

**HUBUNGAN ANTARA KADAR SENG (Zn) DENGAN
MEMORI JANGKA PENDEK
PADA ANAK SEKOLAH DASAR**

**(The Association Between Zinc (Zn) level and Short Term Memory
in Elementary School Children)**



TESIS

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat S-2
dan memperoleh keahlian dalam bidang Ilmu Kesehatan Anak**

Frans Johannis Huwae

**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER ILMU BIOMEDIK
DAN
PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS I
ILMU KESEHATAN ANAK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2006

**HUBUNGAN ANTARA KADAR SENG (Zn) DENGAN
MEMORI JANGKA PENDEK
PADA ANAK SEKOLAH DASAR**

**(The Association Between Zinc (Zn) level and Short Term memory
in Elementary School Children)**



TESIS

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat S-2
dan memperoleh keahlian dalam bidang Ilmu Kesehatan Anak**

Frans Johannis Huwae

**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER ILMU BIOMEDIK
DAN
PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS I
ILMU KESEHATAN ANAK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2006

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis

**HUBUNGAN ANTARA KADAR SENG (Zn) DENGAN
MEMORI JANGKA PENDEK PADA ANAK SEKOLAH DASAR
(The Association Between Zinc (Zn) level and Short Term Memory
in Elementary School Children)**

Disusun oleh

Frans Johannis Huwae

G4A002052

Menyetujui,
Pembimbing Utama

Dr. Tjipta Bahtera SpA(K)

NIP. 140 053 559

**Ketua Program Studi
Ilmu Kesehatan Anak**

Dr. Hendriani Selina, SpA(K), MARS

NIP. 140 090 453

Komisi Pembimbing
Pembimbing Kedua

Dra. Hastaning Sakti, MKes

NIP.131 958 816

**Ketua Program Studi
Magister Ilmu Biomedik**

Prof.dr.H.Soebowo,SpPA(K)

NIP. 130 352 549

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum / tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang,2006

Penulis

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas

Nama : dr. Frans Johannis Huwae
Tempat / Tgl. Lahir : Biak, 10 Januari 1966
Agama : Kristen Protestan
Jenis Kelamin : Laki-laki
NIP : 140328624

B. Riwayat Pendidikan:

1. SD Negeri I Biak : Lulus tahun 1979
2. SMP Negeri I Biak : Lulus tahun 1982
3. SMA Kristen BPPK Bandung : Lulus tahun 1985
4. FK. UNPAD : Lulus tahun 1992
5. PPDS-1 Ilmu Kesehatan Anak UNDIP : (2002 – Sekarang)
6. Magister Ilmu Biomedik UNDIP : (2002 – Sekarang)

C. Riwayat Pekerjaan

1. Tahun 1993 – 1996 : Kepala Puskesmas Kameri Kecamatan Numfor Barat-Papua
2. Tahun 1996 – 2002 : Staf dokter RSUD Biak- Numfor Propinsi Papua

D. Riwayat Keluarga

1. Nama Orang Tua.
Ayah : Cornelis Huwae
Ibu : Elisabeth
2. Nama Istri : Rehulina Manik, SH,MKn
3. Nama Anak : - Samuel C.A. Huwae
- Debora E.P.Huwae

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah karena berkat kasih karunia-NYA, laporan penelitian kami yang berjudul “ **Hubungan Antara Kadar Seng dengan Memori Jangka Pendek Pada Anak Sekolah Dasar**“ dapat terselesaikan, guna memenuhi sebagian persyaratan dalam mencapai derajat S-2 dan memperoleh keahlian dalam bidang Ilmu Kesehatan Anak (IKA) Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro (FK UNDIP).

Kami menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna karena ketidakmampuan kami. Namun karena dorongan keluarga, teman dan bimbingan guru-guru kami maka tulisan ini dapat terwujud.

Banyak sekali pihak yang telah berkenan membantu dalam menyelesaikan penulisan ini, jadi kiranya tidaklah berlebihan apabila pada kesempatan ini kami menghaturkan rasa terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya.

Pertama kali penulis ucapkan terima kasih kepada Rektor Universitas Diponegoro Semarang beserta jajarannya yang telah memberikan izin bagi penulis untuk menempuh PPDS-1 IKA FK UNDIP, Semarang.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Dekan FK UNDIP saat ini beserta jajarannya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti PPDS-1 IKA FK UNDIP.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Direktur Utama Rumah Sakit Dr. Kariadi Semarang beserta jajaran Direksi yang telah memberikan izin bagi penulis untuk

menempuh PPDS-1 IKA di Bagian IKA /SMF Kesehatan Anak di RSUP Dr. Kariadi Semarang.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ketua Program Studi Magister Ilmu Biomedik Program Pascasarjana UNDIP Prof. dr. H. Soebowo, SpPA(K) beserta dr. Edi Dharmana, PhD, SpPar(K) dan dr. Kusmiyati DK, M.Kes atas bimbingan dan sarannya serta sebagai tim penguji Proposal Penelitian dan Tesis.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada dr. Budi Santosos, SpAK selaku Ketua Bagian IKA FK UNDIP/SMF Kesehatan Anak RSUP Dr. Kariadi Semarang, sekaligus sebagai Ketua Sub Bagian Gasroenterologi yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti PPDS-1.

Kepada yang terhormat dr. Hendriani Selina, SpA(K), MARS selaku Ketua Program Studi PPDS-1 IKA FK UNDIP, penulis sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya atas kesabaran dan pengertian memberikan wawasan, arahan, dorongan, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Kepada yang terhormat **dr. Tjipta Bahtera** secara khusus penulis sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya, sebagai Pembimbing utama dalam penelitian ini atas segala ketulusannya, dalam memberikan bimbingan, wawasan, arahan dan meluangkan waktu di kantor, ditempat praktek sehingga penulis dapat penyelesaian penelitian ini.

Penulis juga sampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada **Prof.Dr.dr. Satoto SpG(K) (Alm)** sebagai Pembimbing kedua dalam penelitian ini atas segala ketulusannya, dalam memberikan bimbingan, motivasi, wawasan, arahan

sehingga penulis dapat penyelesaian proposal dan seminar proposal penelitian. Dan kepada Ibu **Dra. Hastaning Sakti MKes**, kami mengucapkan terima kasih yang tak terhingga atas kesediaan beliau untuk mendukung sepenuhnya dalam penelitian ini baik dalam bimbingan maupun turun langsung dalam pemeriksaan memori serta kesediaan beliau menjadi pembimbing kedua pada penelitian ini.

Kepada Prof.DR.dr.I.Riwanto, Dr.M.Sidhartani Zain MSc, SpAK dan dr. Dani Rahmawati, SpS, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesediaannya sebagai tim penguji Proposal dan Tesis serta segala bimbingannya untuk perbaikan dan penyelesaian tesis ini.

Kepada Dr. dr. Tatty Ermin Setiaty, SpA(K) selaku dosen wali atas segala bimbingan dan dorongan untuk menyelesaikan penelitian ini.

Kepada para guru besar dan guru-guru kami staf pengajar di Bagian IKA Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro / RS Dr. Kariadi Semarang : Prof. dr. Moeljono S Trastotenojo, SpA(K), Prof. Dr. dr. Hariyono Suyitno, SpA(K), Prof. dr. Hardiman Sastrosubroto, SpA(K), Prof. Dr. dr. Ag. Soemantri, SpA(K), Ssi(Stat), Prof. Dr. dr. Lydia Kristanti K,SpA(K), Prof.Dr.dr.Harsoyo N,SpA(K),DTM&H, dr.Anggoro DB Sachro, SpA(K), DTM&H, dr. Kamilah Budhi Rahardjani, SpA(K), dr. R. Rochmanadji Widajat, SpA(K), MARS, dr. Tjipta Bahtera, SpA(K), dr. Moedrik Tamam,SpA(K), dr. H.M. Sholeh Kosim, SpA(K), dr. Rudy Susanto, SpA(K), dr.Herawati Juslam,SpA(K), dr. JC Susanto, SpA(K), dr. Agus Priyatno, SpA(K), dr. Dwi Wastoro Dadiyanto,SpA(K), dr. Asri Purwanti,SpA, MPd, dr. Bambang Sudarmanto, SpA(K), dr. MM DEAH Hapsari, SpA(K),dr.Alifiani Hikmah Putranti,SpA(K), dr. Mexitalia Setiawati, SpA(K), dr. M. Herumuryawan, SpA, dr. Gatot Irawan Sarosa, SpA, dr. Anindita S, SpA, dr.

Wistiani,SpA, dr. Fitri Hartanto SpA, dan dr. Yetty M N SpA yang telah berperan besar dalam proses pendidikan penulis dan penyelesaian penelitian ini.

Terima kasih kepada yth. dr.Hardian sebagai pembimbing metodologi dan statistik atas bimbingan dan arahnya, dengan segala kesabaran membimbing dan meluangkan waktu ditengah kesibukkan baik di kantor maupun dirumah.

Kepada seluruh teman sejawat peserta PPDS-1, atas kerjasama, saling membantu dan memotivasi. Penulis sampaikan terima kasih. Khususnya kepada TS angkatan PPDS-1 Juli 2002 dr.Nahwa, dr.Satrio, dr.Lilia, dr.Medi dan dr. Fuadi, dr. Sandra atas segala bantuan dan kerjasama yang baik.

Kepada rekan-rekan perawat / TU / karyawan / karyawan Bagian IKA penulis sampaikan terima kasih atas kerjasama dan bantuannya.

Untuk istriku tercinta Rehulina Manik, dan anak-anakku tersayang Samuel dan Debora, terima kasih yang tidak terhingga untukmu semua atas segala keikhlasan, kesabaran, pengertian, dorongan semangat, curahan kasih sayang dan doa tulusnya untuk penulis sehingga penelitian ini selesai.

Kepada Ayah Bapak Cornelis Huwae dan Ibu Elisabeth, Ayah mertua KYA Manik (Alm) dan Ibu Deliana Sembiring (Alm) serta kakak dan adik-adik tercinta, penulis ucapkan terima kasih tiada terhingga atas bantuan moril materil, perhatian, dukungan, nasehat dan doa tulus yang penulis rasakan sejak memulai pendidikan hingga sekarang.

Untuk Bpk. Untoro Nugroho dan keluarga, Bpk Bambang dan Keluarga, dan teman-teman dalam Pelayanan Kristen Semarang, Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan doa dan dorongan sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Allah kiranya membalas segala kebaikan dan dukungannya.

Amin

Tiada gading yang tak retak, penulis memohon kepada semua pihak untuk memberikan masukan dan sumbang saran atas penelitian ini sehingga dapat meningkatkan kualitas penelitian ini dan memberikan bekal bagi penulis untuk penelitian ilmiah di masa yang akan datang.

Akhirnya dari lubuk hati yang paling dalam, penulis juga menyampaikan permintaan maaf kepada semua pihak yang mungkin telah mengalami hal yang kurang berkenan dalam berinteraksi dengan penulis selama kegiatan penelitian ini. Semoga Allah Maha Kasih senantiasa melimpahkan berkat dan karuniaNYA kepada kita sekalian.

Amin.

Semarang 2006

Penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	-
Lembar Pengesahan	i
Pernyataan	ii
Riwayat hidup.....	iii
KataPengantar.....	iv
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
Abstrak	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Mamfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Seng	5
2.1.1.Absorbsi Dan Metabolisme	6
2.1.2. FUNGSI.....	8
2.1.3.Kebutuhan Seng yang Dianjurkan.....	9
2.1.4.Defisiensi seng.....	9
2.1.5. Faktor predisposisi.....	10
2.1.6.Penentuan Status Seng.....	11
2.2. Interaksi Zat gizi mikro.....	11
2.3. Memori	
2.3.1. Definisi dan pembagian jenis memori.....	12
2.3.2. Klasifikasi.....	13
2.3.3. Anatomi dan Fisiologi Memori	16

2.4. Hubungan Seng dengan Memori	
2.4.1. Neuron dan Neurotransmitter	18
2.4.2. Peranan Seng terhadap Memori	20
2.5. Faktor lain yang berpengaruh terhadap memori	
2.5.1. Status Besi	21
2.5.2. Stimulasi	22
2.5.3. Obat Anti Kejang	22
2.5.4. Status Kalsium	22
2.6. Kerangka Teori	23
2.7. Kerangka Konsep	24
2.8. Hipotesis	24
BAB 3. METODA PENELITIAN	
3.1. Jenis Penelitian.....	25
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.3. Populasi dan Sampel Penelitian.....	25
3.4. Variabel Penelitian	26
3.5. Cara Kerja / Pengumpulan Data	27
3.6. Analisa Data.....	28
3.7. Definisi Operasional.....	28
3.8. Etika Penelitian.....	29
BAB 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan	30
BAB 5. PEMBAHASAN.....	39
BAB 6. SIMPULAN DAN SARAN.....	44
Daftar Pustaka	45
Lampiran	

