

**PENGARUH SENAM OTAK
TERHADAP FUNGSI MEMORI JANGKA PENDEK
ANAK DARI KELUARGA STATUS EKONOMI RENDAH**

*THE EFFECT OF BRAIN GYM
TO THE SHORT TERM MEMORY FUNCTION OF
CHILDREN FROM LOW ECONOMIC STATUS FAMILY*



Tesis

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

Puji Leksono Putranto

**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER ILMU BIOMEDIK
DAN
PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS I
ILMU KESEHATAN ANAK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2009**

TESIS

PENGARUH SENAM OTAK TERHADAP FUNGSI MEMORI JANGKA PENDEK ANAK DARI KELUARGA STATUS EKONOMI RENDAH

disusun oleh

Puji Leksono Putranto
G4A002109

telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 14 Mei 2009
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

DR.Dr.Tjipta Bahtera, SpA(K)
NIP. 140 058 861

Pembimbing Kedua

Dr. Dani Rahmawati, SpS(K)
NIP. 140 242 931

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Ilmu Kesehatan Anak
Fakultas Kedokteran UNDIP

Dr. Alifiani Hikmah P, SpA(K)
NIP 140 214 483

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Biomedik
Program Pasca Sarjana UNDIP

DR. Dr. Winarto, SpPMK, SpM
NIP. 130 675 157

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. Saya juga menyatakan bahwa hasil penelitian ini menjadi milik Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro / RS Dr. Kariadi Semarang, dan setiap upaya publikasi hasil penelitian ini harus mendapat izin dari Ketua Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro / RS Dr. Kariadi Semarang.

Semarang, Mei 2009

Peneliti

Dr. Puji Leksono Putranto

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas

Nama : Puji Leksono Putranto
Tempat/tanggal lahir : Semarang, 13 Juni 1976
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Lamongan 4/6, Semarang 50233

B. Riwayat Pendidikan

1. SD Negeri Randusari II Semarang : Lulus tahun 1988
2. SMP Negeri 3 Semarang : Lulus tahun 1991
3. SMA Negeri 1 Semarang : Lulus tahun 1994
4. FK UNDIP Semarang : Lulus tahun 2001
5. PPDS-I Ilmu Kesehatan Anak UNDIP : 2003 – sekarang
6. Magister Ilmu Biomedik UNDIP : 2003 – sekarang

C. Riwayat Pekerjaan

1. Dokter jaga Klinik 24 jam Medika Puri di Semarang (Th. 2001-2003)

D. Riwayat Keluarga

1. Nama Orang Tua : Ayah: Prof. DR. Dr. Harsoyo Notoatmojo,
SpA(K), DTM&H
Ibu : Sri Mulyati
2. Nama Istri : Widiastuti Setiawan, AMd
3. Nama Adik : 1. Ratna Permata Hapsari, SPsi

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat serta ridlo-NYA, Laporan Penelitian dengan judul **“Pengaruh Senam Otak Terhadap Fungsi Memori Jangka Pendek Anak Dari Keluarga Status Ekonomi Rendah”** dapat diselesaikan, guna memenuhi sebagian syarat dalam mencapai derajat Strata 2 dan memperoleh keahlian dalam bidang Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.

Kami menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kami. Namun karena dorongan keluarga, bimbingan para guru serta bantuan dan kerjasama yang baik dari rekan-rekan maka tulisan ini dapat terwujud.

Banyak pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini, jadi tidaklah berlebihan apabila pada kesempatan ini kami menghaturkan terima kasih serta penghormatan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Prof. DR. Dr. Susilo Wibowo, MS. Med, SpAnd, Rektor Universitas Diponegoro Semarang beserta jajarannya, dan mantan Rektor Prof. Ir. Eko Budihardjo, MSc yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk menempuh PPDS-1 IKA FK UNDIP Semarang.
2. Direktur Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Prof. Drs. Y. Warella, MPA, PhD yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk menempuh Program Pasca Sarjana UNDIP Semarang.

