

HUBUNGAN STATUS SENGG (Zn) DENGAN INTELLIGENCE QUOTIENT (IQ) PADA ANAK USIA 9-11 TAHUN DI SDN 1 GONDANG WONOGIRI

Emma Kurniawaty, Binar Panunggal^{*)}

Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro
Jl.Dr.Sutomo No.18, Semarang, Telp (024) 8453708, Email : gizifk@undip.ac.id

ABSTRACT

Background: Intelligence is one of cognitive development. Intelligence can be measured by Intelligence Question (IQ) tests. Intelligence Quotient (IQ) score can decrease because of long term malnutrition. Zinc is an essential micronutrient for growth and development of the brain. Zinc deficiency can inhibit growth and development, organs malformation, and cognitive impairment of children. Zinc status assessment was conducted to determine zinc levels in the body. This study aimed to determine the association of zinc (Zn) status with intelligence quotient (IQ) in the children among 9-11 years.

Methods: This study was cross-sectional study design with purposive sampling method. The subjects of this study were 9-11 years old. Total of 67 children participated from SDN 1 Gondang Wonogiri. Zinc status were analyzed by measurement of hair zinc level with Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. IQ scores were obtained from intelligence test with Culture Fair Intelligence Test (CFIT) method.

Results: This study found the mean \pm SD value of IQ score was 90,67 \pm 1,5 with IQ category as Mentally Defective 2 pupils (3%), Borderline 11 pupils (16,4%), Low Average 18 pupils (26,9%), Average 32 pupils (47,8%), dan High Average 4 pupils (6%). The mean age was 9,66 \pm 0,07years. All of subject had normal zinc (Zn) status (260,67 \pm 7,28 ppm) and there was no significant association zinc (Zn) status with Intelligence Quotient (IQ) statistically ($r = -0,118$; $p = 0,340$).

Conclusion: there was no significant association zinc (Zn) status with Intelligence Quotient (IQ).

Keywords: Intelligence Quotient (IQ), Zinc, children age 9-11 years

ABSTRAK

Latar Belakang: Intelegensi merupakan salah satu perkembangan kognitif. Pengukuran inteligensi dapat dilakukan melalui tes Intelligence Quotient (IQ). Penurunan skor Intelligence Quotien (IQ) dapat terjadi karena kekurangan zat gizi jangka panjang. Seng merupakan salah satu mikronutrient yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan otak. Defisiensi seng (Zn) dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan, malformasi organ, dan gangguan kognitif pada anak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan status seng (Zn) dengan Intelligence Quotient (IQ) pada anak usia 9-11 tahun di SDN 1 Gondang Wonogiri.

Metode: Total subjek 67 anak usia 9-11 tahun dari SDN 1 Gondang Wonogiri berpartisipasi dalam penelitian ini. Penelitian ini merupakan penelitian cross-sectional dengan menggunakan metode purposive sampling dalam pengambilan sampel. Status seng diperoleh melalui pengukuran kadar seng rambut dengan metode Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Skor IQ diperoleh melalui tes intelegensi dengan metode Culture Fair Intelligence Test (CFIT).

Hasil: Pada penelitian ini diperoleh rerata skor IQ (90,67 \pm 1,5), dengan kategori Mentally Defective 2 orang (3%), Borderline 11 orang (16,4%), Low Average 18 orang (26,9%), Average 32 orang (47,8%), dan High Average 4 orang (6%). Rerata usia subjek adalah 9,66 \pm 0,07 tahun. Semua subjek memiliki status seng (Zn) batas normal (260,67 \pm 7,28 ppm) dan tidak terdapat hubungan yang signifikan status seng (Zn) dengan Intelligence Quotient (IQ) secara statistik ($r = -0,118$; $p = 0,340$).

Simpulan: Status seng (Zn) tidak berhubungan dengan Intelligence Quotient (IQ) secara statistik.