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1	Kebutuhan Seng menurut Umur	9
2	Gejala Defisiensi Seng	10
3	Karakteristik anak SD yang menjadi subyek Penelitian	32
4	Kadar Hb, Feritin, kalsium, seng plasma	33
5	Hasil Tes Memori Jangka Pendek	33
6	Hubungan antara kadar Hb dengan Memori Jangka Pendek	34
7	Hubungan antara Feritin dengan memori Jangka Pendek	35
8	Hubungan antara kadar Kalsium plasma dengan Memori Jangka Pendek	35
9	Hubungan antara kadar Seng Rambut dengan Memori Jangka Pendek	36
10	Analisa Regresi berganda hubungan antara Memori Jangka Pendek Digit-span Forward dengan kadar Hb, Feritin, Kalsium plasma, dan Seng Rambut.	37
11	Analisa Regresi berganda hubungan antara Memori Jangka Pendek Digit-span Backward dengan kadar Hb, Feritin, Kalsium plasma, dan Seng Rambut	38
12	Analisa Regresi berganda hubungan antara Memori Jangka Pendek Picture Search dengan kadar Hb, Feritin, Kalsium plasma, dan Seng Rambut	39

Nomor	Judul	Halaman
1	Absorpsi Seng	6
2	Metabolisme Seng	8
3	Dual-Memory model	14
4	Diagram Skematik Neuron	19
5	Pelepasan Neurotransmitter	19
6	Pelepasan NMDA dan LTP	20

DAFTAR GAMBAR

HUBUNGAN ANTARA KADAR SENG (Zn) MEMORI JANGKA PENDEK PADA ANAK SEKOLAH DASAR

ABSTRAK

Pendahuluan. Seng berperan dalam proses biokimiawi dalam tubuh manusia, morfogenesis sistim saraf pusat dan berperan dalam regulasi pelepasan neurotransmitter. Defisiensi seng masih merupakan masalah yang dijumpai pada anak, hal ini disebabkan karena konsumsi makanan yang mengandung fitat, makanan berserat, dan mengandung kalsium. Kemampuan memori jangka pendek yang baik pada anak usia sekolah sangat penting dalam usaha meningkatkan prestasi belajar anak. Hubungan seng dengan memori pada anak usia sekolah masih bersifat kontroversi. Oleh karena itu perlu dipastikan apakah kadar seng mempunyai hubungan dengan memori jangka pendek pada anak

Tujuan. Mengetahui hubungan kadar seng (Zn) dengan memori jangka pendek pada anak sekolah dasar.

Metode: Rancangan penelitian adalah observasional eksploratif analitik. Subyek adalah anak sekolah dasar kelas 1. Fungsi memori jangka pendek dengan menggunakan tes digit span forward, digit span backward, dan picture search. Diambil sampel rambut untuk diperiksa kadar seng, sampel darah untuk diperiksa kadar besi plasma, ferritin, hemoglobin, dan kalsium plasma. Hubungan antara kadar seng dengan memori jangka pendek dianalisis dengan memakai pearson koefisien korelasi dan regresi linear. Pengujian hipotesis dengan analisis person koefisien korelasi diteruskan dengan regresi linear.

Hasil: Diteliti 110 anak kelas satu sekolah dasar terdiri 70 anak laki-laki (63.1%) dan 41 anak perempuan (36.9%). Terdapat hubungan sangat bermakna derajat kuat antara seng rambut dengan skor digit-span forward ($p=0.002$), backward ($p=0.001$), dan skor picture search ($p=0.003$). Terdapat 38 – 54% dari hasil ketiga tes memori jangka pendek tersebut dipengaruhi oleh kadar seng, Hb, ferritin, dan kalsium plasma.

Kata kunci: Seng, Memori jangka pendek, Anak sekolah dasar

**The Association Between Zinc (Zn) level and Short Term Memory
in Elementary School Children**

ABSTRACT

Background. Zinc plays an important role in biochemical processes of human body, morphogenesis of central nervous system, and regulation of neurotransmitter release. Zinc deficiency is still a common problem in children, this is due to the consumption of phytat containing food, food rich in fibers, and calcium containing food. Good short term memory ability is essential for school age children in order to improve their academic achievement. The association between zinc and memory in school age children is still controversial. Therefore, whether zinc level has association to short term memory in children needs to be confirmed.

Objective. To determine the association of zinc (Zn) level and short term memory in elementary school children.

Methods. This was an analytic, explorative, observational study. The subjects were 1st grade elementary school children. Short term memory function was evaluated by wing digit span forward, digit span backward, and picture search tests. Hair samples were retrieved to assess zinc level, blood samples were drawn to assess plasma iron, ferritin, hemoglobin and calcium levels. The association between zinc level and short term memory was analyzed with Pearson's coefficient correlation and linear regression models. Hypothesis was tested by Pearson's coefficient correlation and subsequently continued by linear regression test.

Results. One hundred and ten 1st grade elementary school children were evaluated, which consisted of 70 boys (63.1 %) and 41 girls (36.9 %). There were highly significant association between hair zinc levels with digit span forward ($p=0.002$), digit span backward (0.001), picture search scores (0.003). Thirty eight to fifty four percent of the three short term memory tests result were influenced by plasma zinc, Hb, ferritin, and calcium levels.

Keyword : Zinc , Short term memory, Elementary school children

BAB 1

Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Defisiensi zat gizimikro merupakan masalah kesehatan masyarakat global, terutama di negara berkembang. Zat gizimikro yang banyak diteliti berkaitan dengan neurofisiologi dalam dekade terakhir ini adalah seng (Zn).¹

Seng adalah elemen yang mempunyai jumlah atom 30 dan berat atom 65,4 merupakan elemen dari banyak metaloenzym,² juga penting untuk pertumbuhan dan perkembangan sel normal, berperan dalam proses biokimiawi dalam tubuh manusia, morfogenesis sistim saraf pusat dan berperan dalam regulasi pelepasan neurotransmitter seperti GABA, asetilkolin dan glutamat. Konsentrasi seng paling tinggi di hipokampus, khususnya bersama-sama dengan vesikel neurotransmitter glutamin pada akson terminal. Rendahnya konsumsi makanan yang mengandung seng seperti daging yang berwarna merah, konsumsi makanan yang mengandung fitat, makanan berserat dan mengandung kalsium akan menyebabkan gangguan absorpsi seng dan selanjutnya bisa terjadi defisiensi seng dan gangguan neurofisiologi.³⁻⁷

Hubungan antara nutrisi yang mengandung seng dan perkembangan neurologi pernah dilaporkan di Mesir, bahwa ibu – ibu hamil yang mendapat seng membawa pengaruh terhadap skor atensi yang tinggi dari bayi, yang diukur dengan *Brazelton Neonatal Development Assessment Scale*.⁸ Sehingga bila terjadi defisiensi seng pada periode perkembangan otak pada binatang percobaan yang diteliti maka dapat menyebabkan malformasi permanen otak yang selanjutnya berpengaruh terhadap fungsi neuromotor,

peningkatan respon terhadap stress, penurunan aktifitas motorik, penurunan pemusatan perhatian dan memori jangka pendek.⁹ Timbulnya gangguan pada proses biokimiawi pada otak akan berpengaruh terhadap gangguan belajar, penurunan aktifitas dan memori yang buruk.^{10,11}

Data dari International Conference of Zinc and human Health tahun 2000 menyimpulkan bahwa diasumsikan 48 % populasi dunia mempunyai resiko terjadi defisiensi seng, penelitian di Jakarta tahun 1988 pada 156 responden anak dan dewasa didapatkan 87,2% mengalami defisiensi seng, sedangkan penelitian di Grobogan Jawa Tengah dan Nusa Tenggara Timur pada 500 anak usia sekolah didapatkan 26,8% anak di Jawa Tengah dan 24,2% anak di Nusa Tenggara Timur mengalami defisiensi seng.¹²

Penelitian belah lintang di Teheran (1997) pada 881 pelajar dengan usia rata-rata 13,2 tahun (SD1,0) didapatkan 31,1 % mengalami defisiensi seng.¹³ Di Mexiko (2001) insidensi defisiensi seng sebesar 40% di daerah perkampungan sedangkan 18 % pada daerah perkotaan.¹⁴

Fungsi kognitif meliputi fungsi reseptif, berpikir, ekspresif, dan memori. Memori (daya ingat) adalah kemampuan individu untuk menyimpan informasi dan informasi tersebut dapat dipanggil kembali untuk digunakan beberapa waktu kemudian. Sehingga fungsi memori merupakan aspek yang sangat penting, yang harus diperhatikan dalam rangka meningkatkan kualitas hidup dan dipengaruhi banyak faktor yaitu perawatan kesehatan, stimulasi, dan nutrisi. Bagian otak yang berhubungan dengan fungsi memori adalah lobus temporalis dan bangunan didekatnya yaitu hipokampus dan amigdala.¹⁵

Situasi untuk menyimpan memori ada dua macam yaitu memori jangka pendek dan jangka panjang. Memori jangka pendek yaitu situasi yang mengharuskan seseorang

menyimpan material selama beberapa detik, sedangkan untuk penyimpanan dengan interval yang lebih panjang disebut memori jangka panjang. Semua material yang masuk dalam memori jangka pendek adalah yang dipilih atau yang benar-benar diperhatikan. Namun material tersebut bisa mengalami peluruhan (*decay*) dengan berjalannya waktu, sedangkan material yang mengalami pengulangan atau penguatan bisa masuk dalam memori jangka panjang. Sehingga memori jangka pendek memiliki dua fungsi penting : ia menyimpan material yang diperlukan untuk periode waktu yang pendek, dan ia menyimpan material yang diperlukan untuk periode waktu yang pendek. Artinya, informasi yang mungkin berada di memori jangka pendek sementara ia disandakan untuk menjadi memori jangka panjang.^{6,15,16}

Penelitian mengenai faktor-faktor yang berhubungan dengan memori yang sudah disepakati seperti pengaruh intervensi diet terhadap memori,¹⁷ proses belajar terhadap memori,¹⁸ pengaruh sarapan pagi terhadap memori pada anak sekolah,¹⁹ sedangkan penelitian hubungan seng dengan fungsi kognitif khususnya memori pada anak usia sekolah masih bersifat kontroversi.¹⁹ Penelitian di Mesir (1995) menyatakan bahwa seng tidak mempunyai hubungan terhadap fungsi kognitif, sedangkan penelitian yang mendukung adalah penelitian Penland di China (1997,1998) dan Sandstead (1998) menyatakan bahwa seng membawa pengaruh terhadap perbaikan memori pada anak.²⁰

Sehubungan dengan belum jelasnya hubungan antara seng dengan memori pada anak dan belum pernah dilaporkan di Indonesia maka perlu dilakukan penelitian untuk menjelaskan hal tersebut diatas.

1.2. Rumusan Masalah

Apakah terdapat hubungan antara kadar seng (Zn) dengan memori jangka pendek pada anak sekolah dasar ?

1.3. Tujuan Penelitian :

Mengetahui hubungan kadar seng (Zn) dengan memori jangka pendek pada anak sekolah dasar.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Pendidikan/Keilmuan

Memberikan pemahaman yang lebih baik tentang peranan seng terhadap memori jangka pendek dan meningkatkan kualitas perkembangan anak khususnya perkembangan intelektual.

1.4.2. Manfaat Pelayanan Kesehatan

Pemberian preparat seng kepada anak-anak yang mengalami gangguan memori karena defisiensi seng.

1.4.3. Manfaat Penelitian

Sebagai titik tolak penelitian lebih lanjut

BAB 2

Tinjauan Pustaka

2.1. Status Seng

Meskipun manfaat seng penting dalam zat gizi dan kesehatan manusia telah dikenal sejak tahun 1934 namun baru diteliti lebih jauh pada awal abad ke 20. Defisiensi seng sekunder merupakan penyebab akrodermatitis, *inborne error of metabolism* yang menyebabkan penurunan absorpsi seng di usus dan peningkatan kejadian infeksi.^{21, 22}

Diperkirakan saat dalam kandungan, berat janin pada persentil ke 50 dengan jumlah kadar seng 249 mikrogram dan pada umur kehamilan 26 – 36 minggu kadarnya menjadi 675 mikrogram. Konsentrasi seng terdapat pada organ hati, ginjal, dan otak serta otot. Kebanyakan seng pada organ hati janin berikatan dengan metalomethionin dalam sitosol dan inti. Pada janin kadar metalomethionin berkorelasi dengan kadar seng total. Namun keduanya akan menurun tajam sampai bayi berumur 4 bulan. Walaupun kadar seng yang ada dapat memenuhi kebutuhan janin namun air susu ibu (ASI) tetap merupakan sumber elemen yang penting. Kadar seng dalam kolostrum ASI 176 (SD=72) kemudian turun pada umur 7 hari menjadi 71,9 (SD=18,3), 1 bulan menjadi 44,3 (SD=10,7) dan akhirnya pada umur 7 bulan menurun menjadi 7,6 (SD=4,6). Kadar seng dalam ASI tidak dipengaruhi oleh makanan sehari-hari maupun suplementasi makanan. Begitu juga absorpsi seng yang dikandung dalam ASI lebih cepat dibandingkan susu sapi atau susu formula dari kedelai. Walaupun susu formula mengandung seng lebih tinggi tetapi hanya sebagian kecil yang diserap. Kombinasi antara sumber makanan

