasarkan Panjang dan Berat.....	21
Tabel 3 Perbandingan Kandungan Zat Gizi Ulat Sagu dari Beberapa Penelitian	24
Tabel 4 Kandungan Asam Amino Ulat Sagu dari Berbagai Sumber	25
Tabel 5 Cutt -f Point IGF-1	39
Tabel 6 Cutt of point pada Total Lymphocytes Count (TLC)	50
Tabel 7 Tahapan Kekurangan Gizi dan Cara Penilaian Status Gizi	66
Tabel 8 Istilah Umum Yang digunakan untuk Indikator Antropometri (Berdasarkan Pengukuran Berat Badan dan Tinggi Badan).....	70
Tabel 9 Kategori Status Gizi Menurut PB/U atau TB/U	72
Tabel 10 Angka Kecukupan Gizi Anak (Kemenkes, 2019).....	75
Tabel 11 Angka Kecukupan Gizi (AKG) Vitamin	76
Tabel 12 Angka Kecukupan Gizi (AKG) Mineral	76
Tabel 13 Kandungan Gizi Ulat Sagu (Isi, Kulit dan Utuh).....	105
Tabel 14 Perbedaan Kandungan Gizi Ulat Sagu Moramo dan Simbune....	108
Tabel 15 Tahapan Siklus Hidup Ulat Sagu dari Telur sampai Dewasa	110
Tabel 16 Komposisi Gizi Ulat Sagu Segar dan Sulasa per 100 g	111
Tabel 17 Komposisi Asam Amino Ulat Sagu Segar dan Sulasa	112
Tabel 18 Perbandingan Kandungan Zat Gizi Ulat Sagu dan Sumber Protein Hewani lain per 100 g	113
Tabel 19 Sebaran Sampel Berdasarkan Umur Anak Baduta	115
Tabel 20 Sebaran Sampel Berdasarkan Jenis Kelamin Anak Baduta.....	115
Tabel 21 Sebaran Sampel Berdasarkan Status Gizi (BB/U) dan (TB/U)	116
Tabel 22 Lingkar Kepala Baduta	117
Tabel 23 Lingkar Lengan Atas (LLA) Baduta	118
Tabel 24 Rata-rata Konsumsi dan Kebutuhan Energi dan Protein Sampel	118
Tabel 25 Sebaran Sampel Berdasarkan Hasil Pemeriksaan Kadar Serum IGF-1	119

Tabel 26 Sebaran Sampel Berdasarkan Hasil Pemeriksaan Kadar Serum TLC	120
Tabel 27 Sebaran Sampel Berdasarkan Hasil Pemeriksaan Kadar Serum Albumin	120
Tabel 28 Perbandingan AKG Anak Usia 1-3 tahun dan AKG Sulasa.....	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 - Proses Panen Ulat Sagu.....	18
Gambar 2 Siklus Hidup Ulat Sagu.....	20
Gambar 3 Berbagai harga ulat sagu di on-line shop	23
Gambar 4 Pengaruh gizi kurang terhadap sekresi Growth Hormon	37
Gambar 5 Nutrisi dan persinyalan hormon pertumbuhan.....	38
Gambar 6 Sistem Immun pada Manusia	44
Gambar 7 Aktivasi Limfosit	49
Gambar 8 Beberapa Zat Utama yang Diangkut oleh Albumin.....	62
Gambar 9 Faktor Penyebab Kekurangan Gizi.....	65
Gambar 10 Kerangka Teori Penelitian	76
Gambar 11 Kerangka Konsep Penelitian	84
Gambar 12 Rancangan Penelitian Two Pre-Test dan Post-Test.....	85
Gambar 13 Pengering Vakum Stainless Stell	86
Gambar 14 Kegiatan Sosialisasi Inovasi Alat Pengering di Kabupaten Konawe Selatan dan Kabupaten Kolaka Timur Bersama Tim Litbang	87
Gambar 15 Alur Penelitian	89
Gambar 16 Jenis Pohon Sagu yang diambil Metrylon sp.....	106
Gambar 17 Alur Pengeringan Ulat Sagu.....	107
Gambar 18 Oven Pengering Vakum Stainless Stell.....	108

DAFTAR SINGKATAN

AKG	= Angka Kecukupan Gizi
Baduta	= anak usia di bawah dua tahun
BB/U	= berat badan menurut umur, Z score
BB/PB	= berat badan menurut Panjang badan
DMN	= Double Bourden of Malnutrition
ELISA	= Enzyme-linked immunosorbent assay
FFQ	= Food Frequency Quality
GH	= growth hormone
HAZ	= Height for Age Z-score
1000 HPK	= 1000 Hari Pertama Kehidupan
HPLC	= High Performance Liquid Chromatography
IGF-1	= Insulin Like Growth Factor 1
Kemenkes RI	= Kementerian Kesehatan Republik Indonesia
KMS	= Kartu Menuju Sehat
LLA	= Lingkar Lengan Atas
PB/U	= Panjang badan menurut umur, Z score
Risksedas	= Riset Kesehatan Dasar
RTUF	= Ready to Use Food
Sulasa	= Suplemen Ulat Sagu untuk Anak Usia Dua Tahun
SDGs	= <i>Sustainable Development Goals</i>
SSGI	= Survey Status Gizi Indonesia
TLC	= Total Lymphocyte Count
UNICEF	= United Nations
WAZ	= Weight-for- Age Z-score
WHZ	= Weight for Height Z-score
WHO	= World Health Organization

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan wilayah dengan penderita kekurangan gizi cukup besar terutama dalam siklus kehidupan yakni ibu hamil, bayi dan anak. Paradigma kekurangan gizi pada anak usia di bawah lima tahun (balita) khususnya pada kelompok anak usia kurang dari 2 tahun (baduta) masih cukup tinggi (Direktorat Kesehatan dan Gizi Masyarakat, 2013), dan hal ini bermula dari kondisi kurang gizi pada saat kehamilan yang ke depannya dapat mengakibatkan kemampuan kognitif lebih rendah, risiko stunting, serta pada usia dewasa berisiko menderita penyakit kronis (Rajagopalan, 2003; Titaley et al, 2019).

Masalah *Triple burden malnutrition* yang dihadapi Indonesia saat ini menempatkan pembangunan bidang pangan dan gizi menjadi salah satu prioritas pemerintah. *Triple burden malnutrition*, bukan hanya soal kekurangan gizi, tapi juga kelebihan, dan ketidakseimbangan asupan gizi. Dalam 10 tahun terakhir, fluktuasi prevalensi gizi kurang pada balita (BB/U <-2SD) terlihat mengalami penurunan dimana pada tahun 2013 prevalensinya sekitar 19,6 %. Begitupun dengan prevalensi anak pendek (PB/U <-2SD) juga menurun, dimana pada tahun 2013 prevalensinya sebesar 37,2% (Puslitbang, 2013; Trihono et.al., 2015). Pada tahun 2018, terjadi penurunan sehingga angka *stunting* menjadi 30,8% terdiri dari 19,3%

balita pendek dan 11,5% sangat pendek yang artinya 1 dari 3 balita di Indonesia mengalami *stunting* (Kemenkes, 2018). Kedua masalah gizi ini terjadi pada hampir semua provinsi yang ada di Indonesia. Masalah gizi jika tidak ditangani akan menimbulkan masalah yang lebih besar, bangsa Indonesia dapat mengalami *lost generation*.

Propinsi Sulawesi Tenggara merupakan salah satu daerah yang termasuk 9 besar propinsi di Indonesia dengan anak balita *stunting* cukup tinggi yakni 27,7 %; prevalensi *wasting* sebesar 8,7 berada di urutan 14; dan gizi kurang sebesar 21,1 % berada di urutan 12 (SSGI, 2022), dimana ketiga prevalensi tersebut masih berada di atas prevalensi nasional. Adapun kategori prevalensi *stunting* Kabupaten Konawe Selatan sendiri sebesar 28,3%, prevalensi balita *wasting* sebesar 7,2 %, dan *underweight* 19,4 % dimana *stunting* dan *underweight* berada di atas standar nasional. Sedangkan *wasting* berada dibawah prevalensi standar provinsi Sulawesi Tenggara dan nasional (SSGI, 2022).

Anak yang memiliki status gizi kurang atau buruk (*underweight*) berdasarkan pengukuran berat badan terhadap umur (BB/U) dan pendek atau sangat pendek (*stunting*) berdasarkan pengukuran tinggi badan terhadap umur (TB/U), perlu mendapatkan fortifikasi pangan (Yayasan Kegizian 2011). Penyelesaian masalah gizi kurang tidak pernah tuntas disebabkan oleh multifaktor diantaranya asupan gizi yang tidak tepat, kemiskinan dan sanitasi higienis yang kurang serta penyakit infeksi (WHO, 2013). Masalah kekurangan gizi pada baduta ini perlu diwaspadai karena

dapat mengakibatkan penurunan imun atau daya tahan tubuh sehingga memudahkan anak terserang penyakit (Sutarto et al, 2018; Rytter et al, 2014), terjadi defisit kecerdasan intelektual (IQ) secara permanen 5 point dibawah normal, gangguan pertumbuhan dan perkembangan tingkah laku serta kognitif, dengan dampaknya yakni hilangnya asset bangsa yang cukup berharga karena pada usia ini merupakan usia kritis dalam proses tumbuh kembang anak baik secara fisik maupun kecerdasan.

Untuk itu, sejalan dengan amanat pembangunan Indonesia tahun 2020-2024 yang dituangkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJMN), Peraturan Presiden No 18 Tahun 2020 tentang RPJMN menyebutkan tujuan pembangunan kesehatan yaitu untuk membentuk sumber daya manusia yang berkualitas, berdaya saing, sehat, cerdas, adaptif, inovatif, terampil dan berkarakter. Guna mencapai hal tersebut, maka penguatan pelayanan kesehatan seperti promotive dan preventif perlu terus didorong dengan dukungan inovasi dan pemanfaatan teknologi (Kemkes RI, 2022). Pencapaian tersebut dilakukan sebagai upaya peningkatan pelayanan kesehatan menuju cakupan kesehatan semesta terutama penguatan pelayanan kesehatan dasar dengan mendorong peningkatan upaya promotif dan preventif didukung inovasi dan pemanfaatan teknologi. Indikator perbaikan gizi masyarakat diantaranya adalah menurunkan stunting dan wasting masing-masing menjadi 14% dan 7% pada tahun 2024.

Untuk mengatasi permasalahan gizi ini, pada tahun 2010 PBB telah meluncurkan program *Scaling Up Nutrition* (SUN) yaitu sebuah upaya bersama dari pemerintah dan masyarakat untuk mewujudkan visi bebas rawan pangan dan kurang gizi (*zero hunger and malnutrition*), melalui penguatan kesadaran dan komitmen untuk menjamin akses masyarakat terhadap makanan yang bergizi. Di Indonesia, Gerakan *scaling up nutrition* dikenal dengan Gerakan Nasional Percepatan Perbaikan Gizi dalam rangka Seribu Hari Pertama Kehidupan (Gerakan 1000 HPK) dengan landasan berupa Peraturan Presiden (Perpres) nomor 42 tahun 2013 tentang Gerakan Nasional Percepatan Perbaikan Gizi.

Bidang pertanian sebagai sektor hulu, menjadi sektor kunci untuk mewujudkan status gizi masyarakat yang optimal, namun penting pula untuk dipahami kaitannya dengan sektor lain seperti pola asuh, sanitasi dan air bersih, kualitas pelayanan kesehatan, serta sosial inklusi yang memiliki peran penting seperti kemiskinan, pendidikan, budaya, gender, agama, usia, suku, disabilitas, infrastruktur, teknologi dan industri, dan lain sebagainya. Oleh karena itu seluruh sektor yang berkaitan dengan faktor-determinan tersebut perlu diintegrasikan untuk mencapai ketahanan pangan dan gizi (Kementerian PPN/Kepala Bappenas, 2021)

Menurut Bhutta et al. (2017), bahwa pertimbangan untuk mengatasi masalah gizi melalui kegiatan program intervensi seperti suplementasi, fortifikasi dan perbaikan makanan, lebih menekankan pada strategi berupa diversifikasi makanan berdasarkan sistem pangan lokal

untuk dapat berkontribusi terhadap ketahanan pangan, sehingga dengan demikian ulat sagu dapat menjadi salah satu alternatif dilakukannya intervensi bagi anak gizi kurang agar dapat menurunkan kasus gizi kurang pada balita. Ada tiga opsi yang memungkinkan untuk dilakukan dalam rangka perang melawan malnutrisi, yakni fortifikasi, suplementasi, dan diversifikasi diet. Di antara ketiganya, diversifikasi makanan dianggap paling berkelanjutan.

Ulat sagu merupakan bahan pangan lokal kaya nutrisi seperti protein, asam amino, zink, asam lemak (Banjo, 2005; Nirmala et al, 2017; Kohler, 2020; Lestari, 2021). Potensi yang dimiliki dalam hal kandungan gizi, sangat efektif untuk dijadikan sebagai salah satu pangan lokal untuk pengembangan pangan fungsional berbasis ulat sagu dalam menangani masalah gizi (*designer food and food for specified health use*). Namun, secara umum penelitian tentang serangga yang dapat dimakan di Indonesia masih sangat sedikit (Lukiwati, 2010).

Keunggulan ulat sagu kandungan protein yang tinggi berfungsi sebagai zat pembangun dan memelihara sel-sel yang rusak. Kandungan lemak dan protein tetap tinggi walaupun ulat sagu yang digunakan segar maupun kering. Kandungan protein juga dipakai untuk membentuk protein katalitik yakni hormon dan enzim yang diperlukan dalam proses metamorphosis (Wingglesworth, 1972; La Pelusa and Kaushik, R,2022), dimana selama proses metamorphosis terjadi peningkatan produk protein pada tubuh serangga. Asupan protein menyediakan asam amino yang

diperlukan untuk membangun matriks tulang pada anak karena protein berfungsi untuk memodifikasi sekresi dan aksi dari osteotropic hormon IGF-1, sehingga asupan protein dapat memodulasi potensi genetik dari pencapaian *peak bone mass*. Asupan protein yang rendah terbukti merusak akuisisi mineral massa tulang dengan merusak produksi IGF-1 (Muhilal dan Hardinsyah, 2004; Asrar et al, 2009 dan Bourrin, et al, 2000)

Menurut Vinicius et al (2014), bahwa pemberian suplemen asam amino pada atlet, dianggap bermanfaat mengurangi ROS/RNS serta terjadinya peradangan. Suplementasi L-Glutamin oral (0,1 g/kg BB) untuk atlet memiliki efek yakni melemahkan penurunan kadar L-Glutamin yang diinduksi oleh olahragawan, penurunan jumlah limfosit. Oleh karena itu, manajemen gizi berupa pemberian suplemen sangat penting dilakukan baik jangka pendek maupun jangka panjang untuk mengurangi masalah gizi.

Ulat sagu adalah bagian dari serangga menyediakan protein dan nutrisi berkualitas tinggi yang sebanding dengan daging dan ikan. Serangga sangat penting sebagai suplemen makanan untuk anak-anak kurang gizi karena sebagian besar spesies serangga tinggi asam lemak (sebanding dengan ikan), juga kaya serat dan mikronutrien seperti tembaga, besi, magnesium, mangan, fosfor, selenium dan zink (Nirmala, et al, 2017; Kohler et al. 2020)

Penelitian pendahuluan dari penulis menunjukkan pada bagian badan ulat sagu memiliki kandungan kadar air (61.44%), protein (6.88%),

lemak (21.86%), serat (1.82%), Zink (18.32 mg/g), albumin (28.99 mg/g) dan vitamin A (0.346 mg/g) sedangkan kulit ulat sagu mengandung kadar air (63.40%), protein (5.94%), lemak (22.13%), serat (0.60%), Zink (19.55 mg/g), albumin (34.52 mg/g) dan vitamin A (1.761 mg/g). Selain itu, analisis pada bagian badan ulat sagu yang sudah kering menunjukkan bahwa terdapat kandungan zink sebesar 48.49 mg/g, protein 27.31% dan albumin sebesar 18.7 mg/g dan pada bagian kulit ulat sagu kering terdapat Zink sebesar 43.66 mg/g, protein 31.69%, dan albumin 14.70 mg/g. Hal ini membuat ulat sagu berpotensi untuk dijadikan sebagai salah satu makanan dalam mengatasi masalah gizi.

Dalam mengatasi masalah gizi kurang, telah dilakukan beberapa kebijakan seperti pemberian *Ready to use food* (RTUF) untuk mencegah dan menangani gizi kurang (Owino, 2016), begitupun dengan pemberian biskuit yang terdiri dari 12 keping per bungkus atau 540 kalori (45 kalori per biskuit) bagi anak balita yang diberikan setiap hari selama satu bulan. Saat ini pula pemerintah melalui Kemkes (2018) tentang petunjuk teknis pemberian makanan tambahan, sedang menggiatkan pemberian makanan lokal pada ibu hamil dan anak balita gizi kurang dalam bentuk makanan utama dan snack. Namun kendala yang dihadapi terutama adalah masalah *acceptability* dimana hal ini berhubungan dengan *familiarity* atau kebiasaan makan juga *policy* (Mears dan Young, 1998; WHO, 2017; Nirmala and Bisht, 2017). Selain itu, keterbatasan dalam meningkatkan kepadatan energi dan protein makanan melalui teknologi pengolahan pangan juga menjadi

masalah ketersediaan pangan sehingga berdampak pada status gizi (Wang et al. 2013; Galanakis, 2021).

Kekurangan nutrisi berkontribusi terhadap penurunan sirkulasi IGF-1 serta merusak mekanisme transkripsional dan pasca transkripsional demikian pula dengan penurunan tingkat sirkulasi dan pembatasan diet akan meningkatkan degradasi serum IGF-I (Thissen et al. 1991). Penelitian yang dilakukan pada tikus muda, pada saat terjadi pembatasan protein, maka terjadi gangguan pertumbuhan resistensi terhadap aksi IGF-I bahkan lebih lanjut pada tingkat selular tulang. Dalam pendekatan diagnostik anak pendek dan atau pertumbuhan lambat, serum *insulin-like growth factor-1* (IGF-1) dianggap sebagai salah satu komponen penting *screening* laboratorium, yakni sebagai indikasi pertama defisiensi hormon pertumbuhan (Wit et al., 2021). Kegagalan pertumbuhan yang disebabkan oleh malnutrisi umumnya didefinisikan sebagai rendahnya berat badan per umur (*underweight*), panjang badan per umur (*stunting*), atau berat badan per panjang badan (*wasting*) (Rytter et al, 2014).