Kata Kunci: Intelligence Quotient (IQ), seng, anak usia 9-11 tahun

PENDAHULUAN

Pendidikan, kesehatan, dan perekonomian menjadi faktor penting di dalam pembangunan sumber daya manusia yang berkualitas. Anak merupakan bagian dari pembangunan sumber daya manusia dan menjadi generasi penerus bangsa yang harus diperhatikan tumbuh kembangnya.¹ Zat gizi berperan penting terhadap pertumbuhan fisik dan otak, serta perkembangan perilaku, motorik, dan kecerdasan.²

Kecerdasan atau inteligensi disebut sebagai perkembangan kognitif. Tingkat kecerdasan dapat diukur melalui tes intelegensi dan diperoleh skor *Intelligence Quotient (IQ)*.³ *Intelligence Quotient* merupakan salah satu faktor psikologis yang dapat mempengaruhi prestasi akademik.⁴ Tes inteligensi digunakan untuk mengukur proses berpikir yang bersifat konvergen, yaitu kemampuan dalam menjawab atau menyimpulkan secara logis berdasarkan informasi yang diberikan.⁵ Tingkat

^{*)}Penulis Penanggungjawab

intelligence (kecerdasan) dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain genetik, zat gizi, dan lingkungan.³

Zat gizi yang berperan penting di dalam pertumbuhan dan perkembangan otak antara lain energi, protein, asam lemak, kolin, vitamin, dan mineral (makromineral dan mikromineral).⁶ Salah satu mikromineral (trace-element) tersebut adalah seng (Zn). Seng berperan dalam sintesis dan degradasi protein, lemak, karbohidrat, asam nukleat, heme, serta reproduksi.^{7,8} Seng terdapat dalam bahan makanan terutama pada sumber protein hewani.⁹ Penyerapan Zn dihambat oleh adanya interaksi dengan besi, kalsium, serat, serta fitat yang banyak terdapat dalam biji-bijian, kacang-kacangan, gandum, dan padi-padian utuh.^{10,11} Rendahnya konsentrasi Zn di dalam tubuh menjadi indikator terjadinya defisiensi seng.

Faktor utama penyebab defisiensi seng yaitu asupan harian seng tidak adekuat, penyerapan seng rendah karena adanya serat-fitat dari makanan nabati, status penyakit (hipoalbumin, gangguan penyerapan seng dan infeksi), dan status fisiologis (*rapid growth* dan kehamilan).¹² Defisiensi seng pada anak dapat mengakibatkan kehilangan nafsu makan, gangguan pengecap, gangguan pertumbuhan, alopecia, disfungsi imun, hipogonadisme, luka sukar sembuh, dan gangguan kognitif.¹³ Pengukuran status seng dapat dilakukan melalui berbagai parameter seperti kadar dalam plasma/serum, rambut, dan sel darah merah atau putih.¹⁴ Jaringan yang banyak mengandung Zn salah satunya pada rambut. Analisis kadar Zn rambut dapat menggambarkan status Zn jangka panjang, lebih sensitif dan stabil dibanding dalam darah atau urin.¹⁵

Konsentrasi seng paling tinggi terdapat pada hipokampus (terletak di lobus temporal) dan korteks (lapisan luar) otak besar.¹⁶ Otak besar berpengaruh terhadap tingkat kecerdasan dan kemampuan berfikir.^{5,17} Korteks otak berfungsi dalam memberikan kemampuan berhitung, beranalogi, berimajinasi, berkreasi, serta berinovasi.³ Seng dapat mempengaruhi fungsi seluler dan proses kritis pertumbuhan otak, meliputi replikasi sel, sintesis DNA dan RNA, pelepasan *neurotransmitter*, sintesis protein, serta metabolisme makronutrien.^{6,9,18} Seng telah diidentifikasi dapat meningkatkan fungsi kognitif pada anak sekolah.¹⁹ Penelitian terhadap anak usia 7-10 tahun didapatkan hasil bahwa kadar seng dalam rambut berhubungan positif dengan skor IQ, yaitu semakin tingginya kadar seng pada rambut maka skor IQ juga tinggi.²⁰ Penelitian di India diperoleh hasil bahwa suplementasi Zn 5mg/hari

selama 3 bulan dapat meningkatkan IQ rata-rata 12,4 poin pada anak yang mengalami defisiensi seng pada usia 9-11 tahun.²¹