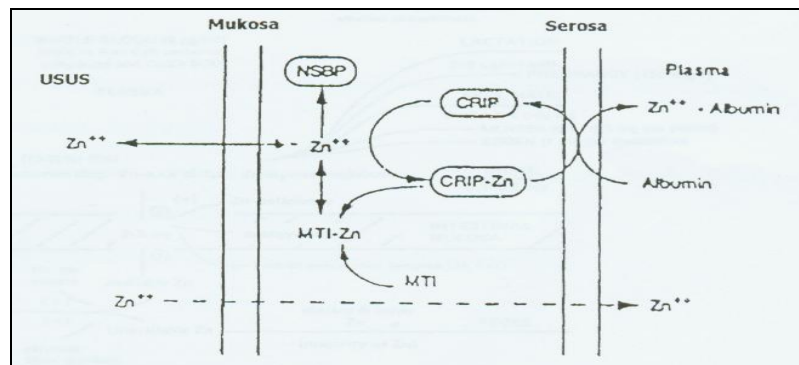
berprotein tinggi dan hambatan absorpsi pada sumber makanan nabati menimbulkan kecenderungan terjadi defisiensi seng pada masyarakat di negara berkembang.²

2.1.1. Absorpsi dan Metabolisme

Absorpsi seng (Zn) berlangsung di usus halus yaitu di duodenum, jejunum dan, ileum (terutama di Jejunum).²³ Mekanisme absorpsi, sekresi, dan regulasi seng di mukosa usus mungkin berubah menurut perkembangan atau maturasi sistem pencernaan.²³⁻²⁵

Ligan–ligan dengan berat molekul yang rendah seperti asam amino dan asam–asam organik lainnya dapat meningkatkan daya larut dan memudahkan absorpsi. Sistein dan methionin meningkatkan kemampuan absorpsi seng dengan cara membentuk kompleks yang stabil dengan seng.²⁹ Senyawa–senyawa dengan berat molekul yang besar seperti fitat merupakan persenyawaan dengan daya larut yang rendah dan menurunkan absorpsi seng. Kompetisi antara seng dengan logam–logam lainnya pada tempat – tempat berikatan di enterosit dapat mempengaruhi kemampuan absorpsi.²⁹

Seng diabsorpsi lebih efisien dalam jumlah kecil dan bila seseorang dengan status seng yang rendah mengabsorpsi seng lebih efisien dibandingkan dengan status seng yang tinggi.²⁶



Gambar 1. Absorpsi seng³²

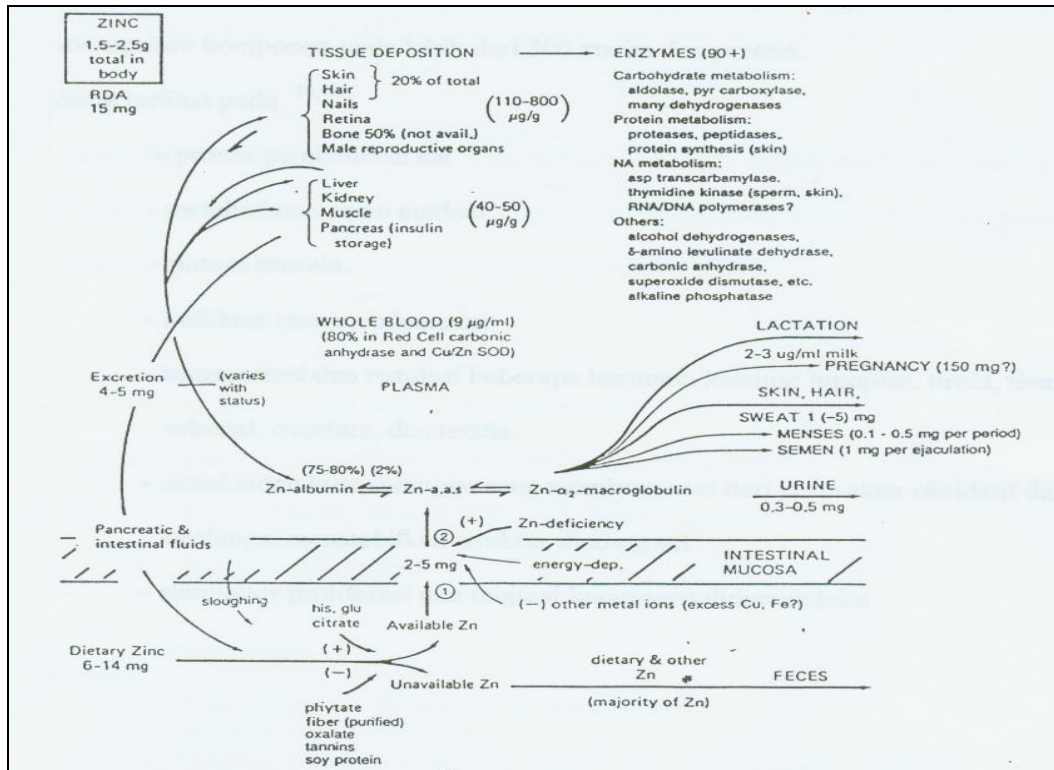
Selama proses pencernaan, enzim mengeluarkan seng dari makanan dan seng endogenous dari bermacam–macam ligan. Seng bentuk bebas dapat membentuk kompleks koordinasi dengan beranekaragam ligan exogenous dan endogenous seperti asam amino, fosfat, dan asam oraganik lainnya. Asam amino ligan tersebut adalah histidin dan sistein. Kompleks Zn–histidin dan Zn–Methionin menunjukkan absorpsi

yang lebih efisien dibandingkan Zn – sulfat. Absorpsi seng berlangsung cepat dan proses transportnya kemungkinan tergantung energi yang terbentuk. Beberapa mineral lain merupakan pesaing dalam penggunaan seng oleh tubuh seperti Fe, Cu, Ca dan Mn. Khususnya Besi, fitat, dan seng bersaing pada *binding site* di enterosit sehingga menghambat absorpsi seng.^{27,28}

Setelah seng diabsorpsi di sepanjang usus halus selanjutnya di sirkulasi akan berikatan dengan albumin (80%), alfa-2 makroglobulin (15%), protein molekul rendah dan mungkin dengan tranferin dan histidin, kurang dari 100% berkaitan dengan asam amino atau metaloenzim. Diperifer seng akan diambil sel perifer yaitu hepatosit, fibroblast, dan sel–sel asini pankreas yang menggunakan seng untuk membuat beberapa enzim pencernaannya. Sekresi pankreas adalah sumber seng endogenous yang utama, sedangkan sumber lainnya yaitu dari empedu dan sekresi dari gastro-duodenum.

Pengaturan homeostasis seng dilakukan dalam saluran pencernaan. Mekanisme yang terlibat didalamnya adalah absorpsi seng dan sekresi endogenous. Walaupun hepar memegang peranan penting dalam metabolisme seng, namun belum diketahui secara jelas mekanisme yang terjadi dalam hepar.^{2,31}

Setelah masuk kedalam enterosit, seng diikat oleh suatu protein intestinal yang kaya sistein (CRIP = *Cystein-Rich Intestinal Protein*) yang kemudian memindahkan seng ke metallothionin atau melintasi sisi basolateral enterosit untuk berikatan dengan albumin serta dibawa ke darah portal²¹



Gambar 2. Metabolisme seng³⁷

2.1.2. FUNGSI

Salah satu fungsi seng yaitu berperan sebagai kofaktor yang penting untuk lebih dari 70 enzim. Dalam fungsi ini, seng mengikat residu histin dan sistein dan dalam waktu yang sama menstabilkan serta membuka tempat/sisi aktif dari enzim – enzim ini sedemikian rupa sehingga katalis dari reaksi dapat berjalan.³⁰

Kadar seng normal dalam serum 80 – 110 mikrogram/dl, dalam darah mengandung 20 kali lipat karena adanya enzim karbonik anhidrase dalam eritrosit, rambut mengandung 125 – 250 mikrogram/dl, muskulus 50 mikrogram/dl. Sumber seng dalam makanan biasanya yang berhubungan dengan protein, kadar seng yang tinggi terdapat dalam telur, daging unggas, daging sapi, tiram, kepiting, dan kacang-kacangan.³¹

Seng juga terlibat pada keadaan-keadaan sebagai berikut : proses pembelahan sel, metabolisme asam nukleat, sintesa protein, kofaktor atau metaloenzim, transportasi dan regulasi beberapa hormon kelenjar hipofise, tiroid, timus, adrenal, ovarium, dan testis, antioksidan kuat sehingga seng melindungi membran sel dari kerusakan oksidatif dan berfungsi menstabilkan struktur dinding sel, stimulator proliferasi dan migrasi keratinosit didaerah luka.³²

2.1.3. Kebutuhan Seng yang Dianjurkan

Kebutuhan tubuh akan seng bervariasi, tergantung usia, jenis kelamin, bioavailabilitas seng dari makanan dan keadaan fisiologi tertentu seperti kehamilan dan menyusui. Untuk anak usia 7-9 tahun angka kebutuhan seng yang dianjurkan 5,0 mg/hari.

Tabel 1. Kebutuhan seng menurut umur berdasarkan Reference Nutrient Intake (RNI-UK) dan Recommended Dietary Allowances (RDA – USA) dalam mg/ hari ²

Umur	RNI	RDA
0 – 3 bulan	4,0	5,0
4 – 6 bulan	4,0	5,0
7 – 9 bulan	5,0	5,0
10 – 12 bulan	5,0	5,0
1 – 3 tahun	5,0	10,0
4 – 6 tahun	6,5	10,0
7 – 10 tahun	7,0	10,0
11 – 14 tahun dan Dewasa	9,0 / 9,0	15,2 / 12,0

2.1.4. Defisiensi seng

Bila terjadi defisiensi seng maka akan membawa perubahan pada beberapa sistem organ seperti sistem saraf pusat (malformasi permanen, pengaruh terhadap neuromotor dan fungsi kognitif), saluran pencernaan, sistem reproduksi, dan fungsi pertahanan tubuh

baik pertahanan spesifik maupun non spesifik. Gangguan pada sistim pertahanan non spesifik seperti kerusakan sel–sel epidermal, gangguan aktifitas sel natural killer, fagositosis dari makrofag dan netrofil. Gejala–gejala diatas akan terjadi bila terjadi defisiensi seng berat.^{2,33}

Tabel 2. Gejala defisiensi seng²

Masa timbul gejala	Bayi	Anak
Gejala	a. Anoreksia b. Gagal tumbuh c. Tremor d. Dermatitis, vesikobulosa e. Stomatitis, glossitis f. Distropi kuku, Alopesia g. Diare, malabsorpsi h. Rentan terhadap infeksi karena gangguan sistim imun	a. Pica, gangguan, pengecap dan penciuman b. Kelambatan tinggi badan c. Depresi, mood yang labil, gangguan serebral (gangguan memori) d. Ataxia, dysarthria e. Phtopobia, buta senja f. Kelambatan pubertas

Dikatakan defisiensi seng bila kadar seng rambut < 120 mikrogram/dl.²

2.1.5. Faktor predisposisi :

Ada 4 faktor yang berperan dalam terjadinya defisiensi seng :

1. Absorpsi yang inadkuat : Keadaan malnutrisi, vegetarian, pemberian nutrisi enteral dan parenteral / diet untuk mengatasi *inborne error metabolism*, infestasi intestinal, interaksi zat gizi antara komponen diit dan obat – obatan.
2. Maldigesti dan malabsorpsi: mekanisme abosorpsi karena imaturitas, akrodermatitis, enterohepatika, pembedahan lambung / reseksi usus dan enteropati.
3. Pembuangan yang meningkat: keadaan katabolisme, enteropati dengan *loss*

protein, gagal ginjal, *renal dialysis*, terapi diuretik, *chelating agent* (spesifik dan nonspesifik), dermatosis eksfoliatif.

4. Kebutuhan yang meningkat : sintesa jaringan yang cepat, konvalesen paska katabolik, penyakit neoplasma, dan *resolving anaemias*.