Thissen et al (1991) lebih lanjut menjelaskan bahwa kekurangan konsumsi protein pada balita malnutrisi, menyebabkan penurunan jumlah limfosit total (TLC) yang juga merupakan parameter respon imun selular pada anak malnutrisi dan sebagai penilaian penurunan respon imun selular bersama dengan albumin sebagai protein dengan konsentrasi paling tinggi didalam darah yakni sebesar 60% dari total protein plasma (Gunarsa et al, 2008). Protein dan gizi yang cukup diperlukan untuk menghasilkan limfosit

karena kekurangan protein energi menyebabkan berkurangnya produksi limfosit (Saito et.al, 2007; Zhang et al, 2021).

Limfosit merupakan utama sel yang berperan dalam sistim kekebalan spesifik. Limfosit dapat dibedakan menjadi sel T dan sel B. Penurunan TLC merupakan penanda gizi kurang. TLC rendah juga berkontribusi terhadap hasil klinis yang buruk (Guan et al, 2020), dan penanda serum yang populer yang berguna untuk menentukan status gizi (Zhang et al, 2021). Tingkat TLC yang bervariasi pada level malnutrisi berbeda, misalnya tingkat TLC $<1.500/m^3$ menunjukkan korelasi yang kuat dengan malnutrisi dan $<900/m^3$ menggambarkan malnutrisi berat (Omran dan Morley, 2000; Seiler, 2001; Zhang et al, 2021).

Protein visceral sebagian besar disintesis di hati. Asupan protein dan energi yang buruk, gangguan fungsi sintetik hati, serta status inflamasi mengakibatkan rendahnya kadar protein visceral yang bersirkulasi (Keller, 2019). Selama keadaan inflamasi dan peningkatan produksi protein fase akut, hati memprioritaskan sintesis protein dan menurunkan sintesis protein visceral, dimana gambaran tersebut berkorelasi dengan tingkat keparahan inflamasi (Jain et al, 2011; Keller, 2019). Hati merespon dengan memproduksi sejumlah besar *Acute Phase Reaction* (APR) dan pada saat yang sama, produksi sejumlah protein lain berkurang akibat protein fase akut negatif seperti albumin, transfer, transthyretin, transcortin, dan protein pengikat retinol (Jain et al, 2011).

Albumin adalah protein yang paling melimpah dalam serum manusia (Keller, 2019). Kadar albumin digunakan sebagai indikator perubahan biokimia yang berhubungan dengan simpanan protein tubuh dan berkaitan dengan perubahan status gizi walaupun tidak terlalu sensitif. Pada penderita gizi kurang sering ditemukan kadar albumin serum yang rendah, sehingga berdampak pada gangguan pertumbuhan tubuh dan otak. Disisi lain, bioaktif *somatomedin* dalam serum menurun pada kondisi anak-anak marasmus dan kwashiorkor dan penurunan aktivitas ini disertai oleh penurunan serum albumin (Wang et al. 2013; Thissen et al. 1991). Konsentrasi albumin serum menurun dengan bertambahnya usia kira-kira sebesar 0.1 g/L per tahun (Keller, 2019). Pada orang sehat, kehilangan albumin lewat urine biasanya tidak melebihi 10-20 mg/hari, karena hampir semua yang melewati membrane glomerulus akan diserap Kembali.

Menurut Gibson (2005), penentuan status protein dalam tubuh dapat menggunakan indikator albumin. Kadar serum albumin tergantung pada proses yakni sintesis, degradasi dan distribusi. Ada beberapa faktor juga mempengaruhi sintesa albumin yakni gizi, lingkungan, hormon dan adanya suatu penyakit (Nicholson et al, 2000; Widjaya, 2013; Gounden et al 2022)

Pemerintah melalui peraturan Presiden No. 72 tahun 2021, tentang percepatan penurunan stunting (Kemkes, 2021), menggantikan Perpres No. 42 Tahun 2013, tentang Gerakan Nasional Percepatan Perbaikan Gizi. Dan Kemenkes (2023), salah satu fokus pemerintah untuk

mengatasi masalah gizi pada anak gizi kurang dan ibu hamil anemia adalah dengan pemanfaatan pangan local dalam bentuk makanan lengkap ataupun snack.

Akhir-akhir ini, ulat sagu sudah menjadi perhatian beberapa ilmuwan/peneliti, bahwa berdasarkan teori ternyata zat gizi pada ulat sagu dapat mempengaruhi imunitas dimana anak yang kekurangan gizi mengalami penurunan imunitas yang juga kondisinya dapat diperberat dengan adanya inflamasi dan gangguan metabolik lainnya. Karena peran penting ulat sagu ini maka, peneliti memfokuskan pada pemanfaatan ulat sagu yang telah lama digunakan oleh orang dewasa di Kabupaten Konawe Selatan, sebagai pangan lokal kaya protein dan zat gizi lainnya. Namun menariknya, berdasarkan hasil wawancara diungkapkan bahwa walaupun ulat sagu sering digunakan untuk mengobati demam juga sariawan, namun masyarakat tidak memberikan ulat sagu untuk dikonsumsi pada anak-anak dikarenakan adanya faktor psikologis seperti ibu merasa geli melihat apalagi untuk mengkonsumsi ulat sagu. Oleh karena itu, penelitian ini sekaligus membuat produk *ready to use* berbentuk *sprinkle* dengan menghilangkan bentuk asli ulat sagu melalui teknologi pengeringan vakum serta mencari formulasi yang tepat dalam penanganan gangguan kekurangan gizi anak di Kabupaten Konawe Selatan

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat ditarik adalah:

1. Apa saja faktor yang berpengaruh terhadap kadar IGF-1, TLC, albumin dan antropometri pada anak gizi kurang usia 12-24 bulan yang mendapatkan suplemen ulat sagu dibandingkan dengan kontrol?
2. Apakah terdapat perubahan kadar IGF-1, TLC, albumin dan antropometri pada anak gizi kurang usia 12-24 bulan yang mendapatkan suplemen ulat sagu dibandingkan dengan kontrol?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Tujuan Umum:

Menilai pengaruh pangan lokal ulat sagu (*Rhynchoporus ferrugineus*) sebagai suplemen terhadap perbaikan status gizi dan kekebalan tubuh melalui peningkatan kadar IGF-1, TLC dan albumin pada anak gizi kurang usia 12-24 bulan.

2. Tujuan Khusus:

- a. Menilai besar perbedaan perubahan IGF-1 sebelum dan sesudah intervensi pada kelompok yang menerima suplemen ulat sagu dengan kelompok kontrol.
- b. Menilai besar perbedaan perubahan TLC sebelum dan sesudah intervensi pada kelompok yang menerima suplemen ulat sagu dengan kelompok kontrol.

- c. Menilai besar perbedaan perubahan albumin sebelum dan sesudah intervensi pada kelompok yang menerima suplemen ulat sagu dengan kelompok kontrol.
- d. Menilai besar perbedaan perubahan antropometri sebelum dan sesudah intervensi pada kelompok yang menerima suplemen ulat sagu dengan kelompok kontrol

Manfaat Penelitian

1. Manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan
 - a. Memberikan kontribusi pengetahuan atau informasi ilmiah tentang manfaat ulat sagu sebagai pangan lokal fungsional dalam mengatasi masalah gizi kurang pada anak usia 12-24 bulan
 - b. Pemeriksaan biokimia mengenai peran *Insulin Like Growth Factor-1* (IGF-1), menghitung limfosit total dan albumin dapat menjadi rujukan untuk peneliti selanjutnya yang menggunakan pangan lokal sebagai intervensi gizi
2. Manfaat aplikasi
 - a. Digunakan sebagai salah satu sumber alternatif dalam mempercepat program perbaikan gizi melalui intervensi pangan lokal bagi anak gizi kurang usia 12-24 bulan;
 - b. Memberikan edukasi tentang potensi pangan lokal ulat sagu sebagai sumber zat gizi dengan berbagai olahan sehingga segi penerimaan (*acceptability*) masyarakat bukan hanya di kalangan anak baduta tetapi juga anak balita, anak sekolah, remaja, ibu hamil dan orang

usia lanjut untuk perbaikan gizi keluarga khususnya pada keluarga yang ekonominya rendah.

- c. Hasil penelitian ini dapat memberikan masukan kepada pemerintah khususnya dalam mendukung program pemerintah pusat yakni memanfaatkan pangan local dalam penanganan masalah gizi di Indonesia

Hipotesis Penelitian

Hipotesis utama pada penelitian ini adalah pemberian suplemen ulat sagu dapat memperbaiki status gizi pada anak baduta usia 12-24 bulan.

Dari hipotesis utama diajukan hipotesis berikut:

- a. Pemberian suplemen ulat sagu pada anak baduta usia 12-24 bulan meningkatkan kadar IGF-1 sebelum dan setelah intervensi
- b. Pemberian suplemen ulat sagu pada anak baduta usia 12-24 bulan meningkatkan kadar TLC sebelum dan setelah intervensi,
- c. Pemberian suplemen ulat sagu pada anak baduta usia 12-24 bulan meningkatkan kadar albumin sebelum dan setelah intervensi
- d. Pemberian suplemen ulat sagu pada anak baduta usia 12-24 bulan meningkatkan status antropometri sebelum dan setelah intervensi

Kebaharuan Penelitian

Kebaharuan penelitian ini, terletak pada pemanfaatan ulat sagu sebagai pangan lokal yang bergizi tinggi namun masih kurang

dimanfaatkan di masyarakat jika dibandingkan dengan pangan lokal lainnya sebagai alternatif sumber nutrisi. Ulat sagu umumnya hanya berupa hama pada pohon kelapa dan palma serta sangat jarang dimanfaatkan untuk keperluan kesehatan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi yang dimiliki pangan lokal ulat sagu untuk digunakan sebagai suplemen bagi anak yang mengalami gizi kurang diberikan sebanyak 20 gram (selama 90 hari dengan melihat kadar serum IGF-1, TLC, albumin dan pertumbuhan anak usia 12 — 24 bulan melalui pengukuran antropometri berat badan, tinggi badan, lingkar kepala dan lingkar lengan atas).

Pemberian suplemen sebesar 20 gram, didasarkan pada protein telur, dimana pemberian 20 gram protein telur, mampu memberikan tambahan protein sebesar 2,48 g protein (protein telur per 100 g 12,8 g), Makanan tambahan lengkap pada anak balita dan pada kudapan diwajibkan mengandung sebesar 6,8 g protein (Kemenkes 2018). Pemberian 20 gram juga dibandingkan dengan penelitian Lestari et al (2021), yang memberikan intervensi pada tikus KEP selama 28 hari berupa tepung ulat sagu dengan dosis sebesar 0,36 g/BB/hari gram dan dosis 1,36 g/BB/hari melalui sonde dan Nirmala et.al (2017) yang memberikan intervensi 20 gram abon dan serundeng ulat sagu yang didiversifikasi ke makanan lokal selama 45 hari, mampu meningkatkan berat badan anak gizi kurang. Sandige et al (2004), menyatakan bahwa pemberian RTUF impor atau produksi lokal pada anak-anak mengandung 175 kkal/kg/hari

dan 5,3 g protein/kg/hari yang dilengkapi vitamin dan mineral.

Belum pernah ada dilaporkan di publikasi ilmiah tentang potensi ulat sagu sebagai suplemen terhadap sistem imun kaitannya dengan IGF-1, Total Lymphocyte Count (TLC) dan albumin pada anak gizi kurang usia 12-24 bulan, sebagai salah satu strategi diversifikasi pangan lokal melalui proses pengeringan dalam bentuk sprinkle sebagai makanan tambahan anak baduta gizi kurang. Pembuatan sprinkle dimaksudkan untuk ketersediaan jangka panjang ulat sagu sebagai pangan mudah rusak (*perishable food*), peningkatan penerimaan organoleptic dan nilai gizinya (Kim et al, 2019; Tao dan Li, 2018; Lestari, 2021)

BAB II

TINJAUAN TEORI

A. Tinjauan Tentang Ulat Sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*)

1. Penyebaran dan Nama Ulat Sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*)

Penduduk yang berada di wilayah Indonesia bagian Timur, khususnya di daerah Papua dan Maluku mengkonsumsi sagu sebagai salah satu makanan pokok sumber energi selain beras (Tirta, Indriyanti & Ekafitri, 2013) begitupun juga dengan daerah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Kalimantan Timur dan Sumatera Utara (Nirmala et al, 2017), dengan nama-nama yang berbeda pula. Di daerah Sulawesi Selatan (Bone) ulat sagu disebut dengan nama **Dutu** sedangkan di Luwu disebut **Wati**, Sulawesi Tenggara menyebutnya **Uwato**, di pulau Buru dikenal dengan nama **Midun**. Suku Dayak (Kalimantan) menyebutnya **Sabeta** (Silwana, 2016; Nirmala et al, 2017)

2. Proses Panen dan Morfologi Ulat Sagu

Pohon sagu yang sudah membusuk akan akan terjangkit oleh kumbang, dimana larva kumbang tersebut menetap dipohon sagu dan akan berkembang biak menjadi ulat sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) (Hastuty, 2016). Tempat tumbuh ulat sagu adalah pada pucuk gelondong sagu yang terbuang setelah panen, ditutup dengan daun sagu mengelilingi

seluruh batang, dibiarkan selama 35-40 hari. Untuk mengetahui dalam gelondongan sudah hidup ulat sagu, maka petani akan menempelkan telinga di batas tersebut. Bila terdengar bunyi gaung, berarti didalam gelondongan ulat sagu siap untuk di panen (Edrus dan Bustaman, 2007; Bustamann,2008; Nirmala et al, 2017).

Cara memanen ulat sagu dilakukan dengan mengupas kulit luar menggunakan parang atau kapak (Gambar 1), dimana saat kulit sagu terkelupas maka akan nampak ulat sagu dengan berbagai ukuran (Silawana, 2016; Bustaman,2008).



Gambar 1 - Proses Panen Ulat Sagu

Untuk mendapatkan ulat sagu tidaklah sulit karena area tanam pohon sagu masih luas, juga konsumsi sagu masih menjadi bagian dari kehidupan Masyarakat di provinsi Sulawesi Tenggara. Pada penelitian ini proses panen ulat sagu adalah selama 45 hari dari waktu pemotongan pohon, hal ini dilakukan bekerjasama dengan petani sagu.

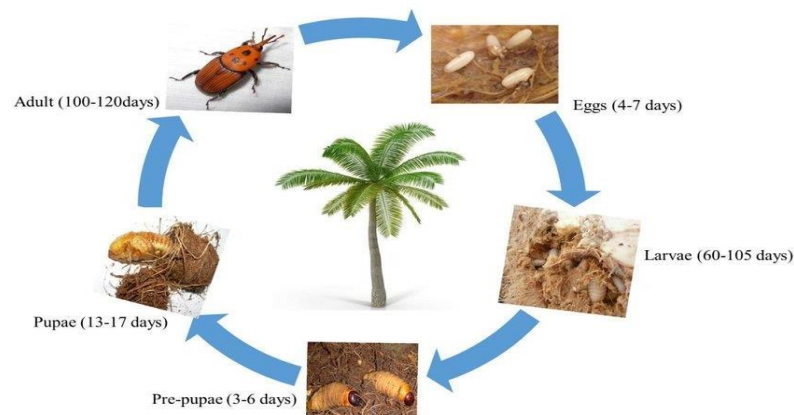
Kebijakan pengembangan pangan di Indonesia memasukkan tumbuhan sagu sebagai salah satu pangan unggulan yang diprioritaskan untuk dikembangkan. Ada 5 komoditas penting untuk pengembangan industri pangan yaitu kopi, kakao, karet, kelapa dan sagu, dimana hal ini dimuat dalam PP nomor 18 tahun 2020, tentang RPJMN 2020 sampai 2024.

Menurut Kalshoven (1981), klasifikasi ulat sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) termasuk dalam kelompok:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Class	: Insecta
Ordo	: Coleoptera
Family	: Curculionidae
Genus	: <i>Rhynchophorus</i>
Spesies	: <i>Rhynchophorus ferrugineus</i>

3. Siklus Hidup Ulat Sagu

Ulat sagu merupakan jenis insekta, berasal dari kumbang merah kelapa, yang telurnya diletakkan oleh kumbang betina pada luka-luka batang atau luka bekas gerakan *Oryctes*. Jumlah telur bisa mencapai 500 butir (Bustaman, 2008). Telur kumbang merah ini memiliki ukuran panjang 2,5 mm, lebar 1 mm. Telur akan menetas setelah 3 hari. Periode larva dari kumbang merah adalah 2,5-6 bulan (tergantung temperatur dan kelembaban) (Gambar 2). Setelah dewasa larva akan berhenti makan, kemudian akan mencari tempat berlindung yang dingin dan lembab untuk persiapan membentuk pupa (Bustaman, 2008; Rochat *et al.* 2017).



Gambar 2 Siklus Hidup Ulat Sagu

searchgate.net/figure/Life-cycle-egg-to-adult-stage-of-red-palm-weevil-RPW-Rynchophorus-ferrugineus_fig1_324006094/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Il9kaXJlY3QiLCJwYXVldljoIjX2RpcmVjdCJ9fQ

Pada Gambar 2, dapat dilihat siklus hidup ulat sagu mulai dari telur hingga dewasa. Larva dapat tumbuh hingga panjang 5 cm dan lebar bagian tengah 2 cm. Saat akan menjadi pupa, larva membuat kepompong dari serat berbentuk silindris. Fase pupa berlangsung 2–3 minggu. Daur hidup kumbang kelapa lebih kurang 3,50–7 bulan. Fase terakhir berwarna merah coklat dan bagian tubuh telah memperlihatkan tubuh kumbang dewasa (Edrus dan Bustaman, 2007).