3. Pengelola Program Studi Magister Ilmu Biomedik Program Pasca Sarjana UNDIP
DR. Dr. Winarto, SpMK, SpM(K), DR. Dr. Andrew Johan, MSi.Med, Dr. Neni Susilaningsih, MSi.Med. atas bimbingan dan sarannya.
4. Dr. Soejoto, PAK, SpKK(K), Dekan FK UNDIP beserta jajarannya, serta mantan Dekan Dr. Anggoro DB Sachro, SpA(K), DTM&H dan Prof. Dr. Kabulahman, SpKK, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti PPDS-1 IKA FK UNDIP.
5. Dr. Budi Riyanto, SpPD, MSc, Direktur Utama RSUP Dr. Kariadi Semarang beserta jajaran Direksi yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk menempuh PPDS-1 di Bagian IKA/SMF Kesehatan Anak di RSUP Dr. Kariadi Semarang.
6. Dr. Dwi Wastoro D, SpA(K), Ketua Bagian Ilmu Kesehatan Anak FK UNDIP/SMF Kesehatan Anak RSUP dr. Kariadi Semarang, serta mantan Ketua Bagian Ilmu Kesehatan Anak FK UNDIP/SMF Kesehatan Anak RSUP dr. Kariadi Semarang Dr. Budi Santosa, SpA(K) dan Dr. Kamilah Budhi R, SpA(K) yang telah memberi kesempatan serta bimbingan kepada penulis.
7. DR. Dr. Tjipta Bahtera, SpA(K), selaku pembimbing yang juga telah memberikan kesempatan, bimbingan serta arahan dengan sabar dan tulus dalam menyelesaikan tesis serta tugas ilmiah lainnya selama mengikuti PPDS-1.
8. Dr. Alifiani HP, SpA(K), Ketua Program Studi PPDS-1 IKA FK UNDIP, serta Dr. Hendriani Selina, MARS, SpA(K) selaku Direktur Keuangan RSUP Dr. Kariadi Semarang serta mantan Ketua Program Studi PPDS-1 IKA FK UNDIP.

Terima kasih serta penghargaan setinggi-tingginya atas kebijaksanaan, dorongan serta motivasi kepada penulis.

9. Dr. Dani Rahmawati, SpS sebagai pembimbing kedua, atas segala bimbingan serta arahan dengan bijaksana, sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
10. Terima kasih atas bimbingan serta arahan penulis ucapkan kepada Dr. Hardian dan Dr. M. Sakundarno Adi, MSc sebagai pembimbing metodologi dan statistik.
11. Prof. DR. Dr. Tjahjono, SpPA(K), FIAC, Prof. DR. Dr. Hertanto Wahyu Subagio, MS, SpGK, Prof. Dr. M. Sidhartani Z, MSc, Prof. DR. Dr. I. Riwanto, SpB, SpBD sebagai tim penguji. Terima kasih atas bimbingan serta kebijaksanaan dalam perbaikan dan penyelesaian Tesis ini.
12. Dr. J.C. Susanto, SpA(K), sebagai dosen wali yang terus mendorong penulis dan semua teman residen untuk menyelesaikan tugas dengan sebaik-baiknya.
13. Kepada para guru besar serta staf pengajar Bagian IKA Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro/RSUP dr. Kariadi Semarang : Prof. Dr. Moeljono S. Trastotenojo, SpA(K), Prof. DR. Dr. Hariyono, SpA(K), Prof. DR. Dr. Ag. Soemantri, SpA(K), SSi(Stat), Prof. DR. Dr. I. Sudigbia, SpA(K), Prof. DR. Dr. Lydia Kristanti K, SpA(K), Prof. DR. Dr. Harsoyo N, SpA(K), DTM&H, Prof. Dr. M. Sidhartani Z, MSc, Dr. Budi Santosa, SpA(K), DR. Dr. Tatty Ermin S, SpA(K), PhD, Dr. R. Rochmanadji W, SpA(K), MARS, DR. Dr. Tjipta Bahtera, SpA(K), Dr. Kamilah Budhi Rahardjani, SpA(K), Dr. Hendriani Selina, MARS, SpA(K), Dr. Moedrik Tamam, SpA(K), Dr. H. M. Sholeh Kosim, SpA(K), Dr. Bambang Sudarmanto, SpA(K), Dr. JC Susanto, SpA(K), Dr.

Rudy Susanto, SpA(K), Dr. I. Hartantyo, SpA(K), Dr. Herawati Juslam, SpA(K), Dr. Agus Priyatno, SpA(K), Dr. Dwi Wastoro D, SpA(K), Dr. Asri Purwanti, SpA(K), MPd, Dr. Alifiani HP, SpA(K), Dr. MM DEAH Hapsari, SpA(K), Dr. Mexitalia Setiawati, SpA(K), Dr. H. M. Herumuryawan, SpA, Dr. H. Gatot Irawan S, SpA, Dr. Anindita S, SpA, Dr. M. Supriatna, SpA, Dr. Wistiani, SpA, Dr. Omega Melyana, SpA, Dr. Fitri Hartanto, SpA, Dr. Ninung Rose Diana, SpA, Dr Yetti Movieta, SpA dan Dr. Nahwa Arkhaesi, SpA yang telah berperan besar dalam proses pendidikan penulis.