2.1.6. Penentuan Status Seng

Status seng pada tubuh dapat ditentukan dengan pengukuran konsentrasi seng serum, konsentrasi seng eritrosit, leukosit, netrofil, dan konsentrasi seng pada rambut. Sementara itu, penentuan status seng marjinal dapat dengan mengukur metallothionin sel darah merah. Konsentrasi metallothionin sel darah merah memiliki respon yang baik terhadap perubahan asupan seng, ketika seng serum tidak menunjukkan perubahan.³³ Seng serum adalah indikator yang secara luas sering dipakai untuk menentukan status seng saat ini, namun tidak selalu menggambarkan secara tepat kadar seng dalam tubuh karena seng berikatan terutama dengan albumin, sehingga akan berubah bila kadar albumin berubah. Kadar seng rambut yang rendah merupakan indikator yang baik untuk mengetahui adanya defisiensi seng ringan maupun sedang. Hal ini disebabkan karena bila dalam tubuh terjadi defisiensi seng maka seng rambut akan diambil sebagai seng endogen untuk mencukupi kebutuhan seng, maka akan mempengaruhi pertumbuhan rambut. Sehingga analisa terhadap seng rambut lebih tepat menggambarkan kecukupan seng pada masa lampau. Pada seseorang dengan defisiensi seng berat, konsentrasi seng rambut akan rendah. Konsentrasi seng akan kembali normal dalam serum bila kembali bila diberi suplementasi seng³³

2.2. Interaksi Antar Zat Gizimikro

Dalam mengkaji interaksi antar zat gizimikro maka terdapat dua jenis interaksi yang mungkin terjadi. Interaksi seng dan besi secara langsung, telah dimulai saat diabsorpsi. Apabila rasio antar keduanya lebih dari 2 : 1, akan terjadi gangguan absorpsi pada unsur

yang lebih sedikit. Kedua zat gizi mikro tersebut juga berkompetisi saat transportasi, karena keduanya diangkut oleh pengangkut yang sama. Dilaporkan bahwa sintesa hem terganggu bila terjadi defisiensi seng karena seng merupakan ko faktor dari asam amino levulinik dehidrase.^{36,37}

Interaksi tak langsung dengan besi terjadi karena peran seng dalam sintesis berbagai protein, termasuk protein pengangkut besi yakni transferin. Jalur interaksi lain adalah lewat penurunan kekebalan sehubungan dengan defisiensi seng. Penurunan kekebalan ini akan meningkatkan kerentanan terhadap infeksi, padahal infeksi diketahui mengganggu metabolisme besi.³⁸

Interaksi lain yaitu dengan Vitamin A, dimana defisiensi seng akan menekan sintesis retinol binding protein (RBP) di hati dan menyebabkan penurunan konsentrasi RBP didalam plasma. Juga seng akan mempengaruhi absorpsi vitamin A. Defisiensi seng menurunkan uptake retinol lewat jalur limfe, sebagai akibat dari gangguan sekresi bilier dalam lumen usus.^{39,44}

2.3. Memori

2.3.1. . Definisi dan pembagian jenis memori

Memori merupakan bagian dari fungsi kognitif. Fungsi kognitif meliputi beberapa fungsi⁴² antara lain :

- a. fungsi reseptif, yang melibatkan kemampuan untuk mendapatkan informasi
- b. fungsi memori dan belajar, dimana informasi yang didapat, disimpan dan dapat dipanggil kembali
- c. fungsi berpikir, yaitu cara mengorganisasi dan mereorganisasi informasi
- d. fungsi ekspresif, yaitu informasi yang diperoleh kemudian diinformasikan dan digunakan.

Memori (daya ingat) adalah kemampuan individu untuk menyimpan informasi dan informasi tersebut dapat dipanggil kembali untuk dapat dipergunakan beberapa waktu kemudian. Memori tak dapat dilepaskan dari proses belajar (*learning*), untuk mengingat sesuatu harus mengenal dan mempelajari sebelumnya melalui panca indera yang akan diubah menjadi bentuk simbol-simbol tertentu atau disebut sebagai encoding, setelah encoding selesai dilakukan baru dapat dilakukan penyimpanan atau *storage*. Proses belajar lebih berhubungan dengan proses perekaman, sedangkan proses memori lebih berhubungan dengan proses pemeliharaan (*keeping*), mengingat dan mendapatkan kembali (*recall, retrieval*) informasi atau pengalaman yang telah direkam tadi. Apabila informasi itu tidak dapat dipanggil kembali maka disebut sebagai lupa ^{40,41}

2.3.2. Klasifikasi :

Memori bukanlah suatu proses tunggal, setidaknya terdapat dua aspek yang berbeda yang dapat diidentifikasi sebagai berperan dalam memori. ^{40,42}

a. Memori jangka pendek

yaitu proses penyimpanan memori sementara. Memori jangka pendek juga disebut sebagai ingatan primer, memori ini mempunyai beberapa karakteristik yaitu :

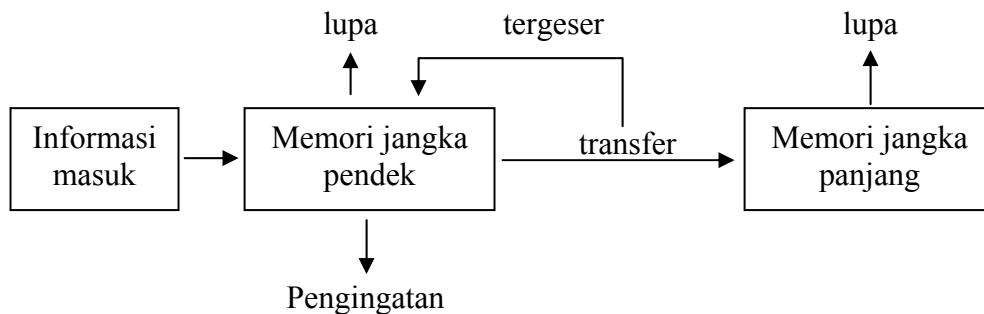
- a. memerlukan kesadaran atau melalui proses kognitif sadar
- b. lamanya hanya 20 - 30 detik, maksimum 40 detik, materi dapat dipertahankan dalam ingatan jangka pendek dengan latihan (*rehearsal*)
- c. jumlah materi yang disimpan hanya terbatas, umumnya sekitar 5-10 item atau 7 ± 2 item

Memori ini merupakan stasiun perhentian ke memori jangka panjang, artinya informasi mungkin berada di memori jangka pendek sementara ia sedang disandikan menjadi memori jangka panjang. Transfer dari memori jangka pendek menjadi memori jangka panjang dinamakan dual-memory model. Jika informasi memasuki memori jangka pendek, dapat dipertahankan dengan pengulangan atau hilang karena pergeseran atau

peluruhan, pengulangan suatu butir bukan hanya mempertahankan memori jangka pendeknya tetapi juga menyebabkan ditransfer ke memori jangka panjang.

b. Memori jangka panjang

yaitu jenis ingatan yang secara tradisional disebut sebagai daya ingat. Memori jangka panjang (*long-term memori*) merupakan suatu proses penyimpanan informasi yang relatif permanen.



Gambar 5. Dual-memory model (Dikutip dari : Pengantar psikologi,1992)⁶

Berdasarkan lamanya rentang waktu antar stimulus dan proses mengingat kembali, memori dapat dibagi menjadi^{15,42}

- a. memori segera (*immediate memori*) merupakan daya mengingat kembali rangsang yang diterima beberapa detik yang lalu, memori ini membutuhkan pemusatan perhatian (*attention*).
- b. memori baru (*recent memori*) rangsang yang diterima dapat disimpan untuk waktu yang lebih lama, beberapa menit, beberapa jam bahkan hari. Untuk menyimpan dibutuhkan konsolidasi (pengulangan atau organisasi) dan memori ini sangat berkaitan dengan kemampuan belajar hal yang baru (*new learning ability*) Kesulitan belajar pada umumnya sangat berkaitan dengan memori baru ini, termasuk penderita yang mengalami kelainan pada otak seperti trauma kepala.

- c. memori lama (*remote memori*) daya mengingat kembali peristiwa yang telah lama terjadi, semasa kecil. Memori ini baru terganggu pada taraf kelainan yang cukup, misainya pada dimensi.

Sedangkan berdasarkan bentuk stimulusnya, memori dibagi menjadi dua, yaitu memori verbal (sesuai apa yang didengar) dan memori visual (sesuai dengan apa yang dilihat). Dalam konsep psikologi, 'memori segera' sesuai dengan memori jangka pendek (short-term memori, memori ini akan segera terfiksasi dalam susunan saraf pusat menjadi memori jangka panjang (*long-term memori*) yang meliputi memori baru dan memori lama ^{6,42}

Berdasarkan uraian diatas, terdapat beberapa proses yang terjadi sebelum suatu informasi tersimpan sebagai memori, yaitu :

- a. Proses penyandian informasi (*encoding*)

Merupakan suatu proses mengubah sifat suatu informasi kedalam bentuk yang sesuai dengan sifat-sifat memori organisme. Proses ini sangat mempengaruhi lamanya suatu informasi disimpan dalam memori. *Encoding* dalam memori jangka pendek hanya akan menampung apa yang kita pilih, mekanisme lain yang dapat dipakai untuk menyeleksi informasi adalah perhatian (*attention*). Perhatian ini akan menyaring informasi yang masuk ke memori jangka pendek, sehingga hanya sebagian kecil yang boleh masuk. Informasi dari memori jangka pendek untuk dapat masuk ke memori jangka panjang akan mengalami suatu proses yang meliputi *semantic coding* (menghubungkan informasi yang masuk dengan arti dari kata-kata dari keseluruhan kalimat) dan *imagery coding* (menghubungkan informasi tersebut dengan gambaran peristiwa yang terjadi).

b. Proses penyimpanan informasi (*storage*)

Kapasitas penyimpanan dalam memori jangka pendek sangat terbatas, yaitu sekitar 5-10 item atau 7 ± 2 item, sedangkan kapasitas memori jangka panjang lebih besar yang melalui proses mereorganisasi informasi akan dapat menyebabkan proses mengingat kembali (*retrieval*).

c. Proses mengingat kembali (*retrieval*)

Merupakan suatu proses mencari dan menemukan informasi yang disimpan dalam memori untuk digunakan kembali.

Tugas sistem indra adalah mempertahankan gambaran (*image*) yang akurat dari segala sesuatu yang sampai pada sistem indera kita walaupun hampir sebagian dari informasi-informasi tersebut ternyata tidak berguna. Tetapi sistem indera tersebut tidaklah dapat menentukan input itu berguna atau tidak. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu sistem yang dapat mengenai dan menginterpretasikan signal-signal tersebut adalah berguna atau tidak untuk diperhatikan.

Begitu sesuai *information storage* atau penyimpanan informasi sensori mengenai atau menginterpretasikan adanya struktur yang harus diperhatikan dan memang kemudian diperhatikan maka stimulus yang diperhatikan tersebut masuk ke dalam *short term memory* (memori jangka pendek).

2.3.3. Anatomi dan Fisiologi Memori

Bagian otak yang berhubungan dengan memori adalah lobus temporalis, hipokampus dan amigdala yang termasuk dalam sistem limbik. Amigdala adalah suatu massa dengan inti di daerah anterior dan medial dari lobus temporalis sedangkan hipokampus terletak sepanjang permukaan dalam bagian temporal dari ventrikel lateral. Bila terjadi gangguan

terutama di hipokampus dan amigdala maka sebagai akibatnya adalah yang bersangkutan akan mengalami kesukaran untuk belajar, hal-hal baru (gangguan memori baru), sedangkan memori segera dan lama tidak terganggu.⁴³

Kesukaran mengingat hal baru dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu hal yang verbal (yang didengarkan) dan hal visual (yang dilihat). Memori verbal (berbahasa dan membaca) terletak di belahan otak kiri, sedangkan memori visual di belahan otak kanan. Gangguan memori verbal disebabkan terganggunya hubungan antara area asosiasi auditori (area 22) dengan korteks entorhinal dari hipokampus kiri, sedangkan gangguan memori visual disebabkan oleh terganggunya hubungan antara area asosiasi visual dengan korteks entorhinal hipokampus kanan.¹⁵

Termasuk dalam gangguan yang disebabkan oleh kelainan atau hambatan perkembangan belahan otak kanan adalah afek dan emosi. Penderita akan mengalami kesulitan berbicara dengan lagu kalimat yang baik, juga sukar mengungkapkan isi pikirannya yang mengandung kemarahan atau kegembiraan.^{15,43}

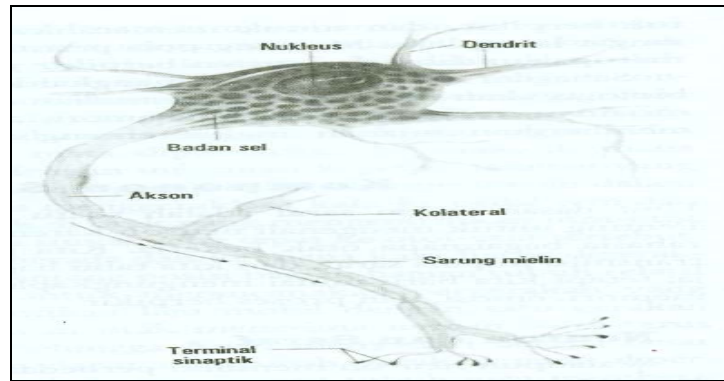
Lupa merupakan suatu gejala, dimana informasi yang disimpan tidak dapat ditemukan kembali untuk digunakan. Namun lupa juga dapat disebabkan oleh sebab-sebab fisiologik, bahwa setiap penyimpanan informasi akan disertai perubahan fisik di otak (*engram*). Gangguan pada *engram* ini akan mengakibatkan lupa yang sering disebut *amnesia*, bila yang dilupakan adalah berbagai informasi yang sudah disimpan beberapa waktu yang lalu sebelum keadaan patologik terjadi, maka disebut *amnesia retrograd* sedangkan bila informasi yang dilupakan adalah informasi baru yang diterima setelah keadaan patologis terjadi, maka disebut sebagai amnesia anterograd.^{15,43}

Memori (ingatan) dan proses kognisi lain dapat dipengaruhi oleh keadaan emosional yang sedang berlangsung dalam diri seseorang seperti stres, depresi, kecemasan, suasana hati (*mood*) dan kondisi serupa yang lain. Pengaruh emosi dapat terjadi pada setiap bagian dari keseluruhan aktivitas kognitif, mulai dari pencatatan informasi, transformasi (*encoding*), penyimpanan ke dalam gudang memori (*retention*), sampai pada penggalan informasi di dalam memori (*retrieval*) untuk dimunculkan kembali dalam bentuk respon terhadap suatu tugas (*recall*). Trauma kapitis seperti adanya kontusio serebri merupakan keadaan defisit neurologis dapat menyebabkan gangguan tingkah laku, demensia/mudah lupa. Keadaan bayi dengan riwayat HIE (*Hipoxic Ischemic Encephalopathy*) dapat terjadi defisit neurologis berupa nekrosis otak dengan gejala kejang yang akan berpengaruh pada fungsi kognitif, begitu juga keadaan stimulasi di keluarga dan lingkungan serta asupan gizi akan mempengaruhi tumbuh kembang dan fungsi kognitif.^{40,41}