Tabel 1 Variasi protein serangga sepanjang fase metamorfosis

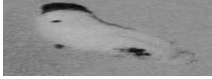
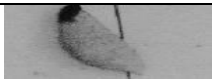
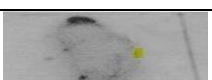
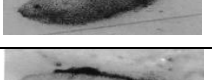
<i>Insect Stage</i>	<i>Gram protein/100 g fresh weight</i>
<i>Instar</i>	
<i>First</i>	18.3
<i>Second</i>	14.4
<i>Third</i>	16.8
<i>Fourth</i>	15.5
<i>Fifth</i>	14.6
<i>Sixth</i>	16.1
<i>Adult</i>	21.4

Sumber: Ademolu, Idowu and Olatunde, 2010 dalam Edible Insect, FAO, 2013

Sedangkan crude protein ulat sagu berdasarkan panjang (cm) dan

berat (g), digambarkan oleh Kasi et.al (2017) sebagai berikut:

Tabel 2 Crude Protein Ulat Sagu Berdasarkan Panjang dan Berat

Instar stage	Rata-rata panjang (cm)	Rata-rata berat (g)	Crude protein (%)
 1	2.5	1.0	8.02
 2	3.2	2.0	8.34
 3	3.3	2.3	12.04
 4	3.4	3.0	9.60
 5	3.9	5.0	6.54
 6	4.4	6.0	7.16

Sumber: Kasi et al, 2017; Masna 2014

Kekurangan protein dapat menyebabkan retardasi pertumbuhan, pengecilan otot, dan penumpukan cairan dalam tubuh anak-anak (Bashir et al., 2015). Dalam 100 gram ulat sagu mentah ataupun masak, mengandung protein sekitar 9,34 - 34,79 % serta asam amino esensial, seperti asam aspartat (1,84%), asam glutamat (2,72%), tirosin (1,87%), lisin (1,97%), dan methionin (1,07%) (Bustaman 2008; Purnama, 2010; Silwana, 2016; Nirmala et al, 2017; Ariani, 2018; Abdullah 2017, Kohler et al, 2020; Lestari et al, 2021)

Ulat sagu juga memiliki potensi sebagai sumber pangan alternatif. Beberapa komunitas di berbagai negara mengkonsumsi ulat sagu merah karena kandungan nutrisi yang tinggi, terutama protein, lemak sehat, asam

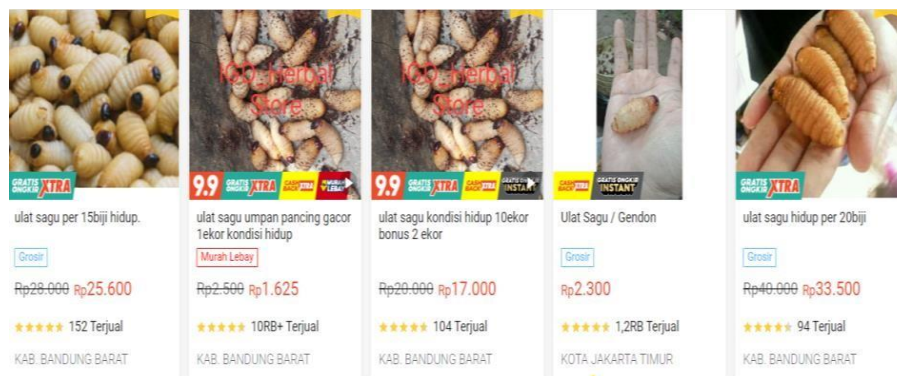
amino esensial, dan nutrisi penting lainnya seperti adanya lemak, asam amino esensial, dan tingginya protein serta nutrisi penting lainnya yang terkandung dalam ulat sagu. Selain itu, ulat sagu juga memiliki dampak kesehatan yang menguntungkan pada tubuh manusia karena banyak mengandung asam oleat yang merupakan asam lemak tunggal tak jenuh (Hastuty, 2016; Saragih, 2018).

Ulat sagu merupakan salah satu jenis pangan yang berasal dari insekta yakni dari larva kumbang merah pohon sagu yang cukup tersedia sepanjang waktu selama pohon sagu masih cukup tersedia sepanjang waktu selama pohon sagu masih dikembangkan oleh petani sagu. Untuk mencapai tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), yakni mengatasi kekurangan gizi serta mengakhiri kelaparan (*Zero Hunger*) dan mencapai ketahanan pangan melalui peningkatan nutrisi dan promosi berkelanjutan bidang pertanian, dimana target *Sustainable Development Goals* (SDGs) (2019) adalah tidak ada lagi kasus gizi buruk di Indonesia pada tahun 2030, maka salah satu cara *sustainable food* adalah melalui pemilihan pangan lokal yang tepat (Gallegos and Wahlqvist, 2020; Bhutta et al. 2017). Menurut Bhutta et al. (2017) bahwa pertimbangan untuk mengatasi masalah gizi melalui kegiatan program intervensi seperti suplementasi, fortifikasi dan perbaikan makanan, lebih menekankan pada strategi berupa diversifikasi makanan berdasarkan sistem pangan lokal untuk dapat berkontribusi terhadap ketahanan pangan, sehingga dengan demikian ulat sagu menjadi salah satu alternatif dilakukannya intervensi bagi anak gizi

kurang sehingga dapat mengurangi masalah gizi kurang pada balita. Ada tiga opsi yang memungkinkan untuk dilakukan dalam rangka perang melawan malnutrisi, yakni fortifikasi, suplementasi, dan diversifikasi diet. Di antara ketiganya, diversifikasi makanan dianggap paling berkelanjutan.

4. Harga Ulat Sagu

Ulat sagu belum dimanfaatkan secara komersil. Pemanfaatannya sebatas konsumsi petani sagu dan keluarga di beberapa suku tertentu (Junieni, et.al 2019). Di beberapa wilayah, harga ulat sagu berbeda-beda seperti di Papua harga ulat sagu berkisar Rp. 45.000- Rp. 50.000 per 25 ekor, di Sulawesi Tenggara berkisar Rp. 15.000 – Rp. 35.000 per kilo, di penjualan online harganya bervariasi mulai dari Rp. 2.000 per ekor hingga Rp. 2.500 dan dijual dalam bentuk segar digunakan untuk makanan ternak.



Gambar 3 Berbagai harga ulat sagu di on-line shop

Sumber : <https://shopee.co.id/list/Ulat/Sagu>

5. Perbandingan Kandungan Protein Ulat Sagu dari beberapa penelitian

Kandungan protein pada ulat sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) cukup tinggi sebanding dengan ikan, telur dan daging (Dawan, 2019). Ulat sagu merupakan pangan lokal alternative bernilai gizi tinggi dalam mencegah malnutrisi pada anak. (Nuban dkk, 2020). Hasil penelitiannya menunjukkan peningkatan kadar protein pada kelompok anak dengan pemberian ulat sagu dibandingkan kelompok anak tanpa pemberian ulat sagu (Nirmala, 2017).

Tabel 3 Perbandingan Kandungan Zat Gizi Ulat Sagu dari Beberapa Penelitian

Kandungan Gizi	Perbandingan Kandungan Gizi Ulat Sagu dari peneliti lain								TKPI 2017
	Bustaman, 2008	Widiastuti & Kisan, 2014	Ulat sagu sega	Nirmala et al 2017**	Ariani et al 2018 (%/100g)***	Abdullah, 2019****	Kohler, 2020*****	Kavle et al.2023	Ulat sagu sega
Air (g)	64,24	-	65,9		1,00	-			65,9
Energi (kKal)	-	-	241		-	-			241
Protein (g)	13,80 g	4,0575 %	5,8 g	9,7 %	33.68 %	22,66 g			5,8 g
Lemak (g)	18,09	-	- 21,6	21,5 %	18,09	35,85 g			21,6
Lemak jenuh	-	-		10,3 %		-			
Lemak tak jenuh	-	-		11.2 %		-			
Karbohidrat (g)	-	-	5,8	4,4 %	8,69	37.00 g			5,8
Abu	0,70	-	10		2,63				10
Kalsium (mg)	-	-	20		-		14,93	477	20
Selenium (mg)							<0.002	0.03	
Fosfor (mg)	-	-	70		-		102.32	2950	70
Magnesium (mg)							52,64	803,3	
Besi (mg)	-	-	0,5		-		0,77	23	0,5
Natrium (mg)	-	-	210		-				210
Kalium (mg)	-	-	210		-				210
Zinc (mg)	-	-	7.7		-		2,87		7.7
Serat	-	-	-		40,3				-
Antioksidan	-	-	-		78,6				-
Vitamin A	-	-	-		-				-

Ket: * Silwanah, 2016 metode lemak jenuh dan lemak tak jenuh: GC

→Tepung sagu sbg MP_ASI, pengeringan dengan drum dryer

**Nirmala et al, 2017, ulat sagu segar

*** Ariani et.al, 2018 zat gizi tepung ulat sagu

**** Abdullah, 2019: Sago worm powder, menggunakan Spray driers

***** Kohler et al, 2020. Value in mean

*****Kavlan et al, 2023 : Value in mean

Jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya, kandungan protein dari beberapa sumber atau wilayah ternyata berbeda, hal ini ditampilkan pada Tabel 3 diatas yang menunjukkan bahwa kandungan protein ulat sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) dan *Rhynchophorus* jenis lain insekta lainnya tidaklah sama. Hal ini dipengaruhi dari kondisi tanah, cuaca dan waktu panen (

Kandungan asam amino ulat sagu dibandingkan dengan beberapa sumber dapat dilihat pada Tabel 4, berikut:

Tabel 4 Kandungan Asam Amino Ulat Sagu dari Berbagai Sumber

No	Parameter	Result				
		Bustaman 2008 (ppm)	Nirmala. et,al, 2017*	Ariani et al 2018	Kohler, 2020**	Kavle et al, 2023
1	L-Serin	1659	3179.98	1,650-	0.55	
2	L-Asam Glutamat	2715	9924.46	2,739	1,27	
3	L-Fenilalanin	2185	2200,71	2,183	0.79	
4	L-Isoleusin	1006	2728,60	1,002	0.40	
5	L-Valin	1110	3061.09	1,140	0,54	
6	L-Alanin	0,910	4186,66	-	0.80	
7	L-Arginin	1008	3422,27	1,001	0.46	
8	Glisin	7631	3310,08	1,650	0.53	
9	L-Lisin	1970	6925,23	1,988	0.65	
10	L-Asam Aspartat	18640	6089.18	1,870	0.88	
11	L-Leusin	0,910	4766.15	-	0.71	
12	L-Tirosin	1868	1987,52	-	0.36	
13	L_Prolin	1958	3613,23	-	0.59	
14	L-Threonin	0,983	3349,45	-	0.44	
15	L-Histidin	1224	1409,66	-	0.22	
16	L-Sistin	0,978	205,53	-	0.08	
17	L-Metionin	1073	983.68	-	0.14	
18	L-Triptophan	-	-	-	0.12	

Keterangan : *Nirmal et al, 2017: ppm

** Kohler et al, 2020: g/100 g

Kandungan asam amino ulat sagu pada Tabel 4 tersebut di atas terlihat bahwa kandungan asam amino tidak sama untuk setiap peneliti, hal ini mungkin disebabkan oleh metode atau alat yang digunakan dan bahan ulat sagu sendiri (usia panen, berat dan jenis sagunya). Jika dilihat dari jumlahnya, maka kandungan asam amino esensial pada ulat sagu dapat

dijadikan rujukan alternatif dalam pemanfaatannya untuk memenuhi kebutuhan gizi protein anak baduta gizi kurang seperti lisin, valin, leusin, isoleusin, fenilalanin, treonin, metionin yang biasanya kurang ditemukan pada sumber protein nabati biji-bijian dan sereal (lisin, treonin). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ulat sagu memiliki nilai biologis tinggi sebagai sumber protein dibandingkan protein nabati. Asam amino esensial tidak dapat diproduksi oleh tubuh manusia sehingga harus diperoleh dari makanan. Menurut Young (1994), ada delapan asam amino yang dianggap penting bagi manusia yakni fenilalanin, valin, treonin, triptofan, isoleusin, metionin, leusin, tirosin. Selain itu terdapat asam amino aromatic (tirosin) dan sistein (sulfur yang mengandung asam amino serta asam amino histidine dan arginin yang diperlukan untuk pertumbuhan bayi dan anak-anak (Imura & Okada, 1998). Dampak kekurangan asam amino adalah dapat menghambat proses pemulihan dan penyembuhan.

6. Potensi Pangan Lokal Ulat Sagu Sulas sebagai Suplemen Makanan Anak Gizi Kurang

Beberapa wilayah di Indonesia merupakan lokasi tumbuh pohon sagu, khususnya di wilayah Indonesia Timur (Ambon, Papua) sebagai penghasil sagu terbesar di Asia (Folu, 2019). Sagu merupakan salah satu jenis makanan pokok sumber energi bagi suku Ambon, Papua, sebagian wilayah Sulawesi dan limbah hasil panennya merupakan penghasil ulat sagu (Silwana, 2016; Bustaman, 2008; Nirmala et.al, 2017).

Walaupun memiliki potensi lahan yang luas, namun ada Gap yang harus dihilangkan untuk menjadikan ulat sagu sebagai pangan lokal sumber protein, yakni preferensi rasa dan aroma yang khas dari ulat sagu juga sikap jijik (*digusting*) dan dari segi sosio budaya serta agama (halal) yang membuat ulat sagu masih belum diterima secara luas di masyarakat (Nirmala, et.al, 2017). Untuk memanfaatkan potensi ulat sagu ini, maka Gap ini dapat dihilangkan dengan membuat olahan jadi ataupun setengah jadi dari ulat sagu seperti dibuat suplemen “Taburia” Sulasia. Dengan demikian, potensi ulat sagu untuk menjadi salah satu sumber protein hewani alternatif selain sumber hewani yang berasal dari telur, daging ataupun ikan cukup menjanjikan bagi anak kurang gizi. Kandungan gizinya seperti protein, zink, kalsium, fosfor, besi, kalium, zink cukup tinggi, maka peluang untuk digunakan dalam mengatasi masalah gizi sangat terbuka luas pemanfaatannya

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan gizi ulat sagu. Abdullah (2012), melihat potensi kandungan gizi ulat sagu dimana hasil analisis menunjukkan bahwa per 100 gram mengandung protein 25 g, lemak 53,7 g dan karbohidrat 60,3 g.

Penelitian *true experimental pre post control group* dengan pemberian dosis tepung ulat sagu sebesar 0,36 g (P1) dan dosis 1,36 g (P2) yang diberikan diit rendah protein pada 28 tikus selama 28 hari, mampu menurunkan kadar malondialdehyde (MDA) antara P1 dan P2 (

Kekurangan gizi menyumbang setidaknya setengah dari semua kematian setiap tahun pada anak balita (Liu et al., 2015). Sedangkan menurut WHO, setidaknya 155,52 dan 99 juta anak-anak usia di bawah lima mengalami penghambatan perkembangan tubuhnya (WHO, 2016) & (Black et al., 2011). Kekurangan gizi terjadi karena asupan protein yang rendah yang bermanifestasi pada indeks antropometrik yang berbeda dalam stunting, wasting dan kekurangan berat badan dan atau kelebihan gizi, hal ini sejalan (Obasohan et al., 2020).

Menurut Hossain et al., (2020) bahwa di negara Nepal yang menjadi penyebab balita menderita gizi kurang atau malnutrisi karena asupan nutrisi yang tidak mencukupi. Kekurangan gizi juga disatu pihak berkontribusi pada besarnya beban negara yang harus ditanggung untuk meningkatkan kualitas akses dan kualitas layanan kesehatan serta penguatan penanganan gizi kurang, gizi buruk dan stunting (Kementerian Kesehatan, 2020)

Anak usia kurang dari dua tahun (< 2 tahun), merupakan konsumen pasif yang tidak dapat memilih makanan sendiri sehingga membutuhkan orang dewasa untuk membantu dalam pemberian makan hariannya. Begitupun dengan konsumsi makro dan mikro nutrisi seperti energi, protein, zink, vitamin A, selenium masih rendah. Hasil penelitian intervensi makanan lokal terhadap anak balita kurang energi protein yang dilakukan Nirmala et.al (2017), menunjukkan peningkatan kadar protein pada kelompok anak dengan pemberian ulat sagu dibandingkan kelompok anak

tanpa pemberian ulat sagu dalam bentuk makanan jajanan yang diberi abon ulat sagu dan serundeng ulat sagu seperti panada, roti, bola-bola nasi (Nirmala, 2017). Rendahnya kadar protein ini memberikan peluang untuk mengembangkan nilai tambah produk dengan menambahkan sumber protein dari bahan lain yaitu tepung ulat sagu dapat meningkatkan kadar gizi makanan anak baduta.

Berbagai macam upaya dilakukan guna mengurangi masalah gizi kurang. Menurut Bhutta et al., (2013), kegiatan intervensi gizi yang dilakukan kepada anak berupa pemberian ASI eksklusif dari ibu ke bayi selama 2 tahun dengan cara membagi beberapa kelompok kecil kemudian para ibu diberikan konseling terkait ASI eksklusif dan nutrisi pada anak sangat penting dan cukup efektif dilakukan. Sedangkan Das et al., (2020) yang melakukan systematic review dan meta analisis menyimpulkan bahwa intervensi mampu memberikan pengaruh terhadap manajemen malnutrisi akut pada balita dengan pemberian profilaksis antibiotik untuk mengelola SAM tanpa komplikasi serta efektivitas pemberian suplemen vitamin A untuk anak-anak dengan gizi kurang.

Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Iskandar (2017), berupa pemberian makanan tambahan modifikasi untuk peningkatan status gizi balita yakni pemberian pangan lokal labu kuning yang banyak mengandung provitamin A. Menurut Nane et al., (2019) makanan tambahan dapat disebut sebagai suplemen berbasis bahan lokal yang dibuat untuk manajemen *Moderate Acute Malnutrition* (MAM) yakni berat badan per tinggi badan

antara -2 dan -3 z-score dari median standar pertumbuhan WHO berat badan per tinggi badan antara -2 dan -3 z-score dari median standar pertumbuhan WHO pada anak-anak usia 6 hingga 59 bulan yang bersumber dari biji labu, kacang tanah, biji bayam, biji rami, dan gandum.