14. Angeli Yuwana, Psi, MBA dan para psikolog dari Lembaga Psikologi Terapan Ananda yang telah membantu dalam memeriksa fungsi memori para subyek penelitian serta membantu dalam pencarian pustaka.
15. Kepala Sekolah beserta para guru dan murid MI Nurul Fajar dan MI Muta'alimin yang telah bekerja sama dengan tulus ikhlas dalam proses penelitian.
16. Kepada seluruh teman sejawat peserta PPDS-1 IKA serta khususnya teman-teman angkatan Januari 2003, Dr.Gondo Purwadi,SpA, Dr.Christianus Wage,SpA, Dr.Qodri Santosa,SpA, Dr.Ninung Rose,SpA, Dr.Agustini Utari,SpA, Dr.Baginda PH, SpA, Dr. Robert Sutandio, SpA, dan Dr.Diapari AN, SpA terimakasih banyak atas bantuan serta kerjasamanya.
17. Kepada istri tercinta Widiastuti Setiawan, AMd, ayahanda Prof. DR. Dr. Harsoyo N, SpA(K), DTM&H serta ibunda Sri Mulyati serta adikku Ratna Permata H, SPsi, penulis ucapkan terima kasih tiada terhingga atas bantuan moril, materil, perhatian, dukungan, nasehat serta doa tulus yang penulis rasakan sejak memulai

pendidikan hingga sekarang. Semoga Allah SWT senantiasa memuliakan, memberi kebahagiaan serta keselamatan di dunia dan akhirat.

18. Mertuaku tercinta yang dengan penuh kasih sayang dan perhatian memberikan dorongan semangat, hormat dan bakti kami haturkan dengan tulus hati. Juga kepada adik Bachtiar Nugraha dan Satya Nugraha yang turut membantu dalam penelitian ini, penulis sampaikan terima kasih atas bantuannya.

Terima kasih juga penulis ucapkan kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini. Kiranya hanya Allah SWT membalas segala kebaikannya kepada penulis, Amin.

Tiada gading yang tak retak, penulis mohon kepada semua pihak untuk memberikan masukan serta sumbang saran untuk dapat meningkatkan kualitas dan memberikan bekal bagi penulis di masa yang akan datang.

Akhirnya, dari lubuk hati yang paling dalam penulis mohon maaf setulusnya kepada semua pihak atas segala kesalahan serta kekhilafan dalam bertutur kata maupun sikap yang mungkin kurang berkenan dalam berinteraksi selama kegiatan penelitian ini. Semoga Allah Arrahman dan Arrahim senantiasa melimpahkan rahmat, keberkatan serta ridlo-NYA kepada kita sekalian, Amin.

Semarang, Mei 2009

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Lembar Pernyataan.....	iii
Riwayat Hidup.....	iv
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Lampiran.....	xv
Abstrak.....	xvi
<i>Abstract</i>	xvii

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1. Tujuan Umum.....	5
1.3.2. Tujuan Khusus.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Orisinalitas Penelitian.....	7

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. MEMORI	8
2.1.1. Memori Jangka Pendek.....	10
2.1.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Memori.....	13
2.1.2.1. Umur.....	13
2.1.2.2. Genetik.....	17

2.1.2.3. Nutrisi.....	19
2.1.2.4. Hormon Tiroid.....	25
2.1.2.5. Stimulasi.....	26
2.1.2.6. Infeksi.....	28
2.1.2.7. <i>Brain Injury</i>	29
2.1.2.8. Epilepsi.....	29
2.1.2.9. Stres.....	30
2.1.2.10. Pengolahan Informasi.....	32
2.1.2.10.1. Jenis Informasi.....	32
2.1.2.10.2. Penggunaan Teknik Memori.....	33
2.1.2.10.3. Perhatian, Fokus dan Konsentrasi.....	34
2.2. SENAM OTAK.....	35
2.2.1. Peran Gerakan.....	39
2.2.2. Prinsip Gerakan Senam Otak	49
2.3. STATUS EKONOMI RENDAH	56
2.3.1. Pengaruh Status Ekonomi Rendah Pada Anak.....	59
2.5. Kerangka Teori.....	65
2.6. Kerangka Konsep.....	66
2.7. Hipotesis.....	66
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1. Ruang Lingkup Penelitian.....	69
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	69
3.3. Jenis dan Rancangan Penelitian.....	69
3.4. Populasi dan Sampel.....	70
3.4.1. Populasi Target.....	70
3.4.2. Populasi Terjangkau.....	70
3.4.3. Sampel Penelitian.....	70
3.4.4. Besar Sampel.....	71