Anak usia 9-11 tahun telah mencapai objektivitas tertinggi dan berada pada tahap perkembangan operasional konkret, dimana anak telah dapat berfikir logis, fokus, dan dalam hubungan sebab akibat lebih rasional dan sistematis sehingga dapat memecahkan masalah secara konkret dalam menyelesaikan rangkaian tes IQ.²² Skor tes IQ yang diambil pada anak masa tersebut jauh lebih dapat diandalkan dibanding pada masa prasekolah dan dapat menjadi prediktor prestasi sekolah yang baik.²³

Penelitian dilakukan di Sekolah Dasar Negeri 1 Gondang terletak di Kecamatan Purwantoro, Kabupaten Wonogiri. Data mengenai defisiensi seng serta kaitannya dengan skor IQ belum jelas, belum banyak diketahui dan belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, peneliti ingin mengetahui hubungan status seng (Zn) dengan *Intelligence Quotient (IQ)* pada anak usia 9-11 tahun di SDN 1 Gondang Wonogiri.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi observasional dengan desain *cross-sectional* yang melibatkan anak usia 9-11 tahun. Tempat penelitian dilaksanakan di SDN 1 Gondang, kecamatan Purwantoro, Kabupaten Wonogiri. Jumlah subjek sebanyak 67 orang. Pengambilan subjek penelitian dengan metode *purposive sampling*.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah usia subjek penelitian 9-11 tahun, orang tua dari subjek penelitian bersedia mengisi *informed consent*, tidak sedang menderita penyakit infeksi dan kronis, serta tidak mempunyai kelainan bawaan saat lahir. Kriteria eksklusi penelitian yaitu subjek penelitian sedang sakit pada saat pengambilan data, pindah sekolah, memakai cat rambut, mengundurkan diri pada saat penelitian sedang berlangsung, atau meninggal.

Pengumpulan data karakteristik sampel menggunakan kuesioner meliputi nama, jenis kelamin, tanggal lahir. Pengukuran antropometri dilakukan untuk menghitung kebutuhan energi subjek. Pengukuran antropometri meliputi pengukuran tinggi badan dan berat badan. Pengukuran tinggi badan menggunakan *microtoise* dengan panjang maksimal 200 cm dan tingkat ketelitian 0,1 cm. Pengukuran berat badan menggunakan timbangan digital dengan tingkat ketelitian 0,1 kg.

Status seng diperoleh melalui pemeriksaan kadar seng pada rambut menggunakan metoda

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) dengan alat *spectrophotometer Perkin Elmer*. Sampel rambut yang digunakan yaitu rambut kepala bagian *occipital* (kepala bagian belakang) sepanjang 1,5-3 cm dari kulit kepala dengan total berat rambut per sampel yaitu 0,3-0,5 gram. Status seng dikategorikan normal ≥ 100 ppm dan defisiensi < 100 ppm berdasarkan analisis kadar seng dalam rambut.²⁴ Pemeriksaan dilakukan di laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Kimia Universitas Diponegoro oleh petugas laboratorium.

Data IQ diperoleh melalui tes intelegensi. Jenis tes IQ yang digunakan yaitu *Culture Fair Intelligence Test* (CFIT) skala 2 (untuk anak usia 8-14 tahun). Skor IQ diklasifikasikan menjadi *mentally defective* (< 69), *borderline* (70-79), *low average* (80-89), *average* (90-109), *high average* (110-119), *superior* (> 120).²⁵ Budaya mempengaruhi banyak proses kognitif termasuk inteligensi.²⁶ Metode CFIT lebih banyak menggunakan gambar-gambar untuk mengurangi pengaruh kecakapan verbal, budaya (gender, latar belakang tempat tinggal, dan ras/etnik), dan tingkat pendidikan.^{27,28} Pengukuran IQ dilakukan dengan bantuan psikolog dari Unit Layanan Psikologi Program Studi Psikologi Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret.