Potensi makanan lokal lainnya sebagai makanan pendamping ASI dilakukan pada anak-anak prasekolah yang diperkaya dengan ekstrusi dari campuran kacang, jagung dan paru-paru sapi untuk menurunkan anemia defisiensi besi dijelaskan bahwa intervensi ini dapat menurunkan defisiensi besi pada daerah-daerah miskin. Konsentrasi hemoglobin rata-rata pada kelompok uji pada awal intervensi adalah 11,8 g / dL, yang meningkat menjadi 13,1 g / dL pada akhir intervensi. Pada kelompok kontrol angkanya ini tetap praktis konstan (11,6-11,8 g / dL). Penurunan yang signifikan tentang prevalensi anemia, dari 61,5% menjadi 11,5% dalam ujian kelompok, dan pengurangan signifikan (63,1-57,7%) pada kelompok kontrol. Selanjutnya tidak ada efek negatif dari pemberian intervensi selama pengamatan. (Moreira-Araújo *et al.*, 2008).

Ulat sagu adalah sumber nutrisi yang baik digunakan sebagai suplemen pangan terutama untuk memperbaiki kekurangan gizi sehingga menjadi alternatif pangan bergizi (Junieni *et al*, 2019). Suplemen Ulat Sagu Sulasa yang dibuat menggunakan pengering vakum salah satu bentuk meningkatkan penerimaan ulat sagu dari segi estetik. Masalah kesehatan masyarakat di Indonesia saat ini adalah gizi kurang, stunting, wasting dan kekurangan gizi mikro (penting untuk mengurangi kekurangan gizi pada

anak (undernutrition). Kandungan protein ulat sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) antara 5,8 sampai sebanding dengan protein protein pada ikan, teri basah, dan daging (Nirmala, et.al, 2017; Dawan, A.,2019; Matondang et.al). Ulat sagu merupakan salah satu jenis pangan lokal alternative kaya gizi yang untuk mencegah malnutrisi pada anak di masa depan (Nuban dkk, 2020).

Ulat sagu mengandung asam amino, yang cukup tinggi. Asam lemak linoleat dan asam lemak linolenat merupakan asam lemak esensial artinya asam lemak yang diperlukan oleh tubuh tetapi tidak dapat disintesa oleh tubuh dan harus dipenuhi dari konsumsi pangan.

Kekurangan gizi dan defisiensi mikronutrien berkontribusi besar terhadap beban penyakit global (Ezzati et.al, 2002; Caulfield et.al, 2006; Han et al, 2022). Penurunan berat badan (gizi kurang, wasting) dan stunting berkaitan dengan gangguan makan, dimana kedua bentuk gangguan makan tersebut memiliki faktor risiko yang sama dan memperburuk satu sama lain. Selain tingginya risiko kematian, anak-anak yang tidak terasuh dengan baik mempunyai kemungkinan 3 kali lebih besar untuk mengalami stunting dan pada anak stunting memiliki risiko 1,5 kali lebih besar untuk anak mengalami gizi kurang/wasting dibandingkan anak-anak yang gizinya baik. Risiko kematian meningkat bila anak mengalami dua masalah gizi tersebut (kembung dan kurus) secara bersamaan (Caulfield et.al, 2006; Unicef)

Han et.al, (2022), menyampaikan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa beban global akibat kekurangan zat gizi mikro telah menurun sejak tahun 1990. Namun, beban akibat kekurangan yodium dan vitamin A masih tinggi di Afrika Sub-Sahara Tengah, dan beban kekurangan zat besi dalam makanan masih tinggi di Asia Selatan. Target pemerintah Indonesia untuk penurunan stunting 2024 menjadi 14 % (Kemenkes, 2018; Sekretaris Kabinet RI, 2023), saat ini digalakkan dengan kegiatan memberikan PMT pada ibu hamil dan anak balita telah dilaksanakan serentak di seluruh wilayah Indonesia berupa intervensi dengan makanan pokok dan selingan (Kemenkes 2023).

Kekurangan gizi meningkatkan kemungkinan seorang anak menjadi sakit dan kemudian meninggal karena penyakit tersebut. Tingkat kesakitan dan kematian tertinggi terjadi pada kelompok yang mengalami kekurangan gizi paling parah; namun, mengingat tingginya prevalensi kekurangan berat badan ringan hingga sedang, individu dengan berat badan kurang ringan atau sedang akan mengalami beban penyakit yang paling besar (Fishman dkk, 2004). Anak-anak yang berat badan per umurnya kurang dari -1 SD juga mempunyai risiko kematian yang lebih tinggi, dan kekurangan gizi bertanggung jawab atas 44 hingga 60 persen kematian yang disebabkan oleh campak, malaria, pneumonia, dan diare.

Pendeteksian melalui pemeriksaan klinis pada anak gizi kurang bertujuan untuk mengetahui lebih awal gejala kelainan gizi secara klinis pada anak. Pemeriksaan limfosit albumin dan limfosit menunjukkan jika

serum albumin rendah mempunyai risiko untuk mendapatkan penyakit infeksi lebih tinggi dibanding anak gizi buruk tanpa penyakit infeksi.

Serangga sangat penting sebagai barang bernilai estetika dan sebagai makanan. Serangga yang dapat dimakan adalah makanan tradisional yang sangat bergizi dengan protein yang kaya, dan kandungan asam amino seperti *Rhynchophorus ferrugineus*. Serangga sebagai makanan potensial menjadi pengganti misalnya ikan, telur, dan daging sapi sumber makanan protein mahal.

Sprinkle ulat sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) mengandung asam amino esensial fenilalanin dan lisin yang mempengaruhi kadar IGF-1 (van Vough, 2008P. Ada teori menyatakan bahwa asam amino ini berpotensi merangsang sekresi hormon pertumbuhan (GH), dan, oleh karena itu, dapat mempengaruhi perkembangan komposisi tubuh. Hasil menunjukkan bahwa arginin dan lisin, baik diberikan secara terpisah atau kombinasi berperan dalam pertumbuhan

Anak yang mengalami kurang gizi akan mudah terserang penyakit. Keadaan gizi kurang yang spesifik terjadi akibat tidak cukupnya asupan energi dan protein untuk pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh

B. Tinjauan Tentang Insuline Like Growth Factor-1 (IGF-1)

1. Pengertian

Insulin-Like Growth Factor-1 (IGF-1) adalah hormon pertumbuhan yang diproduksi secara alami dalam tubuh manusia. IGF-1 juga merupakan polipeptida anggota kelompok *IGF-1* dari factor pertumbuhan dan molekul-molekul yang berhubungan, terdiri atas 70 asam amino dan berpengaruh terhadap pertumbuhan perifer, deferensiasin, dan kemampuan hidup berbagai sel dan jaringan (Delafontaine *et al.*, 2004).

Hormon ini memiliki peran penting dalam regulasi pertumbuhan, perkembangan, dan pemeliharaan jaringan tubuh. IGF-1 diproduksi oleh hati dan juga oleh jaringan lainnya, termasuk tulang, otot, dan jaringan lemak. IGF-1 bekerja dengan cara mengikat reseptor IGF-1 di permukaan sel target, seperti sel-sel tulang dan otot. Setelah terikat, IGF-1 merangsang proses pertumbuhan dan pembelahan sel, serta meningkatkan sintesis protein dalam sel. Ini dapat mempengaruhi pertumbuhan tulang, sintesis otot, serta perkembangan dan pemeliharaan jaringan lainnya dalam tubuh (Samerria, S dan Radovick, 2021)

IGF-1 atau yang juga disebut somatomedin C merupakan hormon yang sama dalam struktur molekul terhadap insulin. Hal ini memainkan peran penting dalam pertumbuhan masa kanak-kanak dan memiliki efek anabolik pada orang dewasa. Sebuah analog sintetis dari IGF-1,

mecasermin digunakan untuk pengobatan gangguan pertumbuhan (Suh et al., 2013)

2. Hubungan IGF-1 dengan Anak Gizi Kurang

IGF-1 diproduksi terutama oleh hati sebagai hormon endokrin serta dalam jaringan target dalam bentuk parakrin / otokrin. Produksi dirangsang oleh hormon pertumbuhan (GH) dan dapat dihambat oleh kekurangan gizi, ketidakpekaan hormon pertumbuhan, kurangnya reseptor hormon pertumbuhan, atau kegagalan dari sinyal jalur pasca reseptor GH. IGF-1 adalah perantara utama dari efek hormon pertumbuhan (GH).

Hormon pertumbuhan ini dibuat dalam kelenjar hipofisis anterior, dilepaskan ke dalam aliran darah, kemudian merangsang hati untuk memproduksi IGF-1. IGF-1 kemudian merangsang sistem pertumbuhan tubuh, dan merangsang pertumbuhan yang berefek pada hampir setiap sel dalam tubuh, terutama otot rangka, tulang rawan, tulang, hati, ginjal, saraf, kulit, sel hematopoietik, dan paru-paru. IGF-1 juga dapat mengatur pertumbuhan dan perkembangan sel, terutama pada sel saraf, serta sintesis DNA sel (Suh et al., 2013).

Kekurangan baik hormon pertumbuhan atau IGF-1 menghasilkan perawakan tubuh yang pendek. Pada anak-anak yang kekurangan GH, dapat diberikan rekombinan GH untuk meningkatkan pertumbuhan mereka. Kekurangan IGF-1 pada manusia ini dikenal sebagai sindrom Laron, atau dwarfisme Laron, diberikan terapi dengan rekombinan IGF1. Studi pada

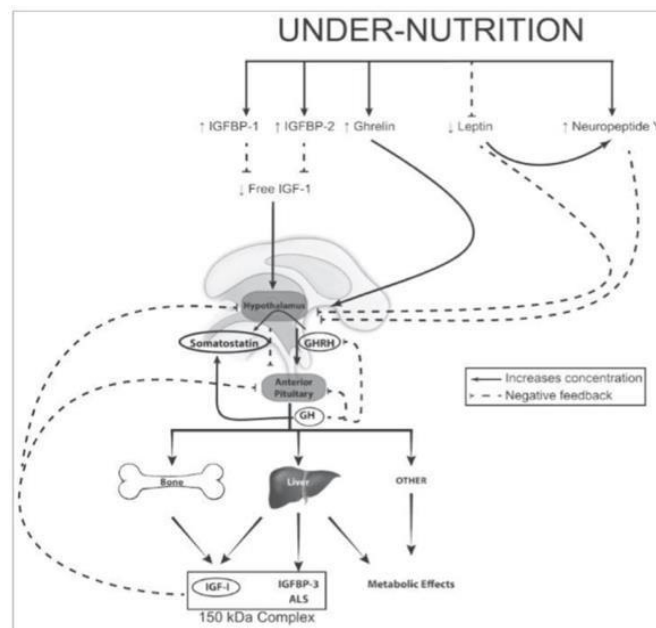
hewan coba menunjukkan bahwa asupan protein yang kurang dapat menimbulkan postreceptor yang bertanggungjawab terhadap penurunan transkripsi mRNA-IGF-1, sehingga dapat menimbulkan penurunan produksi IGF-1 (Underwood et al. 1994)

Faktor-faktor pertumbuhan seperti insulin (IGFs) disintesis oleh hampir semua jaringan dan merupakan mediator penting dari pertumbuhan sel, diferensiasi, dan transformation. Karena berbagai efek biologis dan potensi terapinya, maka IGFs telah menjadi fokus pada banyak penelitian. Dimana pembahasan-pembahasannya difokuskan pada xpression, regulasi, dan fungsi IGF-1, IGF-1 reseptor (IGF-1RS), serta peran IGF-1 *binding protein* (IGFBPs) dalam pembuluh darah (Suh et al., 2013).

IGF-1 adalah produk dari IGF-1 gen, yang telah dipetakan ke kromosom 12 pada manusia dan kromosom 10 di mice 2 Gen mamalia terdiri dari minimal 6 ekson, dan hasil transkripsi dari setidaknya 2 lokasi awal transkripsi terletak pada ekson 1 dan ekson 2,2 hasil kompleksitas tambahan dari kehadiran domain E carboxyterminal berbeda dengan IGF-1 (Ea Eb dan varian). Ekson 1 dan Ea mengandung transkrip disajikan ubiquitously, sedangkan ekson 2 dan Eb transkrip disajikan lebih khusus lagi di liver. IGF-1 memiliki peran mendasar dalam kedua prenatal dan postnatal pengembangan dan mengarahkan semua efek fisiologis yang dikenal dengan mengikat IGF-1R, dan efeknya dipengaruhi oleh beberapa IGFBPs. Beredarnya IGF-1 yang dihasilkan oleh hati di bawah kendali hormon pertumbuhan. Pengikatan dengan reseptor hormon pertumbuhan

hati yang merangsang ekspresi dan pelepasan IGF-1 peptida dalam sirkulasi, yang memiliki afinitas tinggi untuk IGFBPs, dan merupakan bentuk endokrin IGF-1. Selain hati, organ lain memproduksi IGF-1, yang memiliki afinitas rendah untuk IGFBPs, mewakili bentuk autokrin dan parakrin IGF-1 (Delafontaine *et al.*, 2004).

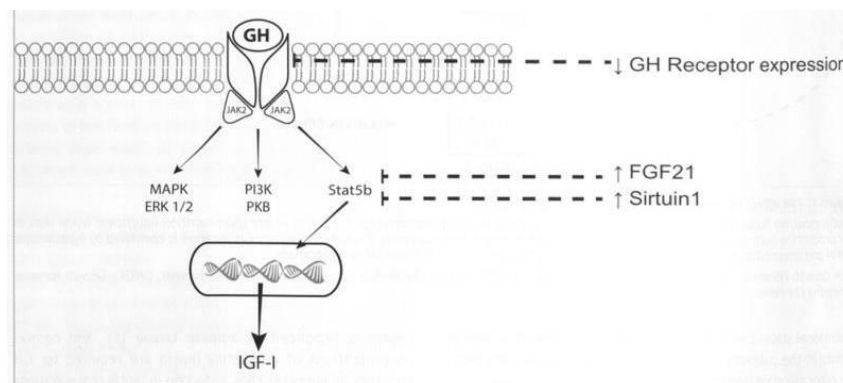
Pada kekurangan gizi kronis, perubahan konsentrasi leptin dan neuropeptida Y (NPY) dapat menurunkan sekresi GH. Leptin diproduksi oleh jaringan adipose (Janeckova R, 2001), dan konsentrasi normal leptin yang bersirkulasi diperlukan untuk sekresi GH.



Gambar 4 Pengaruh gizi kurang terhadap sekresi Growth Hormon

Pada anak yang mengalami malnutrisi, hormon pertumbuhan mengalami perubahan akibat adanya perubahan pensinyalan pada sel yang dapat menyebabkan keadaan resistensi pada GH. Reseptor GH adalah reseptor sitokin tipe 1 yang diekspresikan terutama oleh hepatosit.

Pengikatan GH menghasilkan rotasi salah satu monomer reseptor dimerik ini, dan domain intraseluler mengikat Janus Kinase 2 (JAK2) (Brown *et al.* 2005) Ini mengaktifkan banyak jalur pensinyalan, khususnya Signal Transducer and Activator of Transcription (STAT) -1,-3,-5a,-5b, jalur protein kinase teraktivasi Mitogen (MAPK) dan fosfoinositida-3-kinase (PI3K) (Feigerlova *et al.* 2013). Aktivasi jalur pensinyalan intraseluler ini, terutama STAT5b, merangsang transkripsi IGF-I. Mekanisme perubahan pensinyalan hormon pertumbuhan ditampilkan pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 Nutrisi dan persinyalan hormon pertumbuhan

3. Cut-off point pada IGF-1

Tabel dibawah ini menunjukkan cut-off point target untuk prediksi *stunting* anak *cut-off point* dari titik *cut-off* optimal kemudian perolehan sensitivitas dan spesifisitas (Masrul *et al.*, 2020).

Tabel 5 Cutt -f Point IGF-1

No	Cut off point	Sensitivity	1 - Specificity	Sensitivity	Spesificity
1	-1	1	1	1	0
2	0.214	1	0.988636364	1	0.011364
3	0.49	0.989362	0.988636364	0.989361702	0.011364
4	0.562	0.978723	0.988636364	0.978723404	0.011364
5	0.593	0.978723	0.977272727	0.978723404	0.022727
6	0.645	0.968085	0.977272727	0.968085106	0.022727
7	0.707	0.957447	0.965909091	0.957446809	0.034091
8	0.748	0.957447	0.954545455	0.957446809	0.045455
9	0.7685	0.93617	0.954545455	0.936170213	0.045455
10	0.7895	0.925532	0.954545455	0.925531915	0.045455
11	0.81	0.925532	0.943181818	0.925531915	0.056818
12	0.841	0.925532	0.931818182	0.925531915	0.068182

4. Potensi Ulat Sagu dalam Peningkatan IGF-1

Ulat sagu (*R. ferrugineus*) memiliki komponen zat gizi makro dan mikro nutrient yang berkualitas. Hingga saat ini, ulat sagu sudah dikenal sebagai salah satu jenis serangga sudah digunakan sebagai bahan pangan di negara Asia, Afrika bahkan Eropa serta Indonesia sendiri ada beberapa daerah seperti Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, Ambon, Papua. Khusus bagi Masyarakat asli Maluku dan Papua, ulat sagu dikonsumsi sebagai pelengkap (lauk) papeda (bubur sagu).

Secara ilmiah, belum ada laporan yang merinci kadar nutrisi ulat sagu serta mengangkat menjadi salah satu upaya intervensi gizi terutama pada golongan rawan gizi seperti anak gizi kurang usia 12-24 bulan lalu. Penelitian tentang ulat sagu telah banyak dilakukan, namun analisis yang dilakukan adalah pada zat gizi. Intervensi pada anak gizi kurang telah dilakukan oleh Nirmala et al (2017), dalam bentuk serundeng dan abon yang diisikan pada beberapa makanan jajanan dan diberikan pada anak balita gizi kurang selama 45 hari sebesar 50 gram per makanan jajanan.

Namun belum menunjukkan perubahan yang signifikan pada berat badan dan tinggi badan anak balita.

Insulin Like Growth Factor 1 (IGF-1), atau disebut juga Somatomedin C merupakan hormon yang sama dalam struktur molekul insulin, memainkan peranan penting dalam pertumbuhan masa kanak-kanak (Suh HS, 2013). Studi intervensi dalam bentuk suplemen baik yang dibuat sendiri maupun dalam kondisi terapi hormonal, mungkin memiliki efek positif ketika diberikan kepada pasien dengan status gizi kurang atau buruk atau pada pasien berisiko menderita status gizi kurang maupun buruk (Akner & Cederholm, 2001)

IGF diproduksi oleh hati, sebagai hormon endokrin serta dalam jaringan target dalam bentuk parakrin / otokrin, dimana produksinya dirangsang oleh hormon pertumbuhan (GH) dan dapat dihambat oleh kekurangan gizi, ketidakpekaan hormon pertumbuhan, kurangnya reseptor hormon pertumbuhan atau kegagalan dari sinyal jalur pasca reseptor GH. IGF-1 adalah perantara utama dari efek hormon pertumbuhan. Hormon pertumbuhan dibuat dalam kelenjar hipofisis anterior, dilepaskan ke dalam aliran darah, kemudian merangsang hati untuk memproduksi IGF-1.