3.4.5. Cara Sampling.....	72
3.5. Variabel Penelitian.....	72
3.5.1. Variabel Bebas.....	72
3.5.2. Variabel Terikat.....	72
3.5.3. Variabel Perancu.....	72
3.6. Definisi Operasional.....	73
3.7. Cara Pengumpulan Data.....	74
3.8. Alur Penelitian.....	75
3.9. Analisis Data.....	76
3.10. Etika Penelitian.....	76
BAB 4. HASIL PENELITIAN.....	77
BAB 5. PEMBAHASAN.....	89
BAB 6. SIMPULAN DAN SARAN.....	99
6.1. Simpulan.....	99
6.2. Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Berbagai penyakit genetik yang berhubungan dengan gangguan kognitif.....	19
Tabel 2. Karakteristik Subyek Penelitian.....	79
Tabel 3. Fungsi memori sebelum perlakuan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.....	80
Tabel 4. Fungsi memori pada kelompok perlakuan.....	81
Tabel 5. Fungsi memori pada kelompok kontrol.....	82
Tabel 6. Perbandingan selisih perubahan skor memori jangka pendek.....	82
Tabel 7. Analisis stratifikasi perbandingan selisih skor memori jangka pendek	83
Tabel 8. Perbandingan selisih perubahan skor memori jangka pendek kelompok perlakuan berdasar skor kemiskinan.....	86
Tabel 9. Nilai tes harian sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak.....	86
Tabel 10. Nilai tes harian kelompok kontrol.....	87
Tabel 11. Perbandingan selisih perubahan nilai harian.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme potensial latihan fisik dalam memodulasi plastisitas neuronal di hippocampus.....	46
gambar 2. Subyek dan alur penelitian.....	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Ethical Clearance dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan FK UNDIP

Lampiran 2: Persetujuan Mengikuti Penelitian

Lampiran 3: Foto kegiatan penelitian

Lampiran 4: Deskripsi Kriteria Penduduk Miskin BLT

Lampiran 5: Deskripsi Alat Ukur Stimulasi Kognitif HOME-SF

Lampiran 6: Deskripsi Alat Ukur Memori Jangka Pendek

Lampiran 7: Data dan analisisnya dengan SPSS 15

Lampiran 8: Contoh gerakan Senam Otak

ABSTRAK

Latar belakang

Memori jangka pendek berperan besar pada semua proses kognitif dan kecepatannya sehingga berpengaruh pula pada intelegensia dan performa akademis anak. Memori jangka pendek dipengaruhi oleh status ekonomi rendah, bahkan terdapat hubungan yang independen antara tingkat penghasilan keluarga dengan memori jangka pendek.

Senam otak adalah serangkaian gerak untuk menstimulasi otak dan terbukti dapat meningkatkan berbagai fungsi otak pada berbagai populasi tetapi belum ada penelitian pada populasi anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.

Tujuan

Membuktikan pengaruh Senam Otak terhadap memori jangka pendek pada anak dari keluarga status ekonomi rendah.

Metode penelitian

Disain: kuasi eksperimental. Subyek: anak umur 8-9 tahun dari keluarga status ekonomi rendah dengan 37 anak kelompok perlakuan dan 36 anak kelompok kontrol. Senam Otak dilakukan 3 kali seminggu selama 2 bulan antara Oktober s.d. November 2008. Memori jangka pendek diukur dengan *Digit Span* dan *Digit Symbol Coding* sebelum dan 1 hari sesudah perlakuan. Analisa statistik menggunakan, *Wilcoxon Signed – Rank test, independent t-test* dan *Mann-Whitney test*.

Hasil

Terdapat peningkatan bermakna skor *Digit Span* ($p=0,000$), subtes *Digit Backward* dan *Digit Forward* ($p=0,003$, $p=0,002$) serta skor *Digit Symbol Coding* ($p=0,000$) pada kelompok perlakuan. Sedangkan pada kelompok kontrol tidak terdapat peningkatan bermakna skor *Digit Span* ($p=0,470$) tetapi terdapat peningkatan bermakna skor *Digit Symbol Coding* ($p=0,000$). Untuk selisih perubahan skor didapatkan perbedaan bermakna antara kelompok perlakuan dan kontrol hanya pada subtes *Digit Backward* ($0,38 \pm 0,68$ dan $-0,22 \pm 0,80$, $p=0,002$).

Simpulan

Terdapat peningkatan yang bermakna fungsi memori jangka pendek setelah pelaksanaan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan pada anak dari keluarga status ekonomi rendah.

Kata kunci: Senam Otak, status ekonomi rendah, memori jangka pendek

ABSTRACT

Background

Short term memory has a big role in all cognitive process and its speed influence child's intelligence and academic performance. Short term memory and other cognitive functions are influenced by lower economic status & there is independent association between family income and short-term memory scores.