Pengumpulan data asupan zat gizi makro (energi dan protein) dan asupan zat gizi mikro (seng, besi, kalsium, dan vitamin A) diperoleh melalui wawancara menggunakan *food recall* 24

jam selama lima hari tidak berturut-turut untuk mengetahui gambaran asupan makanan subjek. Tingkat kecukupan Energi dikatakan baik jika hasil asupan energinya antara 100-105% dari kebutuhan energi, kurang bila hasil asupan energinya kurang dari 100% dari kebutuhan energi, dan lebih bila hasil asupan energinya lebih dari 105% dari kebutuhan energi.²⁹ Untuk perhitungan protein, dikatakan baik bila hasil asupan nya antara 80-100% dari kebutuhan zat gizi nya, kurang bila hasil asupan nya kurang dari 80% dari kebutuhan zat gizi nya, dan lebih bila asupannya lebih dari 100% dari kebutuhan zat gizi nya.³⁰ Cut off point mikronutrien dikatakan kurang apabila $< 100\%$, baik 100-110%, dan lebih $> 110\%$ AKG.³¹ Uji korelasi *Pearson* digunakan untuk menguji hubungan status seng dengan *Intelligent Quotient* (IQ).

HASIL PENELITIAN

Karakteristik Subjek Penelitian

Subjek penelitian yaitu 67 anak sekolah dasar usia 9-11 tahun sesuai dengan kriteria inklusi. Rerata usia subjek penelitian adalah $9,66 \pm 0,07$ tahun dengan usia minimum 9 tahun dan maksimum 11,02 tahun. Nilai rata-rata kadar seng pada rambut subjek penelitian yaitu $260,67 \pm 7,28$ ppm dengan kadar seng rambut minimum 165,23 ppm dan maksimum 439,20 ppm. Sedangkan nilai rata-rata skor IQ yaitu $90,67 \pm 1,57$ dengan skor minimum 60 dan maksimum 119. Karakteristik subjek penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian

Karakteristik	n	%
Jenis Kelamin		
Laki-laki	39	58,2
Perempuan	28	41,8
Usia		
9 Tahun	29	43,3
10 Tahun	35	52,2
11 Tahun	3	4,5
Status Seng (ppm)		
Defisiensi (< 100)	0	0
Normal (≥ 100)	67	100
Intelligence Quotient (IQ)		
Mentally Deffective (< 69)	2	3,0
Borderline (70-79)	11	16,4
Low Average (80-89)	18	26,9
Average (90-109)	32	47,8
High Average (110-119)	4	6,0
Total	67	100

Rerata asupan energi subjek penelitian yaitu $1028,61 \pm 231,73$ kkal dengan nilai minimum 708,90 kkal dan maksimum 1880,70 kkal. Rerata asupan

protein sebesar $31,54 \pm 7,13$ gram dengan nilai minimum 19,1 gram dan maksimum 55,0 gram. Rerata asupan seng sebesar $3,54 \pm 0,81$ miligram

dengan nilai minimum 1,9 miligram dan maksimum 6,6 miligram. Rerata asupan besi sebesar $3,8 \pm 1,3$ miligram dengan nilai minimum 1,6 miligram dan maksimum 8,7 miligram. Rerata asupan kalsium sebesar $162,53 \pm 94,34$ miligram dengan nilai minimum 47,2 miligram dan maksimum 498,8

miligram. Rerata asupan vitamin A sebesar $382,81 \pm 201,34$ mikrogram dengan nilai minimum 52,2 mikrogram dan maksimum 907,0 mikrogram. Gambaran asupan zat gizi subjek penelitian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Gambaran Asupan Zat Gizi Subjek

Asupan	n	%
Energi		
Kurang	48	71,6
Baik	4	6,0
Lebih	15	22,4
Protein		
Kurang	53	79,1
Baik	10	14,9
Lebih	4	6,0
Seng		
Kurang	67	100
Baik	0	0
Lebih	0	0
Besi		
Kurang	67	100
Baik	0	0
Lebih	0	0
Kalsium		
Kurang	67	100
Baik	0	0
Lebih	0	0
Vitamin A		
Kurang	50	74,6
Baik	1	1,5
Lebih	16	23,9
Total	67	100

Hubungan Status Seng (Zn) dengan Intelligence Quotient (IQ)

Berdasarkan Uji korelasi *Pearson* diperoleh hasil bahwa tidak terdapat hubungan status seng (Zn)

dengan *Intelligence Quotient* (IQ) ($r = -0,118$; $p = 0,340$).