Tingkat ekspresi IGF-1 bervariasi dalam sejumlah kondisi klinis yang menunjukkan bahwa ia berpotensi memberikan informasi penting mengenai kondisi kesehatan seseorang (Bailes dan Soloviev, 2021). Kekurangan IGF-1 akan berdampak pada perawakan tubuh pendek dan berat badan kurang. Beredarnya IGF-1 yang dihasilkan oleh hati dibawah kendali

hormon pertumbuhan, menyebabkan terjadinya pengikatan dengan reseptor hormon pertumbuhan hati yang merangsang ekspresi dan pelepasan IGF-1 peptida dalam sirkulasi dan meningkatkan afinitas untuk IGFBPs yang merupakan bentuk endokrin IGF-1. Selain hati organ lain yang membentuk IGF-1 dengan afinitas rendah untuk IGFBPs adalah mewakili bentuk autokrin dan parakrin IGF-1 (Kuijjer et al, 2013).

Protein berperan pada modulasi sirkulasi konsentrasi IGF-1 berhubungan dengan asupan protein yang kurang (Maggio et.al., 2013). Hasil studi Levina et. Al., (2014) menunjukkan bahwa asupan protein yang tinggi dapat mempromosikan peningkatan kadar IGF-1, sebaliknya asupan protein yang rendah mengurangi aktifitas IGF-1. Selain itu, zink juga terlibat dalam regulasi bioaktifitas IGF-1 mempengaruhi sirkulasi konsentrasi IGF-1 pada manusia. Status zink yang rendah berhubungan dengan sirkulasi IGF-1 yang rendah meskipun asupan kalori cukup (Maggio et.al., 2013). Jadi zink memberikan pengaruh yang besar pada sintesis DNA selama IGF-I fase stimulasi dari siklus sel

Pemberian suplemen ulat sagu dalam kaitannya dengan peningkatan kadar IGF-1 pada anak baduta karena insulin tidak merangsang sintesis protein secara langsung pada manusia. Adanya penurunan kumpulan asam amino dengan pemberian insulin terutama disebabkan oleh penurunan pemecahan protein (Matthews DE, 2005). Ada anggapan bahwa sintesis protein tidak dapat distimulasi tanpa penyediaan substrat asam amino dan efek stimulasi protein dari insulin

tidak akan terlihat ketika kadar asam amino turun. Meskipun demikian, tampaknya pemberian asam amino meningkatkan efek stimulasi pada sintesis protein, bukan insulin (Rennie et. Al. 2002; Matthews DE. 2005).

Hormon IGF-1 dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk produksi hormon pertumbuhan oleh kelenjar pituitari di otak. Hormon pertumbuhan merangsang produksi IGF-1 oleh hati dan jaringan lainnya. Faktor-faktor lain, seperti pola makan, aktivitas fisik, dan faktor genetik, juga dapat mempengaruhi kadar IGF-1 dalam tubuh. Studi menemukan bahwa pemberian suplemen protein bisa meningkatkan kadar IGF-1 pada anak bergizi buruk. Oleh sebab itu, Implementasi suplemen Ulat Sagu (*Rhynchophorus ferrugineus*) diyakini dapat meningkatkan kadar hormon IGF-1 pada anak gizi buruk (Amaral et al. 2016).

Oleh karena kandungan asam amino dan protein, zink, albumin, fosfor, kalsium, kalium, pada ulat sagu cukup tinggi maka penelitian ini akan membuktikan potensi ulat sagu untuk digunakan sebagai suplemen dalam peningkatan IGF-1 pada anak gizi kurang.

C. Tinjauan Tentang Total Lymphocyte Count (TLC)

1. Pengertian

Limfosit adalah jenis sel darah putih yang memiliki peran penting dalam sistem kekebalan tubuh untuk melawan infeksi dan penyakit, yang mampu menghasilkan respon imun spesifik terhadap berbagai jenis antigen yang berbeda (Wahyuni, 2006). Limfosit berperan dalam sistem imunitas

spesifik untuk melindungi tubuh dari mikroorganisme serta tumor seperti myelomamultiple dan menyebabkan graft-rejection(penolakan jaringan setelah transplantasi organ).

Limfosit didapatkan di darah dan limfe, juga didapatkan pada organ limfoid seperti timus, nodus limfatikus, limpa, dan apendiks pada manusia (Prakoeswa, 2020). Ukuran limfosit berdiameter sekitar 7-20 mikrometer. Dilihat secara mikroskopis, limfosit normal ditandai dengan adanya nukleus besar yang berwarna ungu tua / biru (memakai pewarnaan Wright) dengan sedikit atau tanpa sitoplasma eosinofilik. Namun, bentuk limfosit yang lebih besar dengan kelimpahan sitoplasma yang mengandung beberapa partikel berwarna seperti kemerahan atau keunguan telah dilaporkan. Beberapa limfosit memiliki zona perinuclear yang jelas di sekitar nukleus dan dapat menunjukkan zona bening kecil di satu sisi nucleus (Prakoeswa, 2020).

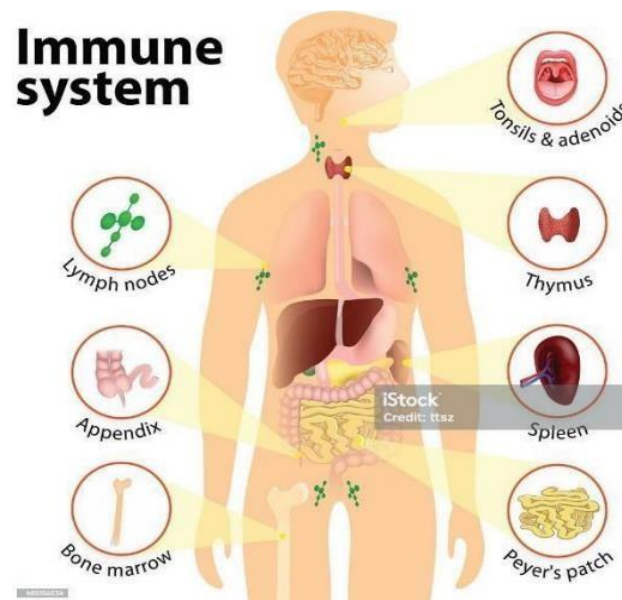
Total Lymphocytes Count (TLC) adalah pengukuran jumlah sel limfosit dalam sampel darah. TLC digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi status imun dan fungsi sistem kekebalan tubuh. TLC diukur dengan melakukan analisis pada sampel darah, yang biasanya dilakukan melalui pemeriksaan darah lengkap (*complete blood count/CBC*). Pada CBC, dilakukan penghitungan jumlah sel darah putih, termasuk limfosit, untuk menentukan TLC.

Peningkatan jumlah limfosit (TLC yang tinggi) dapat mengindikasikan adanya infeksi, seperti infeksi virus, infeksi bakteri, atau kondisi inflamasi. Sebaliknya, jumlah limfosit yang rendah (TLC yang rendah) dapat

mengindikasikan masalah pada sistem kekebalan tubuh, seperti immunosupresi atau penurunan produksi limfosit (Fischer *et al.*, 2021).

2. Mekanisme Sistem Imun

Konsep imunitas merupakan perlindungan dan kekebalan tubuh yang sesungguhnya yang ada pada tubuh makhluk hidup. Imunitas merupakan suatu kemampuan tubuh untuk melawan organisme (toksin) yang merusak jaringan dan organ tubuh.



Gambar 6 Sistem Imun pada Manusia

(Sumber: <https://www.istockphoto.com/id/vektor/sistemimungm480156534-682806>)

Asupan zat gizi berupa protein dan zinc merupakan faktor penting yang mempengaruhi sistem imun tubuh, karena sistem imun tubuh berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan sel, terutama sel yang menghasilkan sel limfosit. Kekebalan tubuh seseorang dapat diukur dari kadar limfositnya baik sel T maupun sel B. Batasan kadar limfosit normal adalah sebesar 20-40% (Almatsier, 2005). Kadar limfosit menggambarkan besarnya pertahanan tubuh manusia dalam melawan

segala macam benda asing yang masuk ke dalam tubuh. Turunnya kadar limfosit akan mengakibatkan tubuh mudah terkena berbagai macam penyakit infeksi dan aktivitas sel dalam sistem kekebalan terhambat. Menurut Baratawidjaja (2004), restriksi energi akan menurunkan sitokin dan meningkatkan respon proliferasi sel T, sedangkan defisiensi protein akan menurunkan imunoglobulin yang ada disirkulasi. Di sisi lain defisiensi zinc berpengaruh pada kerusakan epitel saluran cerna dan aktivasi limfosit terutama penurunan jumlah dan fungsi limfosit, penurunan rasio limfosit T CD4+. dan penurunan respon antibodi limfosit B (Shakar dan Prasad, 1998; Melanie, 2009).

Sistem imun atau sistem kekebalan tubuh adalah sistem yang sangat kompleks dengan berbagai peran ganda dalam usaha menjaga keseimbangan tubuh. Dikenal ada beberapa komponen system imun yakni:

a) Innate Immunity

Sistem imun innate merupakan sistem pertahanan tubuh yang pertama kali merespon serangan patogen. Sel darah putih memainkan peran penting dalam sistem ini, melalui reaksi inflamasi. Pengenalan patogen oleh sistem imun innate berlangsung melalui jalur tertentu, dan pemrograman ulang reseptor seluler dapat meningkatkan efisiensi sistem ini. Sistem imun innate memiliki perbedaan dengan sistem imun adaptif dan dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu

b) Adaptive Immunity

Sistem imun adaptif merujuk pada kemampuan tubuh untuk mengenali dan merespons patogen atau zat asing yang masuk ke dalam tubuh. Sistem ini bekerja dengan menghasilkan respons yang spesifik terhadap setiap jenis patogen, membentuk memori imun, dan berkembang seiring dengan paparan terhadap patogen yang sama

Sistem imun adaptif terdiri atas sistem imun humoral dan sistem imun seluler yang masing-masing diperankan oleh sel limfosit B dan sel limfosit T. Sistem imun humoral di dalam sistem pertahanan mukosa diperankan oleh imunoglobulin A tipe sekretorik (sIgA) dan bekerja lebih awal saat antigen masih berada di luar sel. Bila antigen berhasil masuk ke dalam sel, maka komponen imunitas seluler dalam hal ini sel limfosit T dengan dua subpopulasi sel yang dimiliki yaitu sel T(CD4+) dan sel T(CD8+) mulai bekerja.

c) Organ Limfoid

Organ ini termasuk dalam sistem limfatik dan berperan dalam melawan infeksi dan menjaga keseimbangan kesehatan tubuh. Organ limfoid juga berperan dalam produksi dan pematangan sel-sel kekebalan tubuh. Jenis-jenis organ limfatik yaitu tonsil, limpa dan kelenjar getah bening. Tonsil adalah organ limfoid yang terletak di bagian belakang tenggorokan. Organ ini berperan sebagai pertahanan pertama tubuh terhadap infeksi di saluran. Limpa merupakan organ limfatik terbesar dalam tubuh. Fungsi utamanya adalah menyaring darah, menghancurkan sel darah merah yang rusak, dan

memproduksi limfosit. Kelenjar getah bening adalah tempat untuk produksi dan penyimpanan sel-sel kekebalan tubuh. Mereka terdapat di seluruh tubuh dan membantu melawan infeksi dan penyakit (Latha, 2012)

d) Antigen

Antigen adalah zat yang memicu atau merangsang respon imun dalam tubuh untuk menghasilkan antibodi sebagai perlawanan. Antigen biasa datang dari luar tubuh melalui makanan, minuman, kotoran, debu dan polusi udara.

e) Antibodi

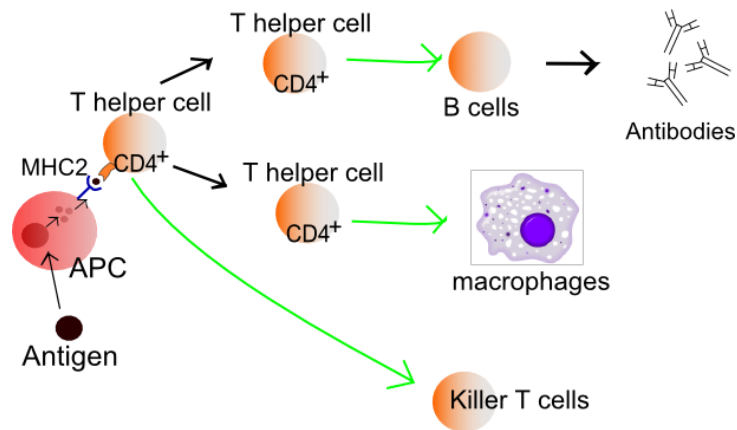
Antibodi adalah protein yang diproduksi oleh sel-sel imun untuk melawan pathogen. Antibodi adalah bagian dari system imun yang berperan sebagai benteng pertahanan untuk melindungi tubuh dari ancaman virus, bakteri, kuman, dan zat-zat penyebab penyakit infeksi. Antibodi memiliki bentuk menyerupai antigen, tujuan adalah agar antibody dapat menempel pada antigen, sehingga dapat melawan virus dan bakteri.

3. Mekanisme proteksi tubuh terhadap infeksi

Jumlah limfosit total (TLC) adalah indikator dalam menilai kondisi kekebalan tubuh. Asupan protein yang adekuat berhubungan dengan peningkatan jumlah limfosit dalam tubuh. Hasil penelitian membuktikan bahwa asupan protein yang sesuai berpengaruh pada naiknya jumlah

limfosit pada tubuh. Dengan adanya pemberian Suplemen ulat sagu, diharapkan bisa meningkatkan TLC pada anak yang kekurangan gizi (Gunarsa *et al.* 2011).

Limfosit adalah sejenis sel darah putih (atau leukosit) membantu organisme untuk melawan infeksi. Limfosit terjadi dalam sistem kekebalan pada semua organisme vertebrata. Ada tiga jenis utama limfosit: sel B, sel T, dan sel pembunuh alami. Dua dari jenis limfosit ini sangat penting untuk respons imun spesifik. Mereka adalah limfosit B (sel B) dan limfosit T (sel T). Sel T dan B berasal dari sel punca di sumsum tulang dan pada awalnya tampak serupa. Beberapa limfosit bermigrasi ke timus, tempat mereka matang menjadi sel T; yang lainnya tetap berada di sumsum tulang, di mana pada manusia berkembang menjadi sel B. Sebagian besar limfosit berumur pendek, dengan masa hidup rata-rata seminggu hingga beberapa bulan, tetapi beberapa hidup selama bertahun-tahun, menyediakan kumpulan sel T dan B yang berumur panjang. Sel-sel ini menjelaskan "memori" imunologis, respons yang lebih cepat dan kuat terhadap pertemuan kedua dengan antigen yang sama (Fischer *et al.*, 2021). Sel T (sel timus) dan sel B (sel tulang) merupakan sel utama dari respon imun adaptif yang gambarkan pada gambar dibawah.



Gambar 7 Aktivasi Limfosit

4. Cutt of point

Kisaran laboratorium untuk normal limfosit biasanya digambarkan menggunakan persentil ke-2,5 dan ke-97,5, dengan asumsi bahwa 2,5% populasi memiliki jumlah rendah yang tidak normal dan 2,5% memiliki jumlah tinggi yang tidak normal. Dalam studi yang sangat besar yang dilakukan pada populasi Denmark, kisaran normal untuk jumlah limfosit didefinisikan sebagai 1,1-3,7 GPt/L. Untuk menyederhanakan dan membakukan klasifikasi, Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) telah menetapkan batas bawah normal sebagai 1,0 GPt/L atau 1,0/mm³. Common Terminology Criteria for Adverse Events (NCI-CTAE) dari National Cancer Institute adalah sistem penilaian yang sering diterapkan untuk menilai derajat dan tingkat keparahan limfosit dan leukositopenia seperti yang dicantumkan pada tabel dibawah.

Tabel 6 Cutt of point pada Total Limphocytes Count (TLC)

NCI-CTAE Definition	Leucocyte count	Lymphocyte count	CD4 Lymphocyte count
Mild, with no or mild symptoms, no intervention required	LLN-3,0 GP/ μ L	LLN-0,8 GP/ μ L	LLN-0,5 GP/ μ L
Moderat:: minimal intervention indicated, some limitation of activities	<3,0-2,0 GP/ μ L	<0,8-0,5 GP/ μ L	<0,5 - 0.2 GP/ μ L
Severe but not life-threatening, hospitalitation required, limitation of patient's ability to cafre for him/herself	<2,0-1,0 GP/ μ L	<0.5-0,2 GP/ μ L	<0,2-0,05 GP/ μ L
Life-threatening, urgent intervention required	<1.0 GP/ μ L	<0,2 GP/ μ L	<0,05 GP/ μ L
Death related to adverse event			

Sumber: Fischer *et al.*, 2021

5. Potensi Ulat Sagu dalam meningkatkan limfosit guna mengatasi masalah gizi kurang

Limfosit merupakan salah satu dari beberapa sel darah putih. Limfosit adalah sel darah putih atau leukosit yang berbentuk bulat dengan diameter 7-15 μ m. Jumlah sel darah putih dapat mendeteksi infeksi tersembunyi di dalam tubuh. Sel darah putih berasal dari sum-sum tulang tetapi bersirkulasi di dalam aliran darah.

Gizi kurang atau malnutrisi, umumnya mengacu pada kekurangan kalori dan protein, yang disertai dengan penurunan massa tubuh dan disfungsi organ, termasuk imunosupresi dan penurunan jumlah limfosit (Halsted C, 2014; Barenregt, 2004; Gunarsa et al, 2011)

Kekurangan gizi dapat menyebabkan komplikasi dan penyembuhan tertunda proses, terutama pada pasien rawat inap. Dewasa ini, masih banyak pasien gizi buruk di rumah sakit, yang mencakup 40-50% pasien (Weinsier et al, 2006; Naber et al, 1997). Malnutrisi adalah penyakit yang berhubungan dengan jangka waktu yang cukup lama rawat inap, angka kesakitan dan kematian lebih tinggi. Oleh karena itu, penting untuk menilai

keadaan gizi masing-masing pasien rawat inap untuk mendeteksi malnutrisi (Weinsier et al, 2006; Naber et al, 1997; Kelly et al, 2000).