Brain gym is a movement series that stimulates brain and proved to be able to increase brain functions on varying population but there was no study in child from lower economic status population.

Objective

To prove Brain Gym influence on child's short term memory from lower economic status.

Method

Design: quasi-experimental. Subject: 73 children aged 8-9 years old from lower economic status family was included, 37 in the experimental group and 36 as control. The frequency was 3 times a week for 2 months (October-November 2008). Short-term memory was measured by *Digit Span* and *Digit Symbol Coding* tests before and 1 day after intervention. Analytical statistics used *Wilcoxon test*, *independent t-test* and *Mann-Whitney test*

Result

There was significant increase on intervention group's *Digit Span* ($p=0,000$), *Digit Backward* and *Forward* subtest ($p=0,003$ & $p=0,002$) and *Digit Symbol Coding* score ($p=0,000$). In control group, there was no significant increase on *Digit Span* ($p=0,470$) but there was significant difference in *Digit Symbol Coding* score ($p=0,000$). There was significant difference of delta score alteration between intervention and control group on *Digit Backward* subtest ($0,38 \pm 0,68$ and $-0,22 \pm 0,80$, $p=0,002$).

Conclusion

There was a significant increase in child's short-term memory function from lower economic status family after 2 months (3 times a week) Brain Gym.

Keyword: Brain Gym, low economic status, short term memory

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan kesehatan setiap anak merupakan hal penting yang merupakan tujuan nasional dalam bidang kesehatan. Perhatian kesehatan anak telah berubah fokusnya dari sebagian besar penyakit infeksi menjadi hal-hal yang mengganggu kesehatan secara keseluruhan termasuk emosional, psikologi dan masalah belajar. Perkembangan intelektual dan performa akademik anak telah menjadi perhatian karena implikasinya pada performa masa depan serta kualitas hidup individual dan dalam kehidupan sosial.¹

Performa akademis selain ditentukan fungsi afektif juga bergantung dari fungsi inteligensi anak. Inteligensia merupakan aplikasi dari aspek kognitif dan metakognitif pada proses belajar dan pemecahan masalah, sedangkan proses kognitif bergantung dari fungsi-fungsi otak seperti memori jangka pendek – jangka panjang, *encoding & practice*.² Selain itu fungsi kognitif di dalam *behavioral neurology* dibagi menjadi lima domain kognitif yaitu *attention, language, memory, visuospatial* dan *executive function*.³

Kecepatan proses kognitif diketahui bergantung dari derajat aktivasi memori jangka pendek.² Para ahli juga berpendapat adanya peran memori jangka pendek

dalam semua proses kognitif misalnya dalam memahami bahasa, mengerjakan tugas pemecahan masalah dan juga tugas operasi matematika.^{4,5,6}

Memori jangka pendek sering diukur dengan tes *Digit Span* yang merupakan bagian dari skala intelegensi Wechsler untuk anak (*Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised*, WISC-R). Komponennya berupa deretan angka maju (*Digit Forward*) maupun mundur (*Digit Backward*).⁷ Bila *Digit Span* biasanya dengan indra pendengaran, maka tes memori melalui indera visual dapat menggunakan tes *Corsi Block* ataupun tes performansi *Digit Symbol Coding*.^{7,8}

Perkembangan intelektual juga diketahui merupakan hasil dari sebuah interaksi kompleks antara lingkungan, sosial dan faktor genetik. Fungsi intelektual dan prestasi akademik yang rendah telah terbukti berhubungan dengan kondisi minoritas dan posisi sosioekonomi seperti penghasilan, pendidikan dan komposisi dalam rumah tangga.¹

Status ekonomi yang rendah dapat berpengaruh pada perkembangan otak melalui jalur nutrisi yang inadkuat, paparan logam berat, pendidikan dan kesehatan yang buruk, lingkungan tempat tinggal, kesempatan belajar, interaksi yang kurang hangat serta dapat menimbulkan tekanan mental yang berat sehingga mempengaruhi perkembangan kognitif anak. Efek kemiskinan terlihat nyata terutama pada jangka panjang dan jika dialami saat usia dini.^{9,10} Di India, dilaporkan bahwa kemiskinan berpengaruh pada beberapa fungsi kognitif anak seperti koordinasi visuomotor, memori jangka pendek dan pembentukan konsep.¹¹ Brooks-Gunn dan Duncan (1997) mengungkapkan anak dari keluarga status ekonomi rendah mempunyai skor 6-13

point lebih rendah pada tes IQ, kemampuan verbal dan prestasi sekolah di mana perbedaan tsb dipandang sangat besar dari bidang pendidikan.¹⁰ Bahkan Kramer (1995) dengan menggunakan data *The third National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES III) menemukan adanya hubungan yang independen antara tingkat penghasilan keluarga yang rendah dengan skor tes kognitif anak yang rendah termasuk di dalamnya skor tes memori jangka pendek.¹