2.9. Hubungan Seng dengan Memori

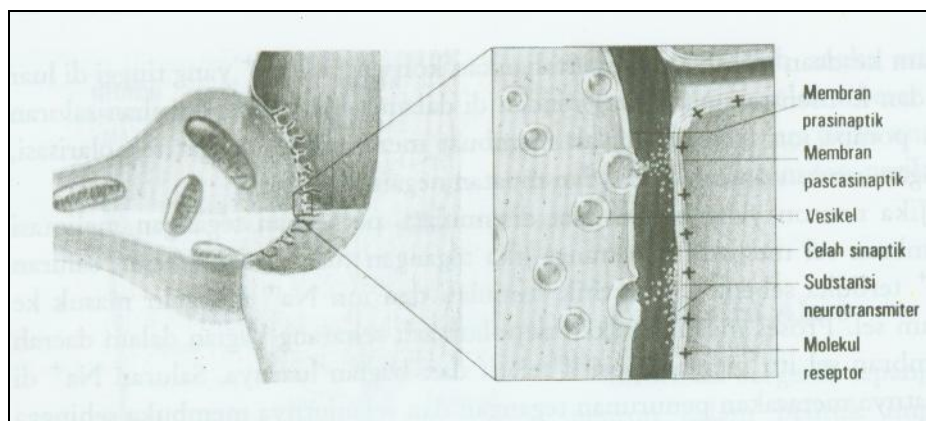
2.4.1. Neuron dan Neurotransmitter

Unit dasar dari sistem saraf adalah sel khusus yang dinamakan neuron. Neuron memiliki perbedaan yang sangat jelas dalam ukuran dan penampilannya, namun memiliki karakteristik tertentu. Neuron mempunyai dendrit dan badan sel yang berfungsi menerima impuls saraf dari neuron didekatnya kemudian ditransferkan ke akson. Pada ujung akson terdapat sejumlah kolateral yang berakhir dalam suatu tonjolan kecil yang dinamakan terminal sinaptik.⁶



Gambar 6. Diagram skematik neuron⁴⁶

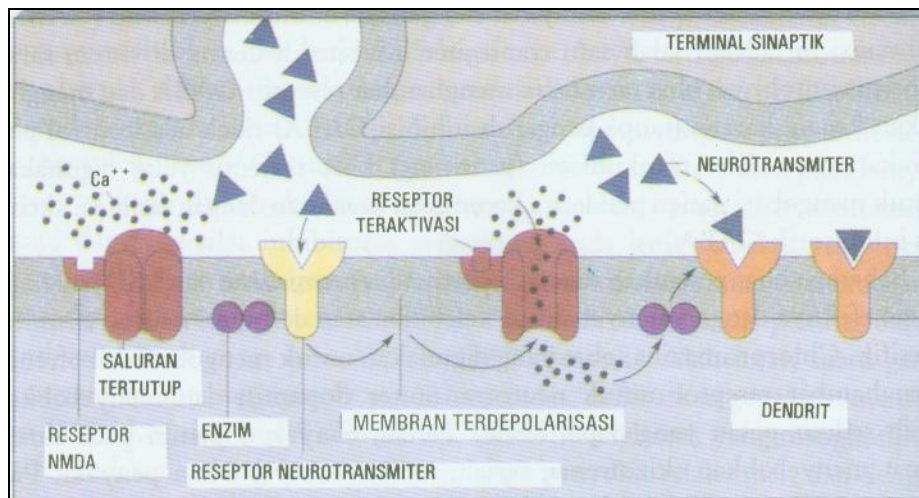
Terminal sinaptik ini tidak menempel pada neuron yang akan distimulasi namun pada celah sinaptik. Jika suatu impuls saraf berjalan melalui akson dan sampai diterminal sinaptik maka ini akan memicu sekresi suatu zat yang disebut neurotransmitter. Neurotransmitter ini akan berdifusi menyeberangi celah sinaptik dan menstimulasi neuron selanjutnya. Mekanisme N-methyl-D-Aspartat (NMDA) yang mendasari teori bagaimana peristiwa – peristiwa diasosiasikan didalam memori⁴⁵



Gambar 7. Pelepasan Neurotransmitter ke celah sinaptik⁶

Terdapat 50 jenis neurotransmitter yang telah ditemukan dan dilihat dari fungsinya ada neurotransmitter eksitatorik dan inhibitorik. Sebagai contoh neurotransmitter Achetylcholin (ACh), Norepinephrin, Gamma Aminobutyric Acid (GABA). Neurotransmitter lain yang banyak ditemukan pada neuron sistim saraf pusat yaitu

Glutamat. Terdapat sekurangnya tiga sub tipe reseptor glutamat dan salah satunya yang diduga memiliki peranan penting dalam proses belajar dan daya ingat adalah reseptor NMDA yang digunakan untuk mendeteksinya. Neuron di hipokampus sangat kaya akan reseptor NMDA. Reseptor NMDA berbeda dengan resptor lainnya karena diperlukan sinyal yang berurutan dari dua neuron yang berbeda untuk dapat mengaktifkannya. Sinyal yang pertama dari neuro pertama untuk mensensitisasi membran sel yang mengandung NMDA, setelah tersensitisasi, sinyal kedua akan mengaktifkan reseptor. Sinyal konvergen ini akan mempengaruhi respetor NMDA sehingga sejumlah ion kalsium akan pindah ke dalam neuron sehingga akan menyebabkan perubahan potensial jangka panjang pada membran neuron / *Long Term Potentiation (LTP)* ⁴⁵



Gambar 8. Pelepasan NMDA dan LTP ⁴⁵

2.4.2. Peranan seng terhadap memori

Diperkirakan 10 % dari total seng berada di otak dan berada pada neuron di hipokampus yaitu menempati lumen vesikel sinaps yang beirisi glutamat. Jika terjadi depolararisasi dan fusi antara vesikel sinaptik dan membran presinaps maka akan terjadi

pelepasan sejumlah besar seng bersama-sama dengan glutamat. Seng ikut berperan dalam neuromodulator pada glutaminergik sinaps. Selanjutnya akan terjadi mekanisme NMDA, yang akan mengasosiasikan peristiwa-peristiwa di dalam memori. Telah diteliti bahwa bila terjadi defisiensi seng maka akan menghambat reseptor NMDA dan terjadi gangguan terhadap penghantaran stimulus yang diterima oleh akson dan badan neuron sehingga akan terjadi gangguan memori .^{42,45}

2.5. Faktor lain yang berpengaruh terhadap memori

2.5.1. Status besi

Besi merupakan zat gizi esensial. berperan dalam regulasi gen, transport dan pengikat oksigen, regulasi diferensiasi dan pertumbuhan sel³⁸ Keadaan yang mempunyai konsekuensi negatif terhadap gangguan perkembangan kognitif, daya konsentrasi adalah bila terjadi anemia defisiensi besi⁴⁷ Akibat dari anemia defisiensi besi adalah terjadi penurunan cadangan besi termasuk yang berada di otak, sehingga akan terjadi hipoksia pada sel sel otak dan gangguan mielinisasi .⁴⁸

Sel yang dominan mengandung besi di otak adalah oligodendrosit, sel ini bertanggung jawab terhadap sintesa lemak dan kolesterol untuk pembentukan mielin. Dan telah dibuktikan bahwa anak yang lahir dari ibu defisiensi besi akan terjadi hipomieliniasi, pengurangan jumlah dari oligodendrosit karena pada keadaan defisiensi besi terjadi blok terhadap biosintesis kolesterol pada sel oligodendrosit. Dengan adanya gangguan pada mielin maka akan terjadi hambatan penghantaran impuls dan neurotransmitter.⁴⁹ Penelitian Soemantri AG (1974) pada anak umur 6 – 13 tahun dengan kadar Hb kurang dari 12,0 gr% didapatkan perubahan-perubahan

prestasi dan konsentrasi belajar dan mempunyai prevalensi terjadi anemia 66,9 %.⁵¹

Dari aspek klinis pada anemia defisiensi besi, kadar feritin merupakan indikator yang signifikan karena menggambarkan cadangan besi tubuh yang sebenarnya yaitu bila kurang dari 12 nanogram/ml.⁵²

2.5.2. Stimulasi

Menurut Soetjiningsih (2003) dalam periode perkembangan anak yaitu periode kritis antara 0 – 3 tahun diperlukan rangsangan / stimulasi yang berguna untuk meningkatkan potensi yang ada pada anak, termasuk perkembangan memori. Telah diteliti bahwa semakin banyak stimulasi yang diterima seorang anak di lingkungan rumah maupun yang formal akan mempengaruhi fungsi kognitif anak.⁵⁰

2.5.3. Obat anti kejang

Penggunaan obat anti kejang dapat memberikan dampak yang cukup besar pada fungsi kognitif (terutama konsentrasi), gangguan performans dan kemampuan verbal sesuai dengan peningkatan kadar obat dalam serum.¹⁵

2.5.4. Status Kalsium

Telah dibuktikan secara biokimiawi, farmakologi dan genetik bahwa kalsium / *calmodulin-dependent protein kinase alfa* merupakan kunci pengatur perubahan potensial jangka panjang pada membran neuron / *Long Term Potentiation* (LTP) maka akan terjadi perpindahan kalsium ekstrasel ke *channel calcium* terjadi pelepasan neurotransmitter presinaps.⁴⁵

Kalsium dalam plasma terdapat dalam tiga bentuk: terionisasi, berikatan dan kompleks. Kurang dari setengah jumlah kalsium dalam tubuh berikatan dengan

albumin, kadar normal kalsium dalam darah 8,5 – 10,5 mg/dl.⁵³ Sehingga bila jumlah kalsium plasma berlebihan akan menjadi kompetitor inhibitor terhadap seng.

BAB 3

Metoda Penelitian

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian belah lintang

3.2. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Sekolah Dasar di Kecamatan Tegowanu Kabupaten Grobogan. Pemilihan lokasi ini berdasarkan pertimbangan bahwa wilayah tersebut merupakan daerah yang memungkinkan terjadinya defisiensi seng.¹² Waktu penelitian dilakukan bulan Juli 2005

3.3. Populasi dan sampel

3.3.1. Populasi target

Anak sekolah dasar

3.3.2. Populasi terjangkau

Anak sekolah dasar di Kecamatan Tegowanu, Kabupaten Grobogan.

3.3.3. Sampel penelitian

Anak sekolah dasar di Kecamatan Tegowanu, Kabupaten Grobogan yang memenuhi kriteria penelitian sebagai berikut:

a. Kriteria inklusi

1. Murid kelas 1 SD pada saat penelitian dilakukan
2. Mendapat ijin dari orang tua untuk diikutsertakan dalam penelitian
3. Telah melewati pendidikan Taman kanak-kanak

b. Kriteria eksklusi adalah:

1. Mempunyai riwayat kelainan kongenital
2. Penderita epilepsi

3. Mempunyai kelainan pada salah satu indra
4. Mempunyai gangguan fungsi motorik pada ekstremitas atas
5. Mendapat pengobatan phenobarbital dan phenytoin jangka panjang
6. Anak sedang batuk, pilek, atau panas
7. Anak sedang gatal di kulit
8. Anak sedang sakit perut

3.3.4. Besar sampel

Sesuai dengan hipotesis dan rancangan penelitian maka besar sampel dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Besar sampel untuk mencari hubungan pada studi belah lintang dihitung dengan menggunakan rumus besar sampel tunggal dengan uji hipotesis:

$$n1 = \left[\frac{z\alpha + Z\beta}{0,5 \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right)} \right]^2 + 3$$

$Z\alpha = 1,96$ ($\alpha = 0,05$), $Z\beta = 0,842$ ($\beta = 0,2$)

r = koefisien korelasi = 0,4

n = 88 anak

Dengan memperhitungkan drop out sebesar 10 % = 9 orang

Maka jumlah subyek penelitian yang diperlukan = 97 orang

3.4. Variabel penelitian

3.4.1. Variabel tergantung adalah:

Memori jangka pendek.

Memori jangka pendek dinyatakan dengan skor komposit dari tes Digit

span Forward, Digit span backward dan Picture Search

(Skala numerik)

3.4.2. Variabel bebas adalah:

Kadar Seng :

Kadar seng rambut dinyatakan dengan $\mu\text{g/dl}$ (Skala numerik)

3.4.3. Variabel perancu adalah:

a. Anemi

Kadar Hemoglobin dinyatakan dengan gr% (Skala numerik)

b. Status besi

Kadar feritin serum dinyatakan dengan ng/dl (Skala numerik)

c. Status kalsium

Kadar kalsium serum dinyatakan dengan mg/dl (Skala numerik)

3.5. Cara kerja/pengumpulan data

1. Pada awal penelitian, dijelaskan kepada responden dan orangtua responden tentang tujuan penelitian, prosedur pemeriksaan dan manfaat yang diperoleh dari penelitian ini.
2. Jika responden setuju untuk mengikuti penelitian, maka diminta bukti persetujuan secara tertulis dengan membubuhkan tanda tangan pada lembaran *informed consent*
3. Anak yang masuk kriteria inklusi kemudian dilakukan anamnesis dengan ibu / keluarga terdekat yang merawat mengenai riwayat kehamilan dari ibu penderita, riwayat persalinan, riwayat sakit dari penderita dan dilakukan

pemeriksaan fisik meliputi karakteristik umum: jenis kelamin, umur, berat badan, tinggi badan, lingkaran lengan atas, dan pendapatan keluarga yang dicatat dalam formulir penelitian.