Asupan gizi seperti protein, asam amino, zink, kalsium, selenium, serta asupan vitamin dan mineral lainnya yang kurang memadai pada makanan, kebanyakan disebabkan oleh kelebihan konsumsi bahan makanan yang kaya energi, kurang konsumsi makanan sumber micronutrient, serta konsumsi makanan olahan yang berlebih (Grober, 2009) merupakan faktor penting yang mempengaruhi sistem imun, dimana sistem imun sendiri berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan sel terutama sel yang menghasilkan limfosit.

Jumlah limfosit total yang rendah sebagai salah satu komponen pemeriksaan dalam hitung darah lengkap rutin yang berhubungan dengan kekurangan gizi. Jumlah limfosit total (TLC) $< 1,200 \text{ sel/mm}^3$ berhubungan dengan malnutrisi, dan TLC $< 900 \text{ sel/mm}^3$ berhubungan dengan malnutrisi berat.^{3,5} Pada kondisi kelaparan akut atau kronis, maka limfosit T akan menurun.

Jumlah tersebut akan meningkat seiring dengan realimentasi (Barenregt, 2004; Weinsier et.al, 2006) Jumlah limfosit dapat digunakan sebagai parameter nutrisi dan sebagai prediktor prognosis (Devoto et al, 2006; Caregaro et al. 1996; Gunarsa et al, 2011) Belum ada data mengenai hubungan antara pasien malnutrisi yang dirawat di rumah sakit dengan TLC di Indonesia secara umum.

Kekebalan tubuh seseorang dapat diukur dari kadar limfositnya.

Batasan kadar limfosit normal adalah sebesar 20-40 %. Kadar limfosit menggambarkan besarnya pertahanan tubuh manusia dalam melawan segala macam benda asing yang masuk ke dalam tubuh.

Salah satu komponen asam amino yang terkandung di dalam ulat sagu adalah arginin. Arginin adalah asam amino yang dibentuk di hati dan beberapa diantaranya terdapat dalam ginjal. Arginin bermanfaat untuk meningkatkan daya tahan tubuh dan produksi limfosit serta meningkatkan pengeluaran hormon pertumbuhan (Linder, 2010). Komponen asam amino lain seperti Isoleusin, lisin, sistein, dan metionin merupakan asam amino yang terkenal karena kemampuannya meningkatkan ketahanan tubuh (Peng Li et al, 2007). Lisin berfungsi sebagai bahan dasar antibodi darah, memperkuat sistem sirkulasi, mempertahankan pertumbuhan sel-sel normal bersama prolin, sedangkan vitamin C akan membentuk kolagen. Kolagen adalah komponen organik tulang yang paling melimpah (Maehata et al, 2009). Kolagen adalah suatu protein alami dalam tubuh yang menyusun kulit, tulang, otot, tendon, dan ligamen dan memiliki berbagai manfaat untuk kesehatan tubuh.

Penelitian yang dilakukan oleh Nasser et al (2007), menunjukkan bahwa anak-anak KEP diketahui mengalami penurunan jumlah sel limfosit T. Hal ini disebabkan pada kondisi KEP terjadi penurunan sintesis hormon timus yang bertanggung jawab terhadap pengembangan respon imun yang diperantarai sel. Jaringan limfoid seperti timus jika berhenti berkembang, maka akan berkorelasi dengan produksi limfosit T yang akan menurun.

Turunnya kadar limfosit akan mengakibatkan tubuh mudah terkena berbagai macam penyakit infeksi dan aktivitas sel dalam system kekebalan terhambat (Baratawidjaya, 2004). Restriksi energi akan menurunkan sitokin dan meningkatkan proliferasi sel T, sedangkan defisiensi protein akan menurunkan immunoglobulin yang ada di sirkulasi.

D. Tinjauan Tentang Albumin

1. Pengertian dan Fungsi

Albumin adalah protein plasma terkecil yang jumlahnya paling banyak di dalam serum. Konsentrasi plasma albumin normal sekitar 3,4-5 g/dL pada orang dewasa atau terendah 0,54 – 0,84 mmol/L, dan setiap hari diproduksi 130-200 mg/kg/hari di hati atau sekitar 12-25 g/hari (Sherwood, 2012). Konsentrasi albumin dalam cairan interstitial sekitar 60% dari konsentrasi albumin dalam plasma, dengan konsentrasi tertinggi terdapat di dalam sel hati sekitar 200-500 mcg/g jaringan hati. (RSUD Dr. Soetomo, 2003)

Albumin memiliki berat molekul 650000 - 69.000 kD, yang terdiri dari rantai polipeptida tunggal dan dibentuk dari 584 asam amino. mengikat dan mengangkat bahan yang tidak larut dalam darah, banyak berperan dalam membentuk tekanan osmotik koloid plasma. Albumin sendiri adalah protein pada darah yang membentuk sebagian besar plasma darah yakni sekitar 60 %. Proses pembentukan albumin merupakan suatu mekanisme tubuh yang dilakukan oleh organ hati (liver).

Terdapat 17 ikatan disulfide pada molekul albumin yang berfungsi sebagai penghubung asam-asam amino yang mengandung sulfur. Albumin juga merupakan salah satu komponen cairan tubuh yang berfungsi mencegah keluarnya cairan plasma dari kapiler, oleh karena itu albumin banyak digunakan sebagai parameter status gizi. Albumin juga merupakan antioksidan utama dalam plasma yang memberikan perlindungan terhadap stres oksidatif. Selain itu, albumin juga berperan dalam menjaga keseimbangan asam-basa dalam tubuh, membantu dalam proses penyembuhan luka, serta berpartisipasi dalam sistem kekebalan tubuh dengan berinteraksi dengan zat-zat imun di dalam darah (Caraceni *et al.* 2013)

Kadar albumin dalam darah dapat digunakan sebagai indikator status nutrisi dan fungsi hati. Kekurangan albumin (hypoalbuminemia) dapat terjadi dalam berbagai kondisi, seperti malnutrisi, penyakit hati, penyakit ginjal, dan peradangan kronis. Albumin yang rendah juga dapat berhubungan dengan edema (pembengkakan) dan masalah kesehatan lainnya (Putri, dkk. 2016).

Kadar albumin ditentukan oleh fungsi laju sintesis, laju degradasi dan distribusi antara kompartemen intravascular dan ekstrasvascular. Sintesis albumin hanya terjadi di hepar dengan kecepatan pembentukan 12-25 gram/hari. Pada keadaan normal hanya 20-30 % hepatosit yang memproduksi albumin, akan tetapi laju produksi ini bervariasi tergantung

keadaan penyakit dan laju nutrisi sebab albumin hanya akan dibentuk pada lingkungan osmotik, hormonal dan nutrisi yang cocok.

Albumin sebagai protein plasma berfungsi untuk mengatur tekanan yang mengatur cairan dalam sistem peredaran darah, sehingga tidak berpindah ke jaringan antarsel. Sebagai protein utama di plasma darah, albumin memiliki fungsi lain, yakni menjaga tekanan pada pembuluh darah serta mengangkut zat seperti hormon dan obat-obatan. Peradangan dan malnutrisi menurunkan konsentrasi albumin dengan menurunkan laju sintesisnya (Don dan Kaysen, 2004)

Albumin berfungsi mengatur tekanan osmotik darah, menjaga keberadaan air dalam plasma darah sehingga bisa mempertahankan volume darah. Albumin juga berfungsi sebagai pengangkut unsur-unsur yang kurang larut dalam air (seperti: asam lemak bebas, kalsium, zat besi dan beberapa unsur obat) melewati plasma darah dan cairan sel, selain itu Albumin bermanfaat untuk membantu pembentukan jaringan sel baru ataupun mempercepat pemulihan jaringan sel tubuh yang terbelah / rusak.

Albumin memiliki beberapa peran fisiologis. Salah satu yang paling penting adalah menjaga tekanan onkotik di dalam kompartemen vaskular untuk mencegah bocornya cairan ke ruang ekstrasvaskular. Ini menyumbang sekitar 80% dari tekanan osmotik koloid. Selain itu, albumin berfungsi sebagai pembawa dengan afinitas rendah dan berkapasitas tinggi dari beberapa senyawa endogen dan eksogen berbeda yang bertindak

sebagai depot dan pembawa senyawa ini. Pengikatan senyawa pada albumin dapat mengurangi toksisitasnya seperti pada kasus bilirubin tak terkonjugasi pada neonatus dan obat-obatan. Selain itu, albumin mengikat setidaknya 40% kalsium yang bersirkulasi dan merupakan pengangkut hormon seperti tiroksin, kortisol, testosteron, dan lain-lain. Albumin juga merupakan pembawa utama asam lemak dan memiliki sifat anti-oksidan yang signifikan. Albumin juga terlibat dalam menjaga keseimbangan asam-basa karena bertindak sebagai buffer plasma. Albumin digunakan sebagai penanda status gizi dan tingkat keparahan penyakit khususnya pada pasien sakit kronis dan kritis (Levitt DG dan Levitt MD, 2016; Cabrerizo et.al, 2016; Broch et al, 2016; Gounden, et al, 2022)

2. Distribusi albumin

Albumin mewakili 50% dari total kandungan protein plasma, dan sisanya adalah globulin. Sebagian fungsi albumin dapat digantikan oleh globulin yang meningkat. Ini adalah rantai peptida tunggal dari 585 asam amino dalam struktur globular. Berat molekul albumin kira-kira 66 kDa, dan mempunyai waktu paruh 21 hari. Albumin secara eksklusif disintesis oleh hati, awalnya merupakan pra-proalbumin dan kemudian proalbumin, yang dalam alat Golgi diubah menjadi albumin, yang merupakan bentuk akhir yang disekresikan oleh hepatosit (Gounden et al, 2022)

Konsentrasi albumin tertinggi terdapat di dalam sel hati yakni berkisar antara 200 – 500 mcg/g jaringan hati. Adanya albumin di dalam plasma

(kompartemen intravascular) di transfer melalui salah satu dari dua cara berikut:

- a. Langsung dari dinding sel hati ke dalam sinusoid
- b. Melalui ruang antar sel hati dan dinding sinusoid kemudian ke saluran limfe hati yakni ductus torasikus dan akhirnya ke dalam kompartemen intravaskular. Hanya albumin dalam plasma (intravascular) yang mempertahankan volume plasma dan mencegah oedema sedangkan albumin ekstrasvaskular tidak berperan

3. Penyebab kadar albumin rendah dan tinggi

Pada orang sehat, kehilangan albumin adalah melalui urin dan biasanya minimal 10-20 mg/hari, karena hampir semua melewati membrane glomerulus akan diserap kembali .

Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan kadar albumin rendah, di bawah ini kemungkinannya:

- a. Penyakit kronis, infeksi dan peradangan

Peradangan (inflamasi) adalah penyebab umum albumin rendah. Pada kondisi tubuh menderita penyakit atau cedera, maka tubuh akan merespon dengan peradangan dan menyalurkan sumber daya lain ke dalam produksi protein yang membantu mempertahankan tubuh. Contoh: protein C-reaktif (CRP), artinya saat hati meningkatkan produksi CRP dan protein lain dari sistem kekebalan, maka selanjutnya hati akan menurunkan produksi albumin.

- b. Kurang gizi

Kurang gizi atau konsumsi pangan yang kurang mencukupi seperti protein dianggap mempengaruhi kadar albumin dan menekannya menjadi lebih rendah. Albumin yang rendah juga dapat ditemukan pada tanpa kondisi gizi kurang. Namun disisi lain, orang yang kekurangan gizi pun dapat memiliki albumin yang tinggi

c. Penyakit hati

Albumin diproduksi di hati. Maka, penyakit hati dapat mengganggu produksi albumin di dalam tubuh. Hal ini berujung pada rendahnya kadar albumin penderita penyakit hati.

d. Penyakit ginjal

Ketika tidak bekerja dengan baik, ginjal melepaskan lebih banyak albumin ke dalam urine. Kondisi ini disebut albuminuria. Albumin kemudian terbuang keluar tubuh ketika seseorang buang air kecil. Itu sebabnya, kadar albumin darah menurun pada kondisi orang dengan penyakit ginjal.

Kadar albumin yang lebih tinggi dari normal mungkin merupakan tanda dehidrasi, yang mungkin disebabkan oleh diare parah atau kondisi lainnya

4. Indikasi klinis dan tes serum albumin manusia

Tiga indikasi telah dipertimbangkan untuk penggunaan klinis albumin serum manusia yakni nutrisi, pengikatan dan transportasi, serta efek volume karena sifat onkotik protein.

Penggunaan albumin sebagai nutrisi intravena jelas tidak tepat. Literatur mengenai sifat pengikatan dan pengangkutannya masih belum meyakinkan secara klinis, dan tampaknya terlalu dini untuk menerapkan spesifikasi produk berdasarkan karakteristik ini. Efek terhadap volume darah dan hipoproteinemia terlihat jelas pada pasien dengan sistem kapiler yang utuh. Implikasi terapeutik dari "lesi permeabilitas" kapiler masih menjadi bahan perdebatan saat ini. Lesi seperti ini terjadi setelah cedera yang luas dan pada pasien dengan kegagalan paru septik. Meskipun datanya bertentangan, sebagian besar disepakati bahwa kadar albumin serum harus dijaga di atas 30 g/liter atau total protein serum di atas 50 g/liter

Tes ALB. Metode ELISA, sampel darah dilakukan dengan mengambil melalui jarum pada pembuluh darah di bagian lengan es ini dilakukan untuk mengukur jumlah protein albumin yang terdapat di dalam darah manusia. Hati adalah organ penting yang menyusun albumin. Albumin membawa zat seperti hormon, obat-obatan, dan enzim ke seluruh tubuh manusia. Tujuan dari tes ini adalah untuk dapat membantu mendiagnosis, mengevaluasi, dan memantau kondisi ginjal dan hati. Ketika ginjal mulai gagal, albumin mulai bocor dan masuk ke dalam urin. Hal ini menyebabkan tingkat albumin rendah dalam darah (<https://medlineplus.gov/lab-tests/how-to-understand-your-lab-results>)

5. Faktor yang Mempengaruhi Kadar dan Kerja Albumin

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kadar dan sistem kerja dari albumin dalam darah secara optimal, yaitu: a) Makanan, yang dimaksud disini adalah zat-zat gizi atau komponen gizi yang terdapat dalam makanan yang dimakan dan digunakan untuk menyusun terbentuknya albumin seperti Fe (zat besi) dan protein. b) Fungsi hati dan ginjal c) Penyakit yang menyertai, dalam hal ini penyakit yang diderita seseorang membutuhkan lebih banyak zat gizi dan oksigen untuk pembentukan energi guna penyembuhan penyakit yang diderita (Hasan, dkk., 2008)

6. Potensi Ulat Sagu dalam Peningkatan Kadar Albumin pada Anak Gizi Kurang

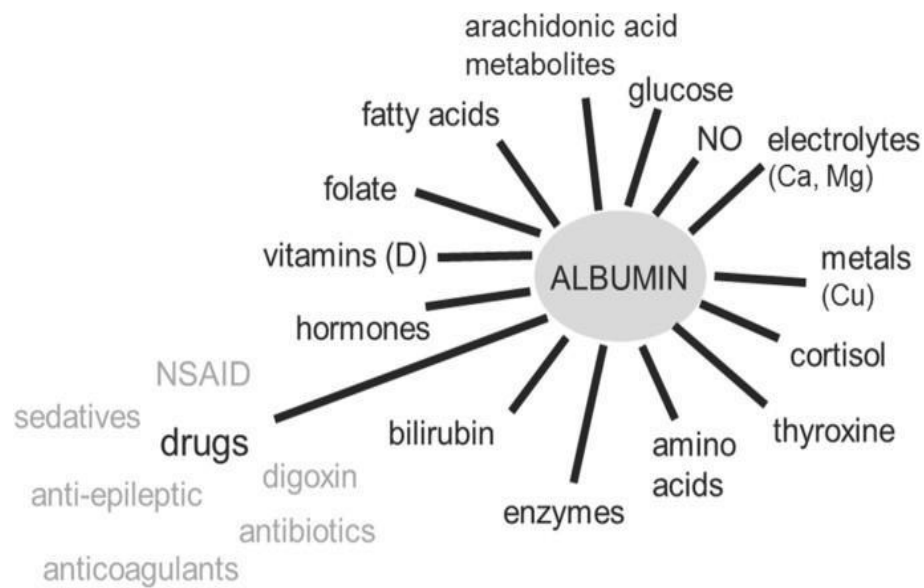
Albumin adalah protein utama dalam serum mamalia. Ini disintesis secara eksklusif di hati, sebelum disekresi ke dalam sirkulasi. Mirip dengan protein otot rangka, sintesis albumin dirangsang oleh asam amino dan protein makanan serta olahraga. Kekurangan albumin di dalam tubuh seseorang dikenal dengan nama hypoalbuminemia. Albumin sendiri adalah protein pada darah yang membentuk sebagian besar plasma darah. Sebagai protein utama di plasma darah albumin memiliki banyak fungsi, yaitu menjaga tekanan pada pembuluh darah serta mengangkut zat seperti hormon dan obat-obatan. Protein tersebut akan mengikat zat-zat tersebut untuk menyebarkan ke seluruh tubuh.

Malnutrisi dan peradangan dapat menekan pembentukan albumin, seperti yang ditunjukkan pada pasien kanker yang memiliki status gizi

buruk. Kelangsungan hidup kanker telah terbukti memiliki hubungan positif dengan tingginya kadar albumin serum dalam serum. Adanya gangguan pada organ hati dan ginjal juga turut memengaruhi kadar albumin dalam darah. Selain itu, penurunan albumin juga akan terjadi pada anak yang mengalami gizi buruk yang disebabkan oleh penurunan sintesis protein total dan dibarengi dengan peningkatan pemecahan protein sehingga juga menyebabkan terjadinya penurunan kadar albumin dalam tubuh seseorang. Adanya penurunan kadar albumin dalam tubuh berkaitan erat dengan peningkatan risiko infeksi (Yoon et al, 1997; Rahman et al, 2009).