Di Indonesia sendiri, menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia tahun 2003, terdapat 37,3 juta penduduk yang berada di bawah garis kemiskinan dari total penduduk seluruh Indonesia 216,948 juta (17,19%).¹² Di Jawa Tengah jumlah penduduk miskin pada tahun 2002 adalah 7,308 juta penduduk (23.06%). Di kota Semarang pada tahun yang sama terdapat 103,4 ribu penduduk miskin (7.1%)¹³

Senam Otak adalah serangkaian gerak sederhana yang menyenangkan dan digunakan oleh para murid di *Educational Kinesiology* (Edu-K) untuk meningkatkan kemampuan belajar mereka dengan menggunakan keseluruhan otak. Gerakan-gerakan ini membuat segala macam pelajaran menjadi lebih mudah dan terutama sangat bermanfaat bagi kemampuan akademik^{14,15}

Beberapa penelitian senam otak misalnya, Donczik (2001) melaporkan senam otak pada anak-anak disleksia meningkatkan kefasihan membaca, kecepatan pemahaman serta fungsi memori jangka pendek dan jangka panjang.¹⁶ Hannaford (1995) menggunakan Senam Otak pada murid pendidikan khusus dan terdapat peningkatan skor pada tes membaca, matematika, kepercayaan diri sendiri serta kemampuan fokus dalam mengerjakan tugas.¹⁷

Trahan (2004) menemukan peningkatan kemampuan membaca pada anak kelas 3 SD yang melakukan Senam Otak selama 9 minggu setiap hari yang diperiksa dengan *Star Reading Test*.¹⁸ Honegger (2004) menemukan peningkatan kemampuan menulis pada anak kelas 1 yang melakukan Senam Otak 3 kali seminggu selama 6 bulan.¹⁹

Sidiarto (2003) memberikan Senam Otak pada orang dewasa berumur 48-70 tahun sebanyak 2 kali seminggu selama 8 minggu. Ditemukan semua subjek mengalami kenaikan bermakna dalam lima tes kognitif termasuk di dalamnya yang mengukur fungsi memori jangka pendek.²⁰

Karena anak dari keluarga status ekonomi rendah mempunyai faktor-faktor lain yang berpengaruh pada perkembangan otaknya di mana hal tersebut tidak terdapat pada anak dengan status ekonomi menengah ke atas serta belum adanya penelitian yang membahas Senam Otak pada populasi anak dari keluarga status ekonomi rendah maka hal ini mendorong peneliti untuk melakukan penelitian ini.

1.2. Rumusan Masalah

Apakah Senam Otak dapat meningkatkan fungsi memori jangka pendek pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Membuktikan pengaruh Senam Otak terhadap fungsi memori jangka pendek pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Menganalisis perubahan tes *Digit Span* anak dari keluarga status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
2. Menganalisis perubahan subtes *Digit Forward* anak dari keluarga status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
3. Menganalisis perubahan skor subtes *Digit Backward* anak dari keluarga status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan 3 kali seminggu selama 2 bulan.
4. Menganalisis perubahan skor tes *Digit Symbol Coding* anak dari keluarga status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
5. Menganalisis perbedaan selisih skor tes *Digit Span* anak dari keluarga status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.

6. Menganalisis perbedaan selisih skor subtes *Digit Forward* anak dari keluarga status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
7. Menganalisis perbedaan selisih skor subtes *Digit Backward* anak dari keluarga status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
8. Menganalisis perbedaan selisih skor tes *Digit Symbol Coding* anak dari keluarga status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
9. Menganalisis perubahan pada performa akademis anak dari keluarga status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.

1.4. Manfaat Penelitian

- a. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kepustakaan tentang Senam Otak dan dapat menjadi titik tolak penelitian lebih lanjut.
- b. Bila penelitian ini terbukti kebenarannya, diharapkan dapat meningkatkan kualitas anak-anak Indonesia berupa peningkatan fungsi kognitif dan prestasi akademis terutama anak-anak dari keluarga status ekonomi rendah.
- c. Meningkatkan pengetahuan tentang manfaat gerakan Senam Otak khususnya keadaan memori jangka pendek pasca perlakuan Senam Otak.