4. Anak diperiksa fungsi memori jangka pendek dengan menggunakan Digit span forward, Digit span backward, dan Picture Search.
5. Seluruh subyek yang digunakan sebagai sampel akan diperiksa kadar seng, status besi dan status kalsium.
6. Kecukupan seng diukur dengan analisa rambut, status besi diukur dengan metode ELISA dan kalsium diukur dengan metode Colorimetric
7. Reward dari penelitian ini yaitu anak dengan defisiensi seng mendapat sirup seng namun dibatasi selama 2 bulan karena alasan keterbatasan biaya .

3.6. Analisis data.

Sebelum dilakukan analisis, pada data yang terkumpul akan dilakukan pemeriksaan data (*data cleaning*), koding, tabulasi dan selanjutnya akan dimasukkan kedalam komputer. Analisis data meliputi analisis deskriptif dan uji hipotesis. Data yang berskala numerik seperti umur, kadar seng, kadar zat besi, kadar kalsium, tinggi badan dan berat badan akan dideskripsikan sebagai rerata dan simpang baku. Sedangkan variabel yang berskala kategorial seperti jenis kelamin, status gizi sebagai distribusi frekuensi dan persen.

Uji hipotesis akan menggunakan uji regresi linier sederhana. Uji regresi linier berganda untuk mencari hubungan antara kecukupan seng dengan skor memori jangka pendek.

Analisis data dilakukan dengan program SPSS for Windows v. 11,5.

3.7 Definisi operasional

1. Variabel Tergantung

- Digit span forward : anak meniru angka yang diucapkan tester misalnya angka 1 5 7. Dalam jangka waktu 20 – 30 detik. (skala numerik ; satuan jumlah skor)
- Digit span backward : anak meniru secara terbalik angka yang diucapkan tester misalnya angka 1 5 7 menjadi 7 5 1. Dalam jangka waktu 20 – 30 detik. (skala numerik ; satuan jumlah skor)
- Picture Search. : anak mencocokkan gambar , bila jumlah skor kesalahan semakin besar maka memori anak semakin jelek.(skala numerik ; satuan jumlah skor kesalahan)

2. Variabel bebas

Kadar Seng : Kadar seng seseorang yang didapatkan dari hasil pemeriksaan seng rambut dengan menggunakan analisa rambut. (Skala rasio ; satuan $\mu\text{g}/\text{dl}$)

Defisiensi Seng : kadar seng rambut $< 120 \mu\text{g}/\text{dl}$.

3. Variabel perancu

a. Anemi : Anemi dinyatakan dengan pemeriksaan Hemoglobin

kurang dari 10 gr% dengan metode

Cyamethemoglobin. (skala rasio ; satuan gr%)

b. Status besi : kadar besi seseorang yang didapatkan dari hasil pengukuran Feritin serum dengan metode ELISA (Skala rasio ; satuan ng/dl)

c. Status kalsium : kadar kalsium seseorang yang didapatkan dari pengukuran kalsium serum dengan metode Colorimetric. (Skala rasio ; satuan mg/dl)

3.8. Etika penelitian

Orang tua menyetujui serta mengisi lembar persetujuan (Informed Consent). Penelitian dikerjakan setelah disetujui oleh komite etika penelitian FK UNDIP / RSUP Dr. Kariadi Semarang, Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Kabupaten Grobogan, Kepala sekolah, dan Guru kelas. Segala efek samping atau reaksi ikutan akibat penelitian ini menjadi tanggung jawab peneliti.

BAB 4

HASIL PENELITIAN

4.1. Gambaran Umum Daerah Penelitian

Kecamatan Tegowanu merupakan salah satu dari 13 kecamatan yang ada di Kabupaten Grobogan. Batas-batas dari Kecamatan Tegowanu yaitu diujung utara bersebelahan dengan Kecamatan Guntur, sedangkan di selatan bersebelahan dengan Kecamatan Kedungjati, sebelah barat dengan kecamatan Karang Awen, dan sebelah timur dengan kecamatan Gubuk.

Pelayanan bidang kesehatan di Kecamatan Tegowanu didukung oleh 1 Puskesmas Tegowanu yang berada di pinggir jalan Semarang –Purwodadi. Di bidang pendidikan didukung oleh 12 Sekolah Dasar Negeri dan 2 Sekolah Lanjutan Pertama Negeri.

Sekolah dasar yang dijadikan lokasi penelitian diambil secara acak dari keseluruhan jumlah sekolah dasar yang ada di Kecamatan Tegowanu, yaitu SD Negeri I, SD Negeri II, SD Gebangan, SD Tegowanu Wetan I, SD Tegowanu Wetan II, SD Tegowanu I, SD Tegowanu II.

4.2. Karakteristik subyek penelitian

Pada penelitian ini dilibatkan 111 anak sekolah dasar kelas 1 sebagai subyek penelitian. Subyek penelitian terdiri atas 70 anak laki-laki (63,1%) dan 41 anak perempuan (36,9%). Karakteristik subyek penelitian ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik anak SD yang menjadi subyek penelitian (n=111)

Variabel	Rerata	SD	Minimum	Maximum
Umur (tahun)	8.4	0.50	8.0	9.0
Berat badan (kg)	22.8	2.29	18.6	29
Tinggi badan (cm)	123.0	2.08	119.0	128

Data pada tabel 3 menunjukkan bahwa rerata umur anak adalah 8,4 tahun (SD=0,50) dengan umur termuda adalah 8 tahun dan tertua adalah 9 tahun. Berat badan rata-rata 22.8 kg, dengan berat minimum 18.6 kg dan maksimum 29 kg. Sedangkan tinggi rata-rata 123 cmdengan tinggi minimum 119 cm dan maksimum 128 cm

4.3. Kadar Hb, ferritin dan seng plasma

Hasil pemeriksaan kadar Hb, ferritin dan kalsium plasma serta kadar seng rambut anak ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Kadar Hb, ferritin, kalsium dan seng plasma anak SD yang menjadi subyek penelitian (n=111)

Variabel	Rerata	SD	Minimum	Maximum
Kadar Hb (g/dL)	12.5	1.02	9.4	14.6
Kadar Ferritin (ng/dL)	36.6	49.86	0.3	385.3
Kadar Kalsium (mg/dL)	9.6	1.51	8.1	19.3
Kadar Seng (µg/dL)	154.1	69.73	17.5	434.1

Data penelitian diatas menunjukkan bahwa rerata kadar Hb 12.5 gr/dl (SD=1.02), ferritin 36.6ng/L (SD=49.86), kalsium 9.6 mg/dl (SD=1.51) serta seng

rambut 154 $\mu\text{g/dL}$ (SD=69.73), sehingga dapat disimpulkan bahwa rerata Hb, Feritin, Kalsium, Seng pada anak sekolah dasar yang diteliti masih dalam batas normal.

4.4. Hasil Tes Memori Jangka Pendek

Hasil pemeriksaan memori jangka pendek pada anak SD yang menjadi subyek penelitian ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Tes Memori Jangka Pendek anak SD yang menjadi subyek penelitian (n=111)

Tes memori jangka pendek	Rerata	SD	Minimum	Maximum
Digit- Span Forward	4.0	0.79	2.00	6.0
Digit-Span Backward	2.3	0.68	1.00	5.0
Picture search	4.1	5.01	0.00	19.0

Data pada tabel 5 menunjukkan bahwa rerata skor Digit Span Forward adalah 4.0 (SD=0.79) dengan nilai terendah adalah 2 dan maksimal adalah 6.0. Rerata skor digit-span backward adalah 2.3 (SD=0.68) dengan minimal adalah 1.0 dan maksimal adalah 5.0. Pada pemeriksaan picture search rerata skor adalah 4.1(SD=5.01) dengan skor minimal adalah 0 dan maksimal adalah 19.

4.5. Hubungan antara kadar Hb dengan memori jangka pendek

Hubungan antara kadar Hb dengan skor pemeriksaan memori jangka pendek ditampilkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hubungan antara Kadar Hb dengan memori jangka pendek pada anak SD yang menjadi subyek penelitian (n=111)

Tes Memori Jangka Pendek	Koefisien korelasi	P
Digit- Span Forward	0.58	0.002
Digit-Span Backward	0.42	0.004
Picture search	-0.46	0.005

Data pada tabel 6 menunjukkan adanya korelasi positif derajat sedang yang bermakna. Antara kadar Hb dengan skor digit-span forward dan backward ($p=0.002$ dan $p=0.004$). Hal ini berarti peningkatan kadar Hb akan meningkatkan skor digit-span forward dan backward. Hubungan antara kadar Hb dengan skor picture search menunjukkan adanya korelasi negatif derajat sedang yang bermakna ($p=0.005$) antara kadar Hb dengan skor picture search. Hal ini menunjukkan dengan peningkatan kadar Hb akan menyebabkan adanya penurunan skor picture search.

4.6. Hubungan antara kadar Ferritin dengan memori jangka pendek

Hubungan antara kadar ferritin plasma dengan skor pemeriksaan memori jangka pendek ditampilkan pada tabel 7.

Tabel 7. Hubungan antara kadar Ferritin plasma dengan memori jangka pendek pada anak SD yang menjadi subyek penelitian ($n=111$)

Tes Memori Jangka Pendek	Koefisien korelasi	P
Digit- Span Forward	0.20	0.04
Digit-Span Backward	0.25	0.008
Picture search	- 0.36	0.005

Data pada tabel 7 menunjukkan adanya korelasi positif derajat rendah yang bermakna antara kadar ferritin plasma dengan skor digit-span forward ($p=0.04$) dan backward($p=0.008$). Hal ini berarti peningkatan kadar ferritin akan meningkatkan skor

digit-span forward dan backward. Hubungan antara kadar Ferritin dengan skor picture search menunjukkan adanya korelasi negatif derajat rendah yang bermakna ($p=0.005$) antara kadar Ferritin dengan skor picture search. Hal ini menunjukkan dengan peningkatan kadar Ferritin akan menyebabkan adanya penurunan skor picture search.

4.7. Hubungan antara kadar kalsium plasma dengan memori jangka pendek

Hubungan antara kadar kalsium plasma dengan skor pemeriksaan memori jangka pendek ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hubungan antara kadar kalsium plasma dengan memori jangka pendek pada anak SD yang menjadi subyek penelitian ($n=111$)

Tes Memori Jangka Pendek	Koefisien korelasi	P
Digit- Span Forward	0.24	0.02
Digit-Span Backward	0.08	0.4
Picture search	-0.14	0.2

Pada tabel 8 tampak bahwa ada korelasi positif derajat rendah yang bermakna antara kadar kalsium plasma dengan skor digit-span forward ($p=0.02$). Hal ini menunjukkan peningkatan kalsium plasma akan diikuti peningkatan skor digit span forward. Akan tetapi korelasi antara kadar kalsium plasma dengan skor digit span backward adalah sangat rendah dan tidak bermakna ($p=0.4$). Sedangkan hubungan antara kadar kalsium plasma dengan skor picture search menunjukkan adanya korelasi negatif akan tetapi derajatnya adalah sangat rendah dan tidak bermakna ($p=0.2$)

4.8. Hubungan antara kadar seng rambut dengan memori jangka pendek

Hubungan antara skor seng rambut dengan skor memori jangka pendek ditampilkan pada tabel 9.

Tabel 9. Hubungan antara kadar seng rambut dengan memori jangka pendek pada anak SD yang menjadi subyek penelitian (n=111)

Tes Memori Jangka Pendek	Koefisien korelasi	P
Digit- Span Forward	0.73	0.002
Digit-Span Backward	0.69	0.001
Picture search	- 0.81	0.003

Pada tabel 9 tampak bahwa ada korelasi positif derajat kuat dan bermakna antara kadar seng rambut dengan skor digit-span forward ($p=0.002$) dan backward ($p=0.001$). Hal ini menunjukkan peningkatan kadar seng rambut akan disertai peningkatan skor memori jangka pendek digit-span forward dan backward. Sebaliknya dijumpai korelasi negatif dengan derajat baik dan bermakna ($p=0.003$) antara kadar seng rambut dengan skor picture search. Dimana hal tersebut menunjukkan peningkatan kadar seng plasma akan disertai dengan penurunan skor picture search.

4.9. Analisis regresi berganda hubungan antara memori jangka pendek digit-span forward dengan kadar Hb, ferritin, kalsium plasma dan seng rambut

Hubungan antara skor digit-span forward dengan kadar Hb, ferritin dan kalsium plasma serta kadar seng rambut secara bersama-sama ditampilkan pada tabel 10.