Tabel 3. Hubungan Status Seng (Zn) dengan Intelligence Quotient (IQ)

Variabel	Skor IQ		
	n	p	r
Status Seng	67	0,340	-0,118

Hubungan Status Seng (Zn) dengan Asupan Makanan

Berdasarkan Uji korelasi *Pearson* diperoleh hasil bahwa tidak terdapat hubungan asupan energi dan protein dengan status seng. Asupan seng, besi, kalsium, dan vitamin A terdapat hubungan negatif dengan status seng, yaitu semakin rendah asupan

maka semakin tinggi status seng. Dengan uji yang sama diperoleh hasil tidak terdapat hubungan antara asupan dengan *Intelligence Quotient* (IQ). Hubungan asupan makanan dengan status seng (Zn) dan *Intelligence Quotient* (IQ) dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hubungan Asupan Makanan dengan Status Seng (Zn) dan Intelligence Quotient (IQ)

Variabel	n	Status Seng		Skor IQ	
		p	r	p	r
Asupan Energi	67	0,080	-0,215	0,967	0,005

Asupan Protein	67	0,055	-0,236	0,702	-0,480
Asupan Seng	67	0,048*	-0,243	0,899	-0,160
Asupan Besi	67	0,011*	-0,310	0,748	-0,040
Asupan Kalsium	67	0,027*	-0,269	0,616	0,062
Asupan Vitamin A	67	0,045*	-0,246	0,570	0,071

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan tes intelegensi terhadap 67 anak sekolah dasar usia 9-11 tahun yang menunjukkan bahwa skor IQ subjek mayoritas berada pada kategori *average* (47,8%), akan tetapi terdapat skor IQ yang sangat rendah yaitu kategori *mentally deffective* (3%), hal ini dapat terjadi mungkin karena anak kurang berkonsentrasi atau terdapat faktor lain yang mempengaruhi seperti genetik dan pengaruh lingkungan (keluarga, sekolah, masyarakat) yang kurang mendukung.³ Selain itu, rendahnya skor IQ mungkin disebabkan kurangnya asupan mikronutrien (seng, besi, dan kalsium) sehingga meningkatkan penyerapan timah. Kelebihan timah dapat mengakibatkan gangguan otak dan sistem saraf. Paparan timah pada anak-anak berasal dari air minum yang terkontaminasi logam timah, mengkonsumsi makanan yang mengandung pewarna berbahaya, dan tidak mencuci tangan setelah terpapar tanah yang mengandung logam timah.¹⁷

Pemeriksaan kadar seng rambut diperoleh hasil status seng subjek keseluruhan tergolong normal atau tidak terdapat subjek yang mengalami defisiensi seng. Penelitian serupa menunjukkan hasil kadar seng rambut normal (216.19 ±16.50 ppm) terhadap pelajar sehat usia 16-20 tahun.²⁴ Penelitian lain diperoleh hasil sebanyak 15 subjek (26,3%) kadar seng rambut tergolong normal dan 42 subjek (73,7%) tergolong diatas normal terhadap anak usia 6-9 tahun di Kendal, Jawa Tengah.³² Berbeda dengan penelitian di Surabaya dilaporkan bahwa anak sekolah dasar yang diteliti dengan tes Kecap Smith mengalami defisiensi seng (Zn) sebesar 56,2% dan angkanya meningkat menjadi 62,1% dengan parameter konsentrasi seng dalam rambut terhadap.³³

Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa tidak terdapat hubungan antara status seng (Zn) dengan *Intelligence Quotient (IQ)* pada anak usia 9-11 tahun. Hal ini dapat terjadi mungkin karena secara keseluruhan subjek penelitian memiliki status seng normal, akan tetapi terdapat subjek yang berada pada kategori IQ yang rendah. Kadar seng dalam rambut merupakan salah satu simpanan seng terbanyak dalam jaringan yang apabila tubuh kekurangan seng maka akan diambil dari seng endogen dalam rambut sehingga tingginya kadar

seng dalam rambut dapat diindikasikan juga bahwa kadar seng dalam tubuh rendah (defisiensi).^{34,35} Kadar seng menurun pada defisiensi tingkat ringan, tetapi pada status defisiensi akut dan buruk pertumbuhan rambut terhenti dan rambut yang tersisa menunjukkan kadar seng normal.³⁶ Selain itu, dapat juga terjadi akibat penggunaan shampoo yang mengandung zink yang tidak dapat dikontrol dalam penelitian ini sehingga menjadi keterbatasan dalam penelitian. Oleh karena itu, parameter lain diperlukan dalam penentuan status seng bersamaan dengan pemeriksaan kadar seng dalam rambut seperti analisis kadar seng dalam darah untuk menginterpretasikan kemungkinan terjadinya defisiensi seng.

Penelitian di China juga melakukan penelitian serupa terhadap anak usia 7-10 tahun, akan tetapi menunjukkan hasil berbeda bahwa kadar seng (Zn) dalam rambut berkaitan dengan IQ secara statistik ($r = 0,392$, $P < 0,01$). Perbedaan hasil ini mungkin dikarenakan metode yang digunakan berbeda, pada penelitian tersebut menggunakan metode *Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-R)* dimana skala ini lebih spesifik dalam menilai tingkat kecerdasan secara individual, serta didapatkan hasil status seng yang lebih bervariasi (normal dan defisiensi).²⁰

Rambut merupakan salah satu jalur utama ekskresi seng (Zn). Seng terakumulasi di dalam rambut dengan konsentrasi yang lebih besar daripada di dalam darah dan urin. Seng dalam rambut juga dapat memberikan informasi status gizi masa lalu karena apabila terjadi defisiensi seng maka akan mempengaruhi pertumbuhan rambut.³⁴ Rambut merupakan jaringan yang ideal untuk studi epidemiologi karena tidak menimbulkan rasa sakit, mudah disimpan, dan dianalisis.³⁷ Analisis kadar seng menggunakan rambut juga lebih stabil karena tidak banyak dipengaruhi oleh asupan makanan harian dan perubahan kadar seng terjadi dalam periode 3-6 bulan atau bahkan lebih.³⁸ Berbeda dengan analisis seng menggunakan darah yang mudah berubah menurut asupan makanan serta tergantung kondisi fisiologis masing-masing individu.³⁴

Tinggi rendahnya kadar seng rambut dapat dipengaruhi oleh pola makan jangka panjang, jenis kelamin, usia, pewarna rambut, shampoo, status

ekonomi, konsumsi obat-obatan, suplemen, kebiasaan merokok dan status lingkungan (makanan, udara, air, tanah).^{24,39} Faktor luar tersebut tidak semua diteliti sehingga hasil pengukuran kadar seng rambut kurang obyektif, hal ini dapat menjadi salah satu kekurangan dalam penelitian ini. Analisis logam lain yang mungkin ikut berpengaruh juga tidak dilakukan karena terbatasnya waktu dan biaya.

SIMPULAN

Semua subjek penelitian memiliki status seng normal dengan rata-rata kadar seng pada rambut $260,67 \pm 7,28$ ppm dan rata-rata skor IQ $90,67 \pm 1,57$ dengan mayoritas 32 subjek (48,7%) berada pada kategori *average*. Tidak terdapat hubungan antara status seng (Zn) dengan *Intelligence Quotient (IQ)* ($r = -0,118$; $p = 0,340$).