1.5. Orisinalitas Penelitian

Penelitian ini membahas Senam Otak pada populasi anak dengan status ekonomi rendah yang tidak dijumpai sebelumnya. Beberapa penelitian terdahulu antara lain sebagai berikut:

No.	Judul	Desain penelitian	Hasil	Sumber Pustaka
1.	<i>Using Brain Gym® with hearing-impaired children in Flores, East Indonesia</i>	<i>Qualitative research design</i>	Peningkatan ketrampilan termasuk kemampuan membaca, menulis, matematika dan olah raga	Winkelmann (2001) ⁵⁸ Brain Gym Journal 2001;15:8-9
2.	<i>Brain exercise improves reading and memory</i>	Kuasi eksperimental	Peningkatan pada anak disleksia : 1.Kefasihan membaca 2.Kecepatan pemahaman 3.Memori kerja, jangka pendek dan jangka panjang	Donczik(2001) ¹⁶ Brain Gym Journal 2001;15:3,24-30
3.	<i>Pilot Study: first grade students improve their writing skills</i>	Kuasi eksperimental	Menemukan peningkatan kemampuan menulis pada anak kelas 1	Honegger (2004) ¹⁹ Brain Gym Journal 2004;18(1):3-5
4.	<i>The effect of Brain Gym® on cognitive performance of Alzheimer's patients</i>	Kuasi eksperimental	Perbaikan pada proses mengingat spontan dan penamaan barang keseharian	Drabben-Thieman (2001) ⁶³ Brain Gym Journal 2002. Available from:URL: http://www.braingym.org/alzheimers.html
5.	<i>The efficacy of specific patterns of movements and brain exercises on the cognitive performance of healthy senior citizen in Jakarta</i>	<i>One group pre-post test design</i>	kenaikan bermakna dalam lima tes kognitif	Sidiarto (2003) ²⁰ Med J Indones 2003; 12(3):155-61

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. MEMORI

Memori (daya ingat) adalah kemampuan individu untuk menyimpan informasi dan informasi tersebut dapat dipanggil kembali untuk dapat dipergunakan beberapa waktu kemudian.⁶

Memori merupakan unsur inti dari perkembangan kognitif, sebab segala bentuk belajar dari individu melibatkan memori. Dengan memori, individu dimungkinkan untuk dapat menyimpan informasi yang ia terima sepanjang waktu. Tanpa memori, individu mustahil dapat merefleksikan dirinya sendiri, karena pemahaman diri sangat tergantung pada suatu kesadaran yang berkesinambungan, yang hanya dapat terlaksana dengan adanya memori.²¹

Proses ingat dan lupa (*remembering and forgetting*) tidak terlepas dari proses belajar dan mengingat (*learning and memory*). Kedua proses ini tidak dapat dipisahkan dan merupakan kunci keberhasilan dalam proses kehidupan. Orang yang dapat mengingat dengan baik umumnya mempunyai kemampuan belajar yang baik pula.³

Memori merupakan bagian dari fungsi kognitif. Fungsi kognitif meliputi beberapa fungsi antara lain:⁶

- 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.

Dalam *behavioral neurology*, ilmu hubungan antara struktur otak dan perilaku manusia terdapat konsep lain yang mencakup lima domain kognitif, yaitu:³

- a. *attention* (perhatian)
- b. *language* (bahasa)
- c. *memory* (daya ingat)
- d. *visuospatial* (pengenalan ruang)
- e. *executive function* (fungsi eksekutif: fungsi perencanaan, pengorganisasian dan pelaksanaan)

Seseorang yang ingin mengingat informasi yang diterimanya harus melalui tiga tahap proses mengingat, yaitu:^{3,6}

1. belajar (*learning*) sebagai tahap pertama proses mengingat berupa *encoding*, penyandian atau mencatat informasi.
2. retensi (*retention*) sebagai tahap kedua proses mengingat untuk menyimpan informasi (*storage*) yang telah diperoleh.

3. retrieval (*retrieval*) sebagai tahap ketiga proses mengingat untuk mencari kembali informasi yang telah disimpan (*decoding*).

Secara psikologis model penyimpanan memori berkaitan dengan rentang waktu memori yang dapat dipertahankan dan terbagi dalam 3 golongan:⁶

- a. memori sensori (*sensory memory*)
- b. memori jangka pendek (*short term memory*, STM)
- c. memori jangka panjang (*long term memory*, LTM)

2.1.1. Memori jangka pendek

Memori jangka pendek merupakan penyimpanan sementara peristiwa atau *item* yang diterima dalam waktu sekejap, yakni kurang dari beberapa menit, biasanya malah lebih pendek (beberapa detik). Memori jangka pendek tidak permanen, penyimpanannya akan terhapus dalam waktu pendek, kecuali kalau diupayakan secara khusus, seperti mengulang-ulangnya.^{3,6}