Tabel 10. Analisis regresi berganda hubungan antara memori jangka pendek digit-span forward dengan kadar Hb, ferritin, kalsium plasma dan seng rambut (n=111)

Variabel	Koefisien β	t	p
Kadar Hb	0.5	5.96	0.001
Kadar Ferritin	0.04	0.58	0.06
Kadar Seng	0.5	5.79	0.001

(Constant)	-1.49	0.1
------------	-------	-----

Data pada tabel 10 menunjukkan bahwa kadar Hb dan kadar seng rambut merupakan variabel yang berpengaruh secara bermakna terhadap skor digit span forward. Pada tabel tampak besarnya variabel dengan koefisien β yang terbesar adalah kadar Hb dan seng plasma. Pada analisis regresi berganda juga dijumpai besarnya nilai R^2 adalah 0.54 yang berarti 54% perubahan skor digit-span forward disebabkan oleh perubahan pada kadar Hb, ferritin, dan kadar seng rambut.

4.10. Analisis regresi berganda hubungan antara memori jangka pendek digit-span backward dengan kadar Hb, ferritin, kalsium plasma dan seng rambut

Hubungan antara skor digit-span backward dengan kadar Hb, ferritin dan kalsium plasma serta kadar seng rambut secara bersama-sama ditampilkan pada tabel 11.

Tabel 11. Analisis regresi berganda hubungan antara memori jangka pendek digit-span backward dengan kadar Hb, ferritin, kalsium plasma dan seng rambut (n=111)

Variabel	Koefisien β	t	p
Kadar Hb	0.13	1.42	0.02
Kadar Ferritin	0.17	1.92	0.06
Kadar Seng	0.52	5.83	0.005
(Constant)		0.59	0.6

Data pada tabel 11 menunjukkan bahwa kadar ferritin plasma dan kadar seng rambut merupakan variabel yang berpengaruh secara bermakna terhadap skor digit span backward. Pada tabel tampak besarnya variabel dengan koefisien β yang terbesar adalah

kadar seng rambut. Pada analisis regresi berganda juga dijumpai besarnya nilai R^2 adalah 0.38 yang berarti 38% perubahan skor digit-span backward disebabkan oleh perubahan pada kadar Hb, ferritin, dan kadar seng rambut.

4.11. Analisis regresi berganda hubungan antara memori jangka pendek digit-span picture search dengan kadar Hb, ferritin, kalsium plasma dan seng rambut

Hubungan antara skor picture search dengan kadar Hb, ferritin dan kalsium plasma serta kadar seng rambut secara bersama-sama ditampilkan pada tabel 12.

Tabel 12. Analisis regresi berganda hubungan antara memori jangka pendek digit-span *picture search* dengan kadar Hb, ferritin, kalsium plasma dan seng rambut (n=111)

Variabel	Koefisien β	t	p
Kadar Hb	-0.39	-4.99	0.001
Kadar Ferritin	-0.25	-3.31	0.01
Kadar Seng	-0.42	-5.41	0.002
(Constant)		7.83	0.001

Data pada tabel 12 menunjukkan bahwa kadar Hb, ferritin dan kadar seng rambut seluruhnya berpengaruh secara bermakna terhadap skor picture search. Pada tabel tampak besarnya variabel dengan koefisien β yang terbesar adalah kadar Hb dan seng rambut. Pada analisis regresi berganda juga dijumpai besarnya nilai R^2 adalah 0.53 yang berarti 53% perubahan skor picture search disebabkan oleh perubahan pada kadar Hb, ferritin, dan kadar seng rambut.

BAB 5

PEMBAHASAN

Populasi penelitian terdiri dari anak kelas I sekolah dasar yang berumur 6 tahun - 8 tahun yang berjumlah 111 anak dari tujuh Sekolah Dasar di Kecamatan Tegowanu Kabupaten Grobogan dimana hasil penelitian ini terdapat hubungan secara bermakna antara kadar seng dengan tes memori jangka pendek (Digit Span Forward, Digit Span Backward, Picture search).

Pengukuran fungsi memori pada penelitian ini menggunakan 3 jenis pemeriksaan mulai dari taraf kesulitan rendah sampai sedang dan dapat dilakukan pada anak-anak kelas satu sekolah dasar usia 6 – 8 tahun. Tes memori jangka pendek yang digunakan yaitu Digit span forward (taraf sedang) dimana semakin tinggi skor semakin baik fungsi memori jangka pendek anak, digit span backward (taraf sedang tetapi lebih sulit dibandingkan forward) dengan jumlah skor makin tinggi semakin baik fungsi memori

jangka pendek, dan picture search (taraf rendah) dengan jumlah skor semakin tinggi maka konsentrasi anak dan kemampuan visual motorik semakin jelek.

Sampai saat ini belum ada kesepakatan skor rata-rata dari ketiga tes ini untuk anak-anak indonesia atau anak-anak sekolah daerah perkotaan atau di daerah pedesaan. Pada penelitian ini , dari tes digit span forward didapatkan skor rerata 4.0 ± 0.79 , sedangkan digit span backward rerata 2.3 ± 0.68 , dan picture search 4.1 ± 5.01 . Penelitian oleh Sakti H (1997) yang dilakukan pada anak sekolah usia 8 – 13 tahun di Karanganyar Jawa Tengah, diperoleh hasil tes Digit Span Forward yaitu skor 3.76 ± 1.44 sedangkan Backward skor 2.62 ± 1.18 .⁵⁴ Penelitian Halterman JS dkk. Di Amerika Serikat pada anak usia 6-16 tahun, yaitu rerata digit span 8.7 ± 2.9 pada anak tanpa anemia dan pada anak dengan anemia 7.7 ± 3.7 .⁴⁸

Black MM (2003) menyebutkan bahwa zat gizi mikro yang mempunyai kaitan dengan proses kognitif pada bayi dan anak usia muda yaitu seng, zat besi, iodium dan vitamin B-12.⁵⁵ Dalam penelitian Frihandini (1996) dan Mc Gregor (2002) menyebutkan bahwa gangguan kognitif anak juga dipengaruhi faktor anemia, status sosial ekonomi, kemiskinan, tidak ada atau kurangnya stimulasi di rumah, kurangnya kehangatan keluarga, rendahnya tingkat pendidikan orangtua, intelegentia Quetion (IQ), Ibu yang mengalami depresi, ketidakhadiran ayah yang lama, infeksi parasit, gizi kurang.^{56,57} Dalam penelitian ini, tidak semua faktor-faktor yang berpengaruh diatas dimasukkan dalam penelitian ini karena keterbatasan tenaga dan dana. Sehingga zat gizimikro yang diteliti antara lain kadar seng, status besi (feritin), anemia, dan status kalsium.

Penelitian Golub MS dkk pada tahun 1995 dan 1996 menjelaskan bahwa rendahnya kadar seng berpengaruh terhadap menurunnya kemampuan memori jangka pendek pada anak.⁶¹ Sunstead HH (2000) menyebutkan bahwa bila terjadi defisiensi seng pada masa perkembangan otak akan berpengaruh pertumbuhan sel-sel otak dan sinaptogenesis.⁵ Padahal diketahui bahwa daerah terminal sinaptik akan terjadi sekresi neurotransmitter dan bila terjadi berulang-ulang akan merangsang pelepasan NMDA yang selanjutnya mendasari terbentuknya memori seseorang,⁴⁵ sehingga bila terjadi gangguan pada sinaptogenesis maka bisa berpengaruh terhadap memori.

Pada Penelitian ini dilakukan pemeriksaan seng rambut pada 111 anak kelas satu sekolah dasar yang diperiksa kadar seng rambut reratanya dalam batas normal yaitu 154.1 ± 69.73 . dengan batas terendah 17.5 dan tertinggi 434.1(kadar normal seng rambut 125 – 250 $\mu\text{g}/\text{dl}$). Anak kelas satu sekolah dasar yang diteliti yang mengalami defisiensi seng 40 %. Penelitian Desi F di daerah Grobogan pada anak 174 balita, menunjukkan 78.7% mengalami defisiensi seng namun ada perbedaan cut of point yang digunakan yaitu $< 80 \mu\text{gr}/\text{dl}$ dari sampel plasma darah , sedangkan pada penelitian ini mengambil sampel dari rambut dan menggunakan cut of point $< 120 \mu\text{gr}/\text{dl}$.⁵⁶ Hasil penelitian Satoto (1993) kadar seng rambut pada anak sekolah dasar di Nusa Tenggara Barat dijumpai rerata 205 $\mu\text{g}/\text{g}$ (SD = 109 $\mu\text{g}/\text{g}$), 22.1 % anak sekolah tersebut mengalami defisiensi seng. Dijkhuizen (2001) menyebutkan bahwa prevalensi defisiensi seng pada bayi di Indonesia sebanyak 17 %.¹²

Pada tabel 9 diketahui bahwa hubungan antara kadar seng rambut dengan ketiga tes memori jangka pendek mempunyai korelasi positif derajat kuat dan bermakna, skor

digit-span forward ($p=0.002$) dan backward ($p=0.001$). Hal ini menunjukkan peningkatan kadar seng rambut akan disertai peningkatan skor memori jangka pendek digit-span forward dan backward. Sebaliknya dijumpai korelasi negatif dengan derajat baik dan bermakna ($p=0.003$).

Dari penelitian ini, didapatkan rerata hemoglobin (Hb) anak kelas satu sekolah dasar di Kecamatan Grobogan masih dalam batas normal berdasarkan kadar normal hemoglobin menurut umur yaitu 12.5 ± 1.02 gr% (tabel 4) . dengan kadar terendah 9.4 gr % dan tertinggi 14.6 gr%. Sedangkan rerata kadar feritin serum 36.6 ± 49.86 nanogram/ml dengan kadar terendah 0.3 nanogram/ml dan maksimum 385.3 nanogram/ml. Berdasarkan proses berlangsungnya anemia maka anemia defisiensi besi merupakan tahap yang akhir setelah defisiensi cadangan besi dan feritin. Pada penelitian ini didapatkan hubungan yang bermakna antara memori jangka pendek pada anak kelas satu sekolah dasar dengan kadar hemoglobin, korelasi bersifat positif derajat sedang dan bermakna. Antara kadar Hb dengan skor digit-span forward dan backward ($p=0.002$ dan $p=0.004$). Hal ini berarti peningkatan kadar Hb akan meningkatkan skor digit-span forward dan backward. Hubungan antara kadar Hb dengan skor picture search menunjukkan adanya korelasi negatif derajat sedang yang bermakna ($p=0.005$). Walaupun didapat terdapat hubungan kadar feritin dengan memori jangka pendek bermakna pada tes memori Digit Span Forward. Penelitian Halterman dkk. (1988 - 1994) pada anak usia 6-14 tahun didapatkan bahwa terdapat hubungan yang kurang bermakna antara tes memori jangka pendek dengan anak yang mengalami anemia defisiensi besi.⁴⁸ Dalam metabolisme seng telah dijelaskan bahwa selain albumin sebagai media transport dalam darah juga bisa terikat dengan alfa 2

makroglobulin, imunoglobulin dan transferin. Sehingga bila terjadi anemia defisiensi besi maka salah satu media transport akan berkurang sehingga kemungkinan bisa terjadi defisiensi seng.³¹

Pada penelitian ini didapatkan rerata kadar kalsium serum pada anak kelas satu sekolah dasar yang diteliti 9.6 ± 1.51 mg/dl, dengan kadar terendah 8.1 mg/dl dan yang tertinggi 19.3 mg/dl (tabel 4). Bila berdasarkan pada kadar normal kalsium serum maka rerata kadar kalsium pada anak kelas satu sekolah dasar tersebut cukup baik. Pada tabel 8 tampak bahwa ada korelasi positif derajat rendah yang bermakna antara kadar kalsium plasma dengan skor digit-span forward ($p=0.02$). Hal ini menunjukkan peningkatan kalsium plasma akan diikuti peningkatan skor digit span forward. Akan tetapi korelasi antara kadar kalsium plasma dengan skor digit span backward adalah sangat rendah dan tidak bermakna ($p=0.4$). Sedangkan hubungan antara kadar kalsium plasma dengan skor picture search menunjukkan adanya korelasi negatif akan tetapi derajatnya adalah sangat rendah dan tidak bermakna ($p=0.2$). Dengan demikian kadar kalsium mempunyai pengaruh terhadap memori jangka pendek yaitu bila dalam kadar hipokalsemi akan menghambat absorpsi dari seng dan bila keadaan hipokalsemi akan mengganggu perubahan potensial jangka panjang sehingga mengganggu proses pembentukan memori. Menurut Groff dalam buku teks *Advance Nutrition and Human Metabolism*, menunjukkan bahwa bisa terjadi gangguan absorpsi seng bila lebih dari 2 gram atau lebih 500 mg kalsium dalam bentuk kalsium karbonat hidroksiapatite.⁶⁰ Pada penelitian ini, karena rerata kadar kalsium dalam batas normal sehingga kurang berpengaruh terhadap memori jangka pendek terlihat dari ketiga tes memori hanya digit span forward yang bermakna tapi dengan korelasi positif derajat rendah.