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. Rencana Aksi Nasional Pangan dan Gizi 2011-2015. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional. 2011. pp. 9-28.
2. Jalal F. Pengaruh Gizi dan Stimulasi Psikososial Terhadap Pembentukan Kecerdasan Anak Usia Dini : Agenda Pelayanan Tumbuh Kembang Anak Holistik-Integratif. 2009.
3. Boeree GC. Intelligence and IQ. Shippensburg University [serial online], 2003; [cited 2015 Jan 12]. Available from : <http://webspaceship.edu/cgboer/intelligence.html>.
4. Weiner IB dan Craighead WE. The Corsini Encyclopedia of Psychology. 4 ed. New Jersey : John Wiley & Sons. 2010.
5. Moseley D, Baumfield V, Elliott J, Gregson M, Higgins S, Miller J, et al. Frameworks for Thinking. New York : Cambridge University. 2005.
6. Packer L, Sies H, Eggersdorfer M, Cadenas E. Micronutrients and Brain Health. USA : Taylor and Francis; 2010. p. 99.
7. Carol B, Gaile M, Donna B, Jacqueline B. Wordlaw's Perspectives in Nutrition. 9th ed. 2012. p. 8-545.
8. Trojanowski P, Trojanowski J, Bokiniac M, Antonowi J, Trojanowska C. Zinc In Hair Of The Middle Pomerania Human Population (Poland). Institute Of Biology And Environmental Protection Pomeranian University, 2009. 49-65
9. Freaque HC, Sankavaram K. Zinc: Physiology, Dietary Sources, and Requirements. In: Encyclopedia of Human Nutrition, Vol 4. UK: Elsevier. 2013. p. 437-443.
10. Ma G, Li Y, Jin Y, Zhai F, Kok FJ, Yang X. Phytate Intake and Molar Ratios of Phytate to Zinc, Iron and Calcium in The Diets of People in China. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2007; 61: 368-374.
11. Rahayu S, Subagio HW, Rahfiludin MZ. Hubungan Tingkat Kecukupan Gizi, Asupan Tembaga, Serat dan Fitat Dengan Kadar Seng Serum Anak Sekolah Dasar Bertubuh Pendek di Karangawen Demak. *J Kes Masy Indonesia*. 2005; Vol 2, No.1.
12. Hess SY. Zinc: Deficiency Disorders and Prevention Programs. In: Encyclopedia of Human Nutrition, Vol 4. UK: Elsevier. 2013. p.431-436.
13. Stipanuk MH, Caudill MA. Biochemical, Physiological, and Molecular Aspects of Human Nutrition, 3rd ed. USA : Elsevier. 2013. p. 841-842.
14. Grider A. Chapter 37 : Zinc, Copper, and Manganese. In: Biochemical Physiological, and Molecular Aspects of Human Nutrition. USA : Elsevier. 2013. p. 828-848.
15. Gouille JP, Mahieu L, Castermant J, Neveu N, Bonneau L, Laine G, et al. Metal and Metalloid Multi-elementary ICP-MS Validation in Whole Blood, Plasma, Urine, and Hair. *Forensic Sci Int*, 2005; 153(1):39-44.
16. Frederickson CJ, Koh JY, Bush AL. The Neurobiology of Zinc in Health and Disease. *Nat Rev Neurosci*; 2005; 6: 449-462.
17. Martini FH, Nath JL, Bartholomew EF. Fundamentals of Anatomy and Physiology, Ed 9th. Canada : Pearson. 2012. p.449-450.
18. Levenson CW. Regulation of the NMDA Receptor : Implications for Neuropsychological Development. *Nutrition Reviews*, 2006; 64(9): 428-32.
19. Gewa CA, Weiss R, Bwibo N, Sigman M, Whaley S, Suzanne M, et al. Dietary Micronutrients are Associated with Higher Cognitive Function Gains Among Primary School Children in Rural Kenya. *The FASEB Journal*, 2008; 22:895-2.
20. Xuedong Y, et al. Relationship Between Contents of Microelement Zinc, Cuprum, and Lead in Hair with Children's Intelligence Quotient. *Journal of Mathematical Medicine*, 2006.
21. Umamaheswari K, Bhaskaran M, Krishnamurthy G, Hemamalini, Vasudevan K. Effect of Iron and Zinc Deficiency on Short Term Memory in Children. *Indian Pediatrics*, 2011; 48:289-293.
22. Mahan LK, Sylvia ES. Krause's Food and Nutrition Theraphy. 12th ed. Canada: Saunders Elsevier, 2008. p : 120-124.
23. Papalia DE, Olds SW, Feldman RD. Human Development (Psikologi Perkembangan) Bagian I s/d IV, Ed.IX. Jakarta: Penerbit Kencana. 2008. p.231-232
24. Yasar U, Ozyigit II. Use of Human as a Potential Biomonitor for Zinc in the Pendik District Istanbul Turkey. *Roumanian Society of Biological Sciences*, 2009;14(3):4477-84.
25. Nur'aeni. Tes Psikologi : Tes Inteligensi dan Tes Bakat. Purwokerto : UM & Pustaka Pelajar. 2012. p. 23-25.
26. Lehman DR, Chiu C, Schaller M. Psychology and Culture. *Annu. Rev. Psychol*, 2004; 55:689-714.
27. Wysocki BA, Cankardas A. A New Estimate of Polish Intelligence. *Journal of Educational Psychology*, 2006;48(8):525-533.