Albumin merupakan protein cadangan yang diproduksi oleh organ hati dan berperan sebagai transportasi utama zink sehingga jika albumin darah menurun, maka absorpsi zink juga menurun (Widjaja et.al, 2013). Defisiensi zink memiliki keterkaitan dengan kejadian *underweight*. Seseorang yang mengalami defisiensi zink akan kehilangan indera pengecap sehingga terjadi penurunan nafsu makan hingga anorexia (Salfiyadi dan Lura, 2013). Sebaliknya, keadaan gizi kurang atau *underweight* akan mempengaruhi status zink di dalam tubuh (Muhammad et. al, 2018). Kondisi gizi kurang menyebabkan kadar albumin di dalam tubuh menurun karena terjadi penurunan sintesis protein dan peningkatan pemecahan protein.

Beberapa zat utama yang diangkut oleh albumin dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 8 Beberapa Zat Utama yang Diangkut oleh Albumin
(Vincent et al, 2014)

Hilangnya albumin di ginjal dan usus masing-masing menyebabkan sekitar 6% dan 10% dari kehilangan albumin pada orang sehat. Penurunan kadar albumin serum di bawah interval referensi hypoalbuminemia menjadi penyebab dan diagnosis hypoalbuminemia (Levitt DG dan Levitt MD, 2016; Gounden, et al, 2022)

E. Tinjauan Tentang Pengkajian Gizi Pediatrik

1. Karakteristik Anak Baduta

Balita adalah anak yang berumur di bawah lima tahun, tidak termasuk bayi karena bayi mempunyai karakter makan yang khusus. Menurut Peraturan Menteri Nomor 25 tahun 2014 pasal 1 ayat 4, anak balita adalah anak umur 12 bulan sampai dengan 59 bulan. Menurut Maria Montessori

menyatakan bahwa pada rentang usia lahir sampai 6 tahun anak mengalami masa keemasan (*golden age*) yang merupakan masa dimana anak mulai peka/sensitive menerima berbagai rangsangan (Mubarok dan Miharja, 2020).

Septriasa (2012) dalam Widyawati, dkk (2016) menyatakan karakteristik balita dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Anak usia 1-3 tahun, merupakan konsumen pasif artinya anak menerima makanan yang disediakan orang tuanya. Laju pertumbuhan usia balita lebih besar dari usia prasekolah, sehingga diperlukan jumlah makanan yang relatif besar. Perut yang lebih kecil menyebabkan jumlah makanan yang mampu diterimanya dalam sekali makan lebih kecil bila dibandingkan dengan anak yang usianya lebih besar. Oleh sebab itu, pola makan yang diberikan adalah porsi kecil dengan frekuensi sering;
- b. Anak usia prasekolah (3-5 tahun), anak menjadi konsumen aktif yang mulai memilih makanan yang disukainya. Pada usia ini berat badan anak cenderung mengalami penurunan, disebabkan karena anak beraktivitas lebih banyak dan mulai memilih maupun menolak makanan yang disediakan orang tuanya.

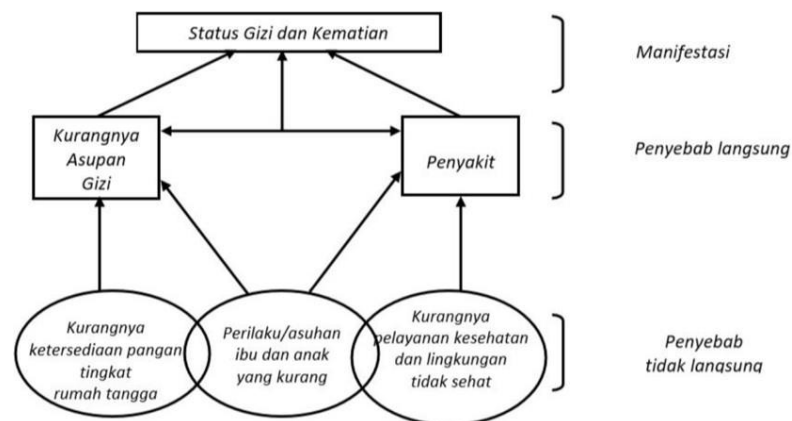
2. Status Gizi

Terdapat banyak faktor yang menimbulkan masalah gizi, konsep yang dikembangkan oleh United Nation Children's Fund (Unicef) tahun 1990,

bahwa masalah gizi disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu langsung dan tidak langsung. Faktor langsung yang menimbulkan masalah gizi yaitu kurangnya asupan makanan dan penyakit yang diderita. Seseorang yang asupan gizinya kurang akan mengakibatkan rendahnya daya tahan tubuh yang dapat menyebabkan mudah sakit. Sebaliknya pada orang sakit akan kehilangan gairah untuk makan, akibatnya status gizi menjadi kurang. Jadi asupan gizi dan penyakit mempunyai hubungan yang saling ketergantungan (Par'i, 2016).

Kekurangan asupan makanan disebabkan oleh tidak tersedianya pangan pada tingkat rumah tangga, sehingga tidak ada makanan yang dapat dikonsumsi. Kekurangan asupan makanan juga disebabkan oleh perilaku atau pola asuh orang tua pada anak yang kurang baik. Dalam rumah tangga sebetulnya tersedia cukup makanan, tetapi distribusi makanan tidak tepat atau pemanfaatan potensi dalam rumah tangga tidak tepat, misalnya orang tua lebih mementingkan memakai perhiasan dibandingkan untuk menyediakan makanan bergizi.

Penyakit infeksi disebabkan oleh kurangnya layanan kesehatan pada masyarakat dan keadaan lingkungan yang tidak sehat. Tingginya penyakit juga disebabkan oleh pola asuh yang kurang baik, misalnya anak dibiarkan bermain pada tempat kotor (Par'i, 2016).



Gambar 9 Faktor Penyebab Kekurangan Gizi

3. Penilaian Status Gizi

Penilaian gizi didefinisikan sebagai interpretasi informasi yang diperoleh dari hasil pengukuran konsumsi makanan, biokimia, antropometri, dan klinis pada seseorang atau sekelompok orang. Dalam penilaian gizi ini ada dua hal yang dilakukan yakni 1) pengukuran atau pengumpulan datadan 2) interpretasi data (Riyadi, 2001; Hardinsyah dan Riyadi, Kemenkes, 2018)

Status gizi merupakan keadaan Kesehatan tubuh seseorang atau sekelompok orang yang diakibatkan oleh konsumsi, penyerapan (absorbsi) dan utilisasi (utilization) zat gizi makanan.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk menilai status gizi yakni konsumsi makanan, antropometri, biokimia dan klinis. Adapun cara yang akan digunakan tersebut, sangat tergantung pada tahapan keadaan kekurangan gizi yang dialami. Untuk lebih jelasnya, bagaimana tahapan kekurangan gizi dan cara mana yang dapat digunakan disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7 Tahapan Kekurangan Gizi dan Cara Penilaian Status Gizi

Tahapan	Tahap kekurangan gizi	Cara penilaian status gizi
1	Ketidakcukupan makanan	Konsumsi makanan
2	Penurunan cadangan zat gizi dalam jaringan tubuh	Biokimia
3	Penurunan kadar zat gizi dalam jaringan tubuh	Biokimia
4	Penurunan taraf fungsional dalam jaringan tubuh	Antropometri/Biokimia
5	Penurunan aktivitas enzim-enzim yang tergantung pada zat gizi	Biokimia
6	Perubahan fungsional	Tingkah laku/Fisiologi
7	Gejala-gejala klinis	Klinis
8	Tanda-tanda anatomis	Klinis

Sumber : Gibson, 1990

Perbedaan tinggi badan dan berat badan anak dilihat dari dua akurasi penetapan yakni terletak pada tanggal lahir sesungguhnya dan tanggal wawancara (pembahasan tersendiri)

4. Metode Antropometri

Penilaian pertumbuhan, kesehatan ataupun penyakit dengan cara antropometri merupakan metode yang sudah lama dikerjakan, seperti penilaian subyektif tentang kekurangan atau kegemukan, pengukuran tunggal (*single measurement*), contoh tinggi badan yang digunakan dalam seleksi militer atau pengukuran seri (*serial measurement*) yakni menggunakan berat badan untuk memonitor pertumbuhan anak (Jelliffe et.al, 1989; Riyadi, 2011).

Pengukuran antropometri (ukuran tubuh) saat ini digunakan secara luas terutama apabila terjadi ketidakseimbangan kronis antara intake energi dan protein (Gibson, 1990). Pengukuran antropometri difokuskan pada pengukuran berbagai dimensi, proporsi dan berbagai aspek komposisi tubuh manusia pada berbagai umur dan derajat gizi yang berbeda (Jelliffe et.al, 1989).

Gibson (1990), telah menyederhanakan dimensi pengukuran antropometri menjadi dua dimensi yakni **pertumbuhan** dan **komposisi tubuh**. Pada dimensi pertumbuhan, Jelliffe et,all (1989), memisahkan antara komponen pertumbuhan linier (tinggi badan) dan pertumbuhan ponderal atau massa tubuh (berat badan).

Pengukuran antropometri saat ini digunakan bukan hanya untuk mendeteksi kegagalan pertumbuhan dan kurang gizi (undernutrition), tetapi juga digunakan untuk mendeteksi perototan tubuh, keadaan lemak tubuh (obesitas), atau masalah kelebihan gizi. Sasaran penggunaan antropometri pun lebih luas bukan hanya untuk masyarakat umum di lapangan tetapi juga digunakan untuk pasien di rumah sakit dan lain-lain

Pengukuran antropometri memiliki beberapa keuntungan (kelebihan) dan kekurangan. Adapun keuntungannya antara lain: (Gibson, 1990)

- a. Cara penggunaan sederhana, aman, noninvasive, dan dapat digunakan pada ukuran sampel yang besar
- b. Peralatan yang digunakan tidak mahal, portable, tahan lama dan dapat dibuat atau dibeli secara local
- c. Cara pengukuran dapat dilakukan oleh petugas yang relative tidak ahli, sehingga petugas lapangan yang dilatih dengan baik dapat melaksanakannya dengan teliti
- d. Dapat diperoleh informasi tentang Riwayat gizi masa lampau, sesuatu yang tidak dapat dilakukan dengan cara lain
- e. Cara ini dapat dilakukan untuk mengidentifikasi keadaan gizi ringan, sedang dan buruk
- f. Cara ini dapat dilakukan untuk pemantauan status gizi dari waktu ke waktu atau dari satu generasi ke generasi berikutnya, sehingga dapat diketahui keenderungan secular (*secular trend*)
- g. Dapat digunakan untuk melakukan screening test, dalam rangka mengidentifikasi individu yang berisiko terhadap malnutrisi

Sedangkan kekeurangan (kelemahan) pengukuran secara antropometri antara lain:

- a. Cara antropometri relative kurang sensitive apabila dibandingkan dengan cara lain.
- b. Cara ini tidak dapat mendeteksi gangguan status gizi yang terjadi dalam periode waktu yang singkat atau tidak dapat mengidentifikasi defisiensi zat gizi khusus.
- c. Cara ini tidak dapat membedakan gangguan pertumbuhan atau komposisi tubuh yang disebabkan oleh defisiensi zat gizi tertentu (misal Zinc/zink dan besi /Fe) dengan defisiensi yang disebabkan oleh gangguan intake energi dan protein
- d. Faktor-faktor non gizi (seperti penyakit, genetic, variasi diurnal) dapat mengurangi spesifisitas dan sensitivitas pengukuran antropometri, tetapi efek ini dapat dihilangkan dengan atau dipertimbangkan melalui desain percobaan dan sampling yang lebih baik

5. Penilaian Status Gizi Pada Anak

Penggunaan dan interpretasi pengukuran pertumbuhan kemungkinan akan sangat berbeda menurut tujuan klinis (individual) atau tujuan kesehatan masyarakat (populasi keseluruhan). Penilaian status gizi yang ideal untuk balita sebaiknya adalah menggunakan indeks antropometri yakni membandingkan pengukuran berat badan menurut umur (BB/U), pengukuran berat badan dan tinggi (panjang) badan menurut umur (TB/U) dan berat badan menurut tinggi (Panjang) badan (BB/TB), karena dengan ketiga indeks ini dapat diketahui dengan jelas karakteristik individu maupun masyarakat juga saling berhubungan namun masing-masing indeks mempunyai arti khusus dalam peristilahan tentang proses atau outcome

gangguan pertumbuhan (Riyadi, 2001; Basuni, 2002; Anisadiyah dan Sartika,2022).

Defisit pada satu atau lebih indeks antropometri sering dianggap sebagai adanya malnutrisi. Defisit tersebut jangan hanya dianggap sebagai akibat dari kekurangan intake pangan (intake energi dan zat gizi), namun defisit yang nyata dalam pengukuran antropometri, yang menunjukkan malnutrisi masa lampau dan masa kini pada level seluler dapat disebabkan oleh rendahnya intake pangan, laju peningkatan utilisasi zat gizi (seperti pada penyakit infeksi), dan/atau gangguan penyerapan atau interaksi zat-zat gizi.

Kombinasi dan interaksi dari proses-proses ini sangat berperan terhadap defisit pertumbuhan atau status fisik yang banyak diamati pada negara-negara berkembang. Oleh karena itu, penemuan antropometri saja tidak dapat menetapkan proses spesifik yang mengarah pada terjadinya malnutrisi: interpretasi defisit pertumbuhan tergantung pada indeks yang digunakan, pada penyebab defisit, dan pada status sosial ekonomi populasi yang diteliti (WHO, 1995; Riyadi, 2001)

Pada beberapa keadaan, malnutrisi menggambarkan bentuk wasting yang berat yang dicirikan oleh kondisi klinis marasmus dan kwashiorkor. Namun, istilah tersebut juga mencakup bentuk kurang gizi yang lebih ringan yang dicirikan oleh defisit yang nyata dari satu atau lebih indeks antropometri.

Istilah malnutrisi (malnutrition), kurang gizi (undernutrition) dan kurang energi protein (protein energy malnutrition) sudah sangat umum digunakan untuk menjelaskan penemuan antropometri yang tidak normal. Namun, keadaan ini jangan hanya dianggap sebagai ketidakcukupan intake makanan atau kelaparan tetapi penemuan antropometri tidak normal lainnya juga berhubungan dengan kelebihan intake makanan yang menyebabkan overweight atau obesitas, yang juga sebagai bentuk dari malnutrisi.

Oleh karena itu, penggunaan istilah malnutrisi disesuaikan dengan indikator yang digunakan, misalnya malnutrisi berdasarkan indikator BB/TB yang rendah. Tabel 8 berikut ini istilah umum yang digunakan untuk indikator antropometri

Tabel 8 Istilah Umum Yang digunakan untuk Indikator Antropometri
(Berdasarkan Pengukuran Berat Badan dan Tinggi Badan)

Indikator Antropometri	Istilah yang menjelaskan outcome	Istilah yang menjelaskan proses	Penjelasan
TB/U rendah	<i>Shortness Stunted</i>	- Stunting (pertambahan tinggi badan yang tidak cukup menurut umurnya)	Deskriptif Implikasi Kesehatan yang jelek dan malnutrisi jangka Panjang
BB/TB rendah	<i>Thinness Wasted</i>	- Wasting (pertambahan BB yang tidak cukup menurut TB-nya atau kehilangan BB)	Deskriptif Implikasi kehilangan BB tingkat berat yang terus berlanjut saat ini atau terjadi baru-baru ini

BB/TB tinggi atau BMI tinggi	<i>Heaviness Overweight</i>	-Pertambahan BB yang berlebihan menurut TB-nya, atau pertambahan TB yang tidak cukup menurut BB-nya	Deskriptif Implikasi obesitas
BB/U rendah	<i>Lightness Underweight</i>	-Pertambahan BB yang tidak cukup menurut umurnya atau kehilangan BB	Deskriptif Implikasi stunting dan/atau wasting
BB/U tinggi	<i>Heaviness Overweight</i>	-Pertambahan BB yang berlebihan menurut umurnya	Deskriptif Implikasi overweight sebagai akibat dari obesitas

6. Teknik Pengukuran Antropometri

Beberapa teknik pengukuran antropometri yang digunakan untuk menggambarkan status gizi seseorang atau sekelompok orang, antara lain:

a. Panjang Badan

Pengukuran tinggi badan dapat dilakukan dengan cara berbaring (*recumbent length*) atau disebut juga Panjang badan dan secara berdiri (*standing height*) atau disebut *stature*. Umumnya pengukuran Panjang badan direkomendasikan untuk anak yang umurnya kurang dari 24 bulan atau anak berumur 24-36 bulan yang tidak dapat berdiri sempurna tanpa bantuan orang lain. Sedangkan pengukuran tinggi badan dilakukan pada anak yang berusia lebih dari 24 bulan, hal ini didasarkan karena cara inilah yang digunakan dalam data referensi NCHS/WHO. Pengukuran tinggi badan yang dilakukan pada anak yang berusia lebih dari 24 bulan. Namun, sangatlah sulit untuk mendapatkan data tinggi badan yang akurat

pada usia anak 24-36 bulan terutama jika anak tersebut sulit untuk diajak bekerjasama (menangis, memberontak dan lain-lain).

Tabel 9 Kategori Status Gizi Menurut PB/U atau TB/U

Indeks	Kategori Status Gizi	Ambang batas (Zscore)
Panjang/ Badan menurut Umur (PB/U) anak usia 0 - 60 bulan	Sangat pendek (severely stunted)	<-3 SD
	Pendek (stunted)	-3 SD sd <- 2 SD
	Normal	-2 SD sd +1 SD
	Tinggi	> +1 SD

Sumber Kemenkes,2020

Tinggi badan merupakan parameter yang penting bagi keadaan yang telah lalu dan keadaan sekarang, jika umur tidak diketahui dengan tepat. Di samping itu, tinggi badan merupakan ukuran kedua yang penting karena dengan menghubungkan berat badan terhadap tinggi badan, faktor umur dapat dikesampingkan. Pengukuran tinggi badan pada umumnya dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut Microtoise yang mempunyai ketelitian 0,1 cm.

Pengukuran tinggi badan (*stature*) memerlukan papan yang diletakkan secara vertikal yang sudah ditempel dengan meteran khusus. Papan vertical tersebut dihubungkan dengan papan yang ditempatkan secara horizontal. Papan horizontal ini dapat digeser-geser sampai mencapai titik atas kepala seseorang. Alat tersebut tersedia secara portable yakni microtoise.