Pada penelitian ini didapatkan hubungan bermakna antara kadar seng dengan ketiga tes memori jangka pendek (digit-span forward, backward dan picture search). Jelasnya terlihat pada tabel 8 yaitu hubungan sangat bermakna dengan korelasi positif derajat kuat antara kadar seng rambut dengan skor digit-span forward ($p=0.002$) dan backward ($p=0.001$). Sebaliknya dijumpai korelasi negatif dengan derajat baik dan bermakna ($p=0.003$) antara kadar seng rambut dengan skor picture search artinya peningkatan kadar seng plasma akan disertai dengan penurunan skor picture search. Sedangkan dari analisa berganda didapatkan hasil ketiga tes memori jangka pendek yang digunakan sekitar 38 – 54% dipengaruhi oleh seng, hb, feritin, dan kalsium. Sehingga antara 46 – 62% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain. Thatcher dkk. (1984) menjelaskan bahwa kadar seng rambut yang rendah berpengaruh terhadap fungsi kognitif otak⁵⁹, tetapi menurut penelitian Putranti AH (1996) kadar seng dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain dari diet yaitu asupan kalori, asupan protein, asupan lemak, asupan kalsium, asupan besi, asupan serat makanan, suplementasi seng dan kehilangan seng melalui diare.⁵⁹ Dengan demikian masih terdapat faktor - faktor lain yang perlu diteliti karena ikut berpengaruh pada kadar seng dan fungsi memori jangka pendek.

Bab 6

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa :

1. Terdapat hubungan korelasi positif derajat kuat dan bermakna antara kadar seng rambut dengan skor digit-span forward ($p=0.002$)
2. Terdapat hubungan korelasi positif derajat kuat dan bermakna antara kadar seng rambut dengan skor digit-span backward ($p=0.001$)

3. Terdapat hubungan korelasi negatif dengan derajat baik dan bermakna ($p=0.003$) antara kadar seng rambut dengan skor picture.

Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut dengan dimasukkan kedalam penelitian variabel – variabel yang ikut berpengaruh terhadap kadar seng dan memori jangka pendek seperti asupan kalori, protein, lemak, serat makanan, asupan besi, kalsium, stimulasi anak, pemeriksaan cacing/telur cacing pada feses, IQ, dan tes perhatian.
2. Pemberian sirup seng kepada anak dengan gangguan memori yang disebabkan karena defisiensi seng
3. Perlu penelitian eksperimental atau kohort atau metode penelitian yang lain dengan jumlah sampel dihitung berdasarkan data yang ditemukan pada penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

1. Nasar SS. Masalah defisiensi mikronutrien pada anak. Dalam : Kumpulan makalah Kongres Nasional II Badan Koordinasi Gastroenterologi Anak Indonesia (BKGAI); 2003 : hal. 215 – 223.
2. Aggett PJ. Zinc . In : Trace element in infancy and childhood. Annales Nestle 1994 ; 52 : hal. 94 – 106.
3. Colvin RA, Davis N, Nipper W, Carter P. Zinc transport in the Brain : Routes of Zinc influx and efflux in Neurons. Journal of Nutrition. 2000 ; 130 : hal. 1484S – 87S.
4. Penland JG, Sandstead HH, Alcock NW, Dayal HH, Chen XC, Li JS, Zhao F,

- Yang JJ. A preliminary report: effects of zinc and micronutrient repletion on growth and neuropsychological function of urban Chinese children. *J Am Coll Nutr* 1997;16:hal. 268-72.
5. Sanstead HH. Cause of iron and zinc deficiencies and their effects on brain. *Journal of Nutrition*. 2000 ; 130 : hal. 347S – 49S.
 6. Atkinson RL, Atkinson RC, Smith EE, Bem DJ. Pengantar psikologi. Alih bahasa : Kusuma W. Editor : Saputra L. Edisi ke – 11 ; interaksara , hal. 85.
 7. Gibson RS, Smit Vanderkooy PD, MacDonald AC, Goldman A, Ryan BA, Berry M. A growth-limiting, mild zinc deficiency syndrome in some Southern Ontario boys with low height percentiles. *Am J Clin Nutr* 1989;49: hal. 1266-73.
 8. Frederickson C. J., Moncrieff D. W. Zinc-containing neurons. *Biol. Signals* 1994;3:hal. 127-139
 9. Kirksey A., Rahmanifar A., Wachs T. D., McCabe G. P., Bassily N. S., Bishry Z Galal O. M., Harrison G. G., Jerome N. W. Determinants of pregnancy Outcome and newborn behavior of a semirural Egyptian population. *Am. J. Clin. Nutr.* 91;54:hal. 657-667.
 10. Lehmann HM, Brothwell BB, Volak LP, Bobilya DJ. Zinc status influence zinc transport by porcine brain capillary endothelial cells. *The American Society for Nutritional Sciences Journal Nutrition*.2002 ; 132 : hal. 2763 – 68.
 11. Hurley LS, Swenerton H. Congenital malformations resulting from zinc deficiency in rats. *Proc. Soc.Exp.Biol.Med* ; 123 ; 1966 : hal. 692-696.
 12. Satoto. Zinc Deficiency among Indonesian children. In : Joint symposium between Department of nutrition & Department Paediatrics Faculty of Medicine, Sebelas Maret University and The Center for Human Nutrition, Universitas of Shiffield, UK ; Surkarta : 2001.
 13. Mahmoodi MR, Kimiagar SM. Prevalence of zinc deficiency in junior school student of Teheran City. *Bio Trace Elem Res*. 2001; 81 : hal.93 – 103.
 14. Rosado JL. Zinc and cooper : Proposed fortification levels and recommended zinc compounds. *J. Nutr.* 133 : hal. 2985S – 2989S,2003
 15. Natriana T. Perbedaan pengaruh pengobatan monoterapi Fenitoin dan Karbamazepin terhadap memori penderita epilepsi grand mal. Karya ilmiah akhir. Semarang Bagian Saraf FK UNDIP, 2001 : hal.15-26.

16. Short Term Memory. [Http://www.sparknotes.com/psychology/cognitve/memory/section1.html](http://www.sparknotes.com/psychology/cognitve/memory/section1.html).
17. Whaley SE, Sigman M, Neuman C, Bwibo N, Guthrie D, Weiss R, Alber S, Murphy SP. The impact of dietary intervention on the cognitive development of kenyan school children. *J Nutr.* 133 ; 2003 : hal. 3965S-3971S.
18. Davachi L, Wagner AD. Hippocampal contributions to episodic encoding : insights from relational and item-based learning. *J Neurophysiol* 88 ; 2002 : hal. 982-990.
19. Simeon DT, McGregor SG. Effect of missing breakfast on the cognitive functions of school children of differing nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*, 49 ; 1989 : hal. 646-653.
20. Golub M. S., Keen C. L., Gershwin M. E., Hendrickx A. G. Developmental zinc deficiency and behavior. *J. Nutr.* 1995;125: hal.2263S-2271S
21. Groff JL, Gropper SS, Hunt SM. *Advanced nutrition and human metabolism.* edisi ke 2 ; 1996 : hal. 368.
22. Brown KH, Pearson JM, Rivera J, Allen LH. Effect of supplementation zinc on the growth and serum zinc concentration of pre pubertal children : a meta analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2002; 75 : hal. 1062 – 71
23. Prasad A. S. Zinc in growth and development and spectrum of human zinc deficiency. *J. Am. Coll. Nutr.* 1988;7:377-387
24. WHO. *Trace Element in Human Nutrition and Health.* Macmillan / Ceutrik. Geneva. 1996: hal. 72 – 101, 123 – 139.
25. Berdanier CD. *Advanced Nutrition Miconutrition.* CRC Press New York. USA 1998 hal. 183 – 203.
26. Whittaker P. Iron and zinc interaction in human. *Am J Clin Nutr* 1998 ; 68 : hal. 442S - 446S.
27. Browning J., O'Dell B. Zinc deficiency decreases the concentration of N-ethyl-D- aspartate receptors in guinea pig cortical synaptic membranes. *J. Nutr.* 95; 125: hal. 2083 - 2089
28. Cousins RJ, Hempe JM. *Zinc. Dalam : Present knowledge in nutrition.* Sixth edition. ILSI Press. Washinton D.C. USA. 1999 : hal. 251 – 260.

29. King JC, Keen CL. Zinc. Dalam Modern Nutrition in Health and Disease. 9th ed. Lippincot Williams and Wilkins. Maryland. USA. 1999 : hal. 223 – 239.
30. Berdanier CD. Advanced Nutrition Miconutrition. CRC Press NewYork.USA. 1998 hal. 183 – 203.
31. Bakri A. Peranan mikronutrien seng dalam pencegahan dan penanggulangan diare. Dalam : Kumpulan makalah Kongres Nasional II Badan Koordinasi Gastroenterologi Anak Indonesia, 2003 : hal. 132 –35
32. Heidelise. Neurodevelopment of preterm infant. In : Fanarof AA, Martin RJ. (editor) Neonatal – perinatal medicine : disease of the fetus and infant. 1997; 6th ed. 965 –68
33. Hambidge M. Biomarker of trace mineral intake and status. American Society for nutritional science ; 2003 : hal. 948-955
34. Hambidge M. Human deficiency. J.Nutr.2000 ; 130 : hal. 1344S – 1406S
35. Gibson RS. Principle Nutritional Assesment. Oxford University Press. New York. 1990 : 394 – 376, 511 – 576.
- 36..WHO. Iron deficiency anaemia : assessment, prevention, and control : A Guide for programme managers . .Macmillan/ Ceuterick. Geneva ; 2001 : hal. 7 – 10.
37. Nixon P. Iron transport, storage and overload. GMC Biochemistry home page. Biochemistry department. The University of Quesland. Australia. 2000 (http://biosci.uq.edu.au/GMC/iron_ovr_00.htm.)
38. Beard JL. Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning. Journal of Nutrition ; 131; 2001 : 568S – 580S.
39. Ahn J, Koo SI. Effects of zinc and essential fatty acid deficiencies on the lymphatic absorbtion of vitamin A and secretion of phospholipids. J Nutr Biochem 1995;6 : 595 – 603
40. Ashcraft MH. Human memory and cognition. 2nd ed. New York: Harper Collins College Publishers, 1994 : 144-86.
41. Setiawan I.P. Memori dan proses belajar, Fakultas Patologis Universitas Kristen Maranatha ;1995 : hal 1 – 2.
42. Eysenck MW, Keane MT. Cognitive Psychology. A Student's Handbook. Edisi ke-3 ; 1997 : Hal. 123 – 155.
43. Kusumoputro S. Disfungsi otak. Neurona, 1990 ; 7 : hal. 7 – 11

44. Mahmud DM. Psikologi suatu pengantar. Edisi 1. Yogyakarta. 1990 : hal : 75.
45. Calton JL, Kang MH, Moore SD. NMDA-Reseptor-dependent synaptic activation of voltage-dependent Calcium channel in basolateral amygdala. *J.Neurophysiol* ; 83 : 2000 : hal. 685-692.
46. Ahn J, Koo SI. Effects of zinc and essential fatty acid deficiencies on the lymphatic absorption of vitamin A and secretion of phospholipids. *J Nutr Biochem* 1995;6 : 595 – 603
47. Viteri FE. Prevention of micronutrient deficiencies. Institut of Medicine Washinton DC; 1998.
48. Haterman JS, Kaczorowski JM, Aligne A, Auinger P, Szilagy PG. Iron deficiency and cognitive achievement among school-Aged Children and adolescent in United State
49. Ensminger AH, Ensminger ME, Konlande JE, Robson JRK. *The Concise Encyclopedia of food & Nutrition*. CRC Press, 1997 : 137 – 156.
50. Soetjningsih. Masa balita sebagai periode kritis perkembangan anak. Dalam Seminar standart, penyimpangan dan tindak lanjut tumbuh kembang saat konsepsi sampai remaja. UKK Tumbuh Kembang Anak- IDAI jatim, Surabaya ; 2003 ; hal. 4-5.
51. Soematri AG. Hubungan anemi kekurangan zat besi dengan konsentrasi dan prestasi belajar. Tesis . 1978.
52. Sutaryo. Aspek klinis anemia defisiensi besi. Dalam : Sutaryo (Editor), Seminar Anemia Defisiensi Besi , Jogjakarta ; 2004: hal. 14-27.
53. Horne MM, Swearingen PL. Keseimbangan cairan, ekeltrolit & asam basa. Asih Y. (Editor dalam bahasa Indonesia), Dewi IN, Ester M (alih bahasa) EGC; 2001 : hal. 102-112.
54. Sakti H, Nokes C, Hertanto WS, Hendratno S, Hall Abundy DAP dkk. Evidence for an association between hookworm infection and cognitive function in Indonesian School children.
55. Black MM. Micronutrient deficiencies and cognitive functioning. *J.Nutr.* 133; 3927S-3931S:2003.
56. Frihandini D. Faktor – faktor yang berhubungan dengan kadar seng darah pada anak balita. Tesis. FK-UNDIP.1996

57. McGregor SG, Ani C. A review of studies on the effect of iron deficiency on cognitive development in children. *J. Nutr.* 2002; 132: 2065-2068.
58. Thatcher RW, McAlester R, Lester ML, Cantor DS. Comparison among EEG, hair mineral and diet prediction of reading performance in Children. *Ann NY. Acad. Sci.* 1984; 433: 87-96.
59. Putranti AH. Hubungan asupan makanan terhadap kadar seng plasma. Tesis. Bagian IKA FK-UNDIP. 1996
60. Groff JL, Gropper SS, Hunt SM. *Advanced nutrition and human metabolism.* Minneapolis. West publishing company. 1995 : 102-112, 366-374.