28. Ijaz S, Kazmi F, Nazir F. Culture as A Factor of Intelligence Among Secondary Level Students. *IOSR Journal of Research & Method in Education*, 2013; 1(4): 40-45.
 29. Ariani, Martianto, Baliwati. Gizi Sebagai Indikator Kerawanan Pangan. Jakarta: Pergizi-Pangan; 2006: 40
 30. Widajanti, Laksmi. Survey Konsumsi Gizi. Semarang: Bagian Gizi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro; 2007.
 31. Djoko K, Hardinsyah, Abas B, Ahmad S, Moesijanti S. Penyempurnaan Kecukupan Gizi Untuk Orang Indonesia. Jakarta: Widyakarya Nasional Pangan Dan Gizi X. 2012
 32. Arindha Rahmawati, Yekti Wirawanni. Perbedaan Kadar Seng (Zn) Rambut Berdasarkan Derajat Stunting pada Anak Usia 6-9 Tahun. Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang. *Journal of Nutrition College*, 2012. Vol.1, no.1. hal:12-25
 33. Wahyuni S, Benny Soegianto, dan Luki Mundiastuti. Validitas Tes Kecap Smith dalam Penentuan Status Seng Kualitatif pada Anak Sekolah dasar di SD An Najiyah, Kec. Wonocolo dan MI At Tauhid, Kec. Wonokromo, Kota Surabaya. Laporan Akhir Penelitian. Risbinkes. Akademi Gizi Surabaya, Dinkes Propinsi Jawa Timur. 2005.
 34. Hambidge M. Biomarker of Trace Mineral Intake and Status. *American Society for Nutritional Science*, 2003; p. 948-955
 35. Cutler AH. Hair Test Interpretation : Finding Hidden Toxicities. USA : Andrew Hall Cutler. 2004. p. 117-118.
 36. Jeejeebhoy KN. Zinc: An Essential Trace Element for Parenteral Nutrition. *Gastroenterology*, 2009;137(5):S7-12.
 37. Nnorom IC, Igwe JC, Ejimone JC. Multielement Analyses of Human Scalp Hair Samples from Three Distant Towns in Southeastern Nigeria. *African J Biotechnol*, 2005; 10:1124-1127
 38. Wang CT, Chang WT, Jeng LH, Liu LY. Concentrations of Calcium, Copper, Iron, Magnesium, and Zinc in Young Female Hair With Different Body Mass Indexes in Taiwan. *J Health Sci*, 2005; 51:70-4
 39. Schramm K-W. Hair Biomonitoring of Organic Pollutants. *Chemosphere*, 2008;72:1103-11.
-