7. Angka Kecukupan Gizi (AKG)

Menurut Kemenkes (2019), istilah Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia yang selanjutnya disingkat AKG adalah suatu nilai yang menunjukkan kebutuhan rata-rata zat gizi tertentu yang harus dipenuhi setiap hari bagi hampir semua orang dengan karakteristik tertentu yang meliputi umur, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, dan kondisi fisiologis, untuk hidup sehat.

Angka kecukupan gizi (AKG) ini, berguna karena digunakan sebagai patokan dalam penilaian dan perencanaan konsumsi pangan, juga basis dalam perumusan acuan label gizi. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi gizi serta ukuran antropometri penduduk, angka kecukupan gizi pun terus mengalami perubahan. AKG umumnya digunakan pada tingkat konsumsi yang meliputi kecukupan energi, protein, lemak, karbohidrat, serat, air, vitamin, dan mineral (Hardinsyah et al, 2013, Kemenkes, 2019)

Setiap negara memakai istilah yang berbeda-beda untuk angka kecukupan gizi. Di Indonesia menggunakan istilah Angka Kecukupan Gizi (AKG) sebagai terjemahan dari RDA (*recommended dietary allowance*). Sedangkan negara Filipina menggunakan istilah *Recommended Energy and Nutrient Intakes* (RENI). Di Amerika Serikat sendiri, mulai tahun 1997 (IOM, 1997) menggunakan 4 istilah *Dietary Reference Intake* (DRI), yakni 1) kecukupan gizi rata-rata (*Estimated Average Requirement*, EAR), 2) Konsumsi gizi yang dianjurkan (*Recommended Dietary Allowance*, RDA), 3) Kecukupan asupan gizi (*Adequate Intake*, AI) dan 4) Batas Atas yang diperbolehkan (*Tolerable Upper Intake Level*, UL) (Hardinsyah et al, 2013)

Kecukupan asupan gizi (*Adequate Intake*), adalah suatu zat gizi berupa angka yang menggambarkan kecukupan gizi berdasarkan asupan gizi orang yang sehat. AI ini digunakan bila belum cukup kajian kecukupan zat gizi tertentu pada populasi tertentu. Sedangkan Batas Atas (*Tolerable*

Upper Level Intake), adalah nilai rata-rata tertinggi asupan gizi harian yang tidak menimbulkan risiko gangguan kesehatan (*adverse health effects*) bagi hampir semua orang secara umum. Bila asupan lebih besar dari Batas Atas, maka potensi mengalami gangguan kesehatan mungkin meningkat. DRI – Dietary Reference Intake adalah patokan untuk menentukan kecukupan gizi seseorang untuk hidup sehat

Berat Badan Sehat adalah nilai rata-rata berat badan dari sekelompok orang yang memiliki status gizi yang normal. Pada anak balita status gizi dengan z-skor BB/U antara +1 sampai -1. Pada kelompok usia lainnya bila nilai IMT atau IMT/U berada diantara 20.25 sampai 23.25

Angka kecukupan gizi sebenarnya bisa berbeda dengan kebutuhan gizi individu. Oleh karena itu untuk menilai tingkat asupan individu dengan menggunakan AKG sebaiknya lakukan koreksi dengan berat badan. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menilai tingkat asupan individu dengan menggunakan AKG yang dikoreksi dengan berat badan adalah sebagai berikut:

- a. Lakukan koreksi AKG dengan berat badan dengan menggunakan rumus berikut ini

$$\text{AKG Koreksi} = \frac{\text{Berat Badan Aktual}}{\text{BB dalam AKG sesuai kelompok umur}} \times \text{AKG}$$

- b. Setelah diperoleh nilai zat gizi yang telah dikoreksi dengan berat badan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan tingkat kecukupan zat gizi.

Rumus perhitungan tingkat konsumsi secara umum adalah sebagai berikut:

$$\text{Tingkat Pemenuhan Gizi} = \frac{\text{Asupan Zat Gizi}}{\text{AKG Koreksi}} \times 100\%$$

Tabel 10 Angka Kecukupan Gizi Anak (Kemenkes, 2019)

Kategori Umur	BB (kg)	TB (cm)	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)	Omega 3	Omega 6	Karbohidrat (g)
Bayi :								
0-5 bulan*	6	60	550	9	31	0,5	4,4	59
6-11 bulan	9	72	800	15	35	0,5	4,4	105
Anak :								
1-3 tahun	13	92	1350	20	45	0,7	7	215
4-6 tahun	19	113	1400	25	50	0,9	10	220

Sumber: Kemenkes, 2019

a. Angka Kecukupan Energi, Protein, Lemak dan Karbohidrat

Energi merupakan salah satu hasil metabolisme karbohidrat, protein dan lemak. Energi berfungsi sebagai zat tenaga untuk metabolisme, pertumbuhan, pengaturan suhu dan kegiatan fisik. Kelebihan energi disimpan dalam bentuk glikogen sebagai cadangan energi jangka pendek dan dalam bentuk lemak sebagai cadangan jangka panjang (IOM, 2002).

Protein terdiri dari asam-asam amino. Disamping menyediakan asam amino esensial, protein juga mensuplai energi dalam keadaan energi terbatas dari karbohidrat dan lemak. Asam amino esensial meliputi Histidine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Methionine, Cysteine, Phenilalanine, Tyrosine, Threonine, Tryptophan dan Valine. Pada umumnya empat asam amino yang sering defisit dalam makanan anak-anak adalah Lysine, Methionine+Cysteine, Threonine +Tryptophan. (FAO/WHO, 1985). Protein atau asam amino esensial berfungsi terutama sebagai katalisator, pembawa, penggerak, pengatur, ekspresi genetik, neurotransmitter, penguat struktur, penguat immunitas dan untuk pertumbuhan (WHO, 2002)

Dasar Pemikiran Penelitian

Kekurangan gizi dan defisiensi mikronutrien berkontribusi besar terhadap beban penyakit global (Ezzati dkk, 2002). Masih tingginya permasalahan gizi di Indonesia mencakup gizi kurang dan gizi lebih serta kekurangan micronutrient menjadi suatu pemikiran untuk dilakukan intervensi untuk mengurangi permasalahan tersebut. Selain karena faktor konsumsi, kemiskinan juga menjadi salah satu penyebab terjadinya kekurangan gizi di Masyarakat. Masyarakat miskin mengalami tingginya angka kekurangan gizi dan peningkatan paparan terhadap penyakit menular yang disebabkan oleh kepadatan penduduk dan sanitasi yang tidak memadai.

Gizi kurang umumnya ditandai dengan membandingkan berat atau tinggi badan (atau panjang) anak-anak pada usia dan jenis kelamin tertentu dengan distribusi berat atau tinggi badan yang diamati dalam populasi referensi anak-anak yang dianggap sehat pada usia dan jenis kelamin yang sama. Selanjutnya menghitung skor- z , yaitu selisih antara berat atau tinggi badan anak dengan nilai median pada usia dan jenis kelamin tersebut pada populasi referensi, dibagi dengan standar deviasi (SD) populasi referensi. Anak yang tinggi badan menurut umurnya kurang dari -2 SD dianggap stunting, karena peluang tinggi badan anak menjadi normal kurang dari 3 persen. Anak yang berat badan per umurnya kurang dari -2 SD dianggap kurus, dan anak yang berat badan per tinggi badannya kurang dari -2 SD dianggap kurus. *Stunting* disebabkan oleh kekurangan gizi

kronis, yang menghambat pertumbuhan linear, sedangkan *wasting* disebabkan oleh gizi yang tidak memadai dalam jangka waktu yang lebih singkat, dan *underweight* mencakup stunting dan *wasting*.

Kemenkes (2018), tentang petunjuk teknis Pendidikan gizi dan pemberian makanan tambahan bagi ibu hamil dan anak balita gizi kurang berbasis pangan lokal, maka salah satu solusinya adalah dengan mengangkat issue ulat sagu sebagai produk pangan local kaya gizi untuk intervensi. Ulat sagu (*R. ferrugineus*) memiliki komponen zat gizi makro dan mikro nutrient yang berkualitas. Hingga saat ini, ulat sagu sudah dikenal sebagai salah satu jenis serangga sudah digunakan sebagai bahan pangan di negara Asia, Afrika bahkan Eropa serta Indonesia sendiri ada beberapa daerah seperti Kalimantan, Sumatera, Sulawesi, Ambon, Papua. Khusus bagi Masyarakat asli Maluku dan Papua, ulat sagu dikonsumsi sebagai pelengkap (lauk) papeda (bubur sagu). (Ballayram, et.al, 2015; Syartiwidya, 2023). Secara ilmiah, belum ada laporan yang merinci kadar nutrisi ulat sagu serta mengangkat menjadi salah satu upaya intervensi gizi terutama pada golongan rawan gizi seperti anak gizi kurang usia 12-24 bulan lalu.

Penelitian tentang ulat sagu sudah banyak dilakukan, namun analisis yang dilakukan adalah pada zat gizi. Intervensi pada anak gizi kurang telah dilakukan oleh Nirmala et al (2017), dalam bentuk serundeng dan abon sebesar 20 gram yang diisikan pada beberapa makanan jajanan dan diberikan pada anak balita gizi kurang selama 45 hari. Berat makanan

jajanan adalah 50 gram. Namun belum menunjukkan perubahan yang signifikan pada berat badan dan tinggi badan anak balita.

Asupan gizi seperti protein, asam amino, seng, kalsium, selenium, serta asupan vitamin dan mineral lainnya yang kurang memadai pada makanan, kebanyakan disebabkan oleh kelebihan konsumsi bahan makanan yang kaya energi, kurang konsumsi makanan sumber micronutrient, serta konsumsi makanan olahan yang berlebih (Grober, 2009) merupakan faktor penting yang mempengaruhi sistem imun, dimana sistem imun sendiri berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan sel terutama sel yang menghasilkan limfosit. Kekebalan tubuh seseorang dapat diukur dari kadar limfositnya. Batasan kadar limfosit normal adalah sebesar 20-40 %. Kadar limfosit menggambarkan besarnya pertahanan tubuh manusia dalam melawan segala macam benda asing yang masuk ke dalam tubuh. Turunnya kadar limfosit akan mengakibatkan tubuh mudah terkena berbagai macam penyakit infeksi dan aktivitas sel dalam system kekebalan terhambat (Baratawidjaya, 2004). Restriksi energi akan menurunkan sitokin dan meningkatkan proliferasi sel T, sedangkan defisiensi protein akan menurunkan imunoglobulin yang ada di sirkulasi.

Perlambatan pertumbuhan terjadi akibat penurunan normal asupan nutrient yang terjadi pada masa anak-anak. Yang dimaksud dengan pertumbuhan normal yakni adanya proses berkelanjutan sejak dari multiplikasi dan diferensiasi sel-sel tubuh hingga menjadi berbagai sistem

organ (fase organogenesis) yang terjadi kemudian hyperplasia seluler dan berlanjut terus akhirnya terjadi hipertropi organel dan sitoplasma sel, sehingga terjadi peningkatan berat dan ukuran tubuh serta maturasi berbagai system organ. Defisiensi pertumbuhan akan terjadi jika hyperplasia dan hipertropi tidak optimal, mengakibatkan berat, ukuran dan maturasi metabolisme sel terhambat. Kondisi ini akan berakibat pada peningkatan morbiditas dan mortalitas serta adanya komplikasi berat di kemudian hari.

Insulin Like Growth Factor 1 (IGF-1), atau disebut juga Somatomedin C merupakan hormon yang sama dalam struktur molekul insulin, memainkan peranan penting dalam pertumbuhan masa kanak-kanak (SuhHS, 2013). Studi intervensi dalam bentuk suplemen baik yang dibuat sendiri maupun dalam kondisi terapi hormonal, mungkin memiliki efek positif ketika diberikan kepada pasien dengan status gizi kurang atau buruk ataupun pada pasien berisiko menderita status gizi kurang maupun buruk (Akner & Cederholm, 2001)

IGF diproduksi oleh hati, sebagai hormon endokrin serta dalam jaringan target dalam bentuk parakrin / otokrin, dimana produksinya dirangsang oleh hormon pertumbuhan (GH) dan dapat dihambat oleh kekurangan gizi, ketidakpekaan hormon pertumbuhan, kurangnya reseptor hormon pertumbuhan atau kegagalan dari sinyal jalur pasca reseptor GH. IGF-1 adalah perantara utama dari efek hormon pertumbuhan. Hormon pertumbuhan dibuat dalam kelenjar hipofisis anterior, dilepaskan ke dalam

aliran darah, kemudian merangsang hati untuk memproduksi IGF-1.

Kekurangan IGF-1 akan berdampak pada perawakan tubuh pendek dan berat badan kurang. Beredarnya IGF-1 yang dihasilkan oleh hati dibawah kendali hormon pertumbuhan, menyebabkan terjadinya pengikatan dengan reseptor hormon pertumbuhan hati yang merangsang ekspresi dan pelepasan IGF-1 peptida dalam sirkulasi dan meningkatkan afinitas untuk IGFBPs yang merupakan bentuk endokrin IGF-1. Selain hati organ lain yang membentuk IGF-1 dengan afinitas rendah untuk IGFBPs adalah mewakili bentuk autokrin dan parakrin IGF-1 (Kuijjer et al, 2013).

Protein albumin dapat dipakai sebagai salah satu prediktor seseorang itu sehat, dimana jika kadar albumin rendah menunjukkan bahwa ada indikasi kesehatan seseorang rendah atau buruk. Konsentrasi albumin tertinggi terdapat di sel hati. Albumin merupakan 50 % protein plasma dan yang memelihara tekanan onkotik plasma adalah sebesar 66-75 %. Sebagian fungsi albumin digantikan oleh globulin yang meningkat.

Fungsi albumin adalah untuk membantu pembentukan sel baru jaringan dalam tubuh selama pertumbuhan dan mempercepat penyembuhan proses jaringan tubuh. Sistem kekebalan tubuh akan meningkat jika kadar albumin meningkat, selain itu peningkatan kadar albumin juga menunjukkan fungsi hati baik sehingga mampu membantu pertumbuhan anak terutama pada masa aktif (Neherta, 2011). Kadar albumin dalam tubuh dapat dijadikan sebagai biomarker yang digunakan untuk mengidentifikasi gangguan kesehatan seperti gangguan ginjal

(Imafuku et al, 2021) atau menunjukkan status gizi (Chang and Holcomb, 2016).

Pada penelitian ini potensi dari ulat sagu dalam meningkatkan status gizi dapat dilihat dari kandungan gizi yang dimilikinya dimana protein dan seng, albumin, selenium, asam amino memberikan peranan pada peningkatan status imun, dimana jika status imun meningkat maka terjadi peningkatan pada berat badan dan tinggi badan.

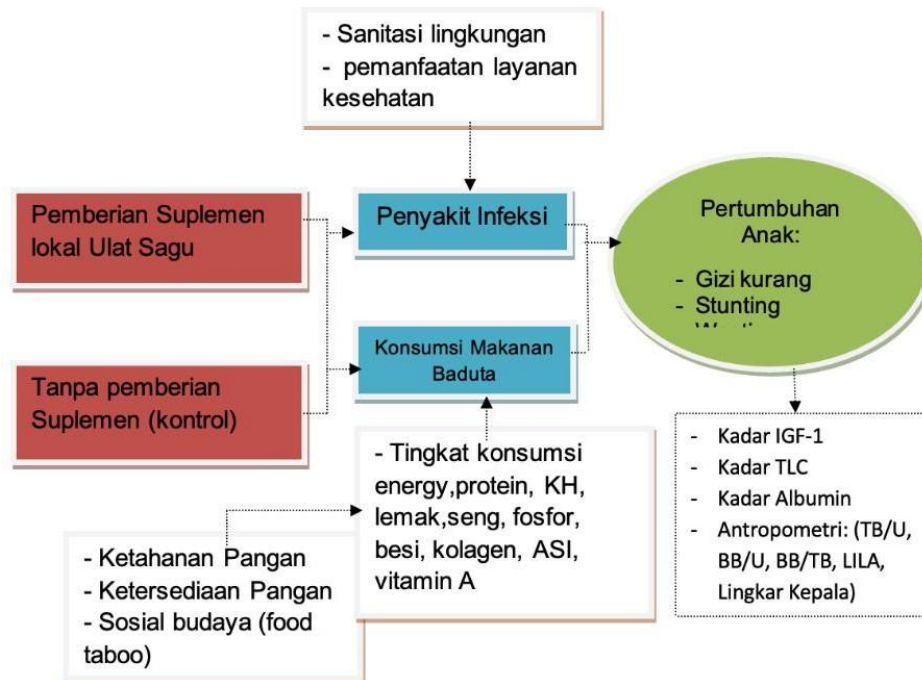
Peran seng sendiri dapat mempengaruhi sirkulasi konsentrasi IGF-1. Zink merupakan kofaktor struktural, katalitik atau regulator untuk lebih dari 300 jenis enzim-sintesis, degradasi karbohidrat, lipid protein dan memperbaiki *taste bud* pada anak baduta gizi kurang sehingga dengan demikian akan menambah selera makan anak. Seng berperan utama dalam sintesis dan stabilisasi bahan genetik (asam nukleat) dan diperlukan untuk pembelahan sel.

Asupan yang inadequate, dikombinasi dengan kebutuhan nutrisi yang tinggi pada anak-anak memberikan risiko peningkatan defisiensi mikronutrient yang berdampak dengan status gizi mereka. Kurangnya asupan iodine akan berdampak pada pertumbuhan, kalsium dan vitamin D akan berdampak pada perkembangan tulang, kekurangan besi akan berdampak pada perkembangan intelegensi, seng pada sistem imun, sedangkan kekurangan selenium dan vitamin B berkaitan dengan keseimbangan multivitamin/suplemen mineral yang baik (Grober, 2009), oleh karena itu melalui penelitian ini diharapkan juga memberikan

sumbangan zat gizi dari pemberian suplemen ulat sagu yang kaya akan protein, zink, albumin, asam amino dan zat gizi lalannya.

Selain itu, peningkatan kadar IGF-1, limfosit dan albumin dan perubahan status gizi pada anak gizi kurang dan stunting dapat terlihat dari hasil penelitian.

Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 11 Kerangka Konsep Penelitian