Memori jangka pendek dicirikan oleh ingatan mengenai 5 sampai 10 *item* (7 ± 2 *item*) selama beberapa detik sampai beberapa menit.⁶ Dalam kepustakaan lain disebutkan bahwa memori jangka pendek menyimpan informasi selama 15 hingga 30 detik, dengan asumsi tidak ada latihan atau pengulangan. Memori jangka pendek ini sering diukur dalam rentang memori (*memory span*) yaitu jumlah item yang dapat diulang kembali dengan tepat sesudah satu penyajian tunggal. Materi yang dipakai merupakan rangkaian urutan yang tidak berhubungan satu sama lain, berupa angka, huruf atau simbol. Tes rentang memori pada umumnya dimasukkan ke dalam tes

intelegensi yang dibakukan item-itemnya. Dengan menggunakan tes ini, terbukti bahwa rentang memori meningkat bersamaan dengan tumbuhnya anak menjadi lebih besar.²¹

Ketika menggunakan angka maka disebut tes *Digit Span*. Lebih sulit lagi bila menggunakan repetisi terbalik dan membutuhkan lebih banyak proses disamping pengingatan segera. Individu dengan *memory span* yang lebih besar dapat mengingat berbagai stimulus yang lebih banyak dan memberi keuntungan dalam berbagai macam tugas kognitif.²² Rentang memori merupakan subtes dari tes intelegensi⁷ dan berhubungan dengan performa pada tes inteligensi, performa ketrampilan membaca, pemecahan masalah dan berbagai tes kognitif lainnya.²²

Tes *Digit Span* merupakan bagian dari skala intelegensi Wechsler untuk anak (*Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised*, WISC-R). Sederetan angka diucapkan oleh penguji dengan kecepatan satu angka per detik, dan segera sesudahnya, anak diminta untuk mengingat dan mengulang deretan angka tersebut baik maju (*Digit Forward*) maupun mundur (*Digit Backward*).^{7,8}

Bila *Digit Span* biasanya dengan indra pendengaran, maka tes memori melalui indera visual dapat menggunakan tes *Corsi Block* ataupun tes performansi *Digit Symbol Coding*. *Corsi Block* merupakan versi visual uji *Digit Span Forward*. Terdapat papan di dalamnya ada sembilan balok dengan pola yang acak. Tiap percobaan, penguji menunjuk pada balok dalam urutan yang terus meningkat dan segera sesudahnya anak diminta menunjuk pada balok yang sama dengan urutan yang sama pula. Tes *Digit Symbol Coding* juga termasuk dalam WISC-R, selain mengukur

ingatan jangka pendek, juga mengukur kecepatan dan koordinasi visual motorik dan kemampuan mempelajari materi visual yang baru.^{7,8} Dari penelitian sebelumnya ditunjukkan tes-tes memori di atas mempunyai nilai reliabilitas yang tinggi ($> 0,70$).⁸

Memori jangka pendek memiliki peranan penting dalam pikiran sadar. Jika secara sadar kita mencoba memecahkan suatu masalah, kita sering menggunakan memori jangka pendek sebagai ruang kerja mental dan menggunakannya untuk menyimpan bagian-bagian masalah serta informasi yang diambil dari memori jangka panjang yang relevan dengan masalah. Untuk mengilustrasikannya, pada saat mengalikan 35 dan 8 dalam pikiran, dibutuhkan memori jangka pendek untuk menyimpan angka yang dimaksud (35 dan 8), sifat operasi yang diperlukan (perkalian) dan fakta aritmatika seperti $8 \times 5 = 40$ dan $3 \times 8 = 24$. Riset lain menyatakan bahwa memori jangka pendek digunakan bukan hanya dalam masalah numerik tetapi juga dalam seluruh masalah kompleks yang sering dihadapi termasuk dalam kegiatan berbahasa. Karena alasan ini, memori jangka pendek sering disebut sebagai memori kerja (*working memory*) dan mengkonseptualisasikannya sebagai semacam papan tulis di mana pikiran melakukan perhitungan dan menuliskan hasil parsialnya untuk digunakan kemudian.⁶

Memori jangka pendek selain memiliki dua fungsi penting yaitu menyimpan material yang diperlukan untuk periode waktu yang pendek dan berperan sebagai ruang kerja untuk perhitungan mental, kemungkinan fungsi lain adalah bahwa memori jangka pendek merupakan stasiun perhentian ke memori jangka panjang. Artinya, informasi mungkin berada di memori jangka pendek sementara ia sedang

disandikan menjadi memori jangka panjang. Salah satu teori yang membahas transfer dari memori jangka pendek menjadi memori jangka panjang dinamakan *dual memory model*. Model ini berpendapat bahwa jika informasi memasuki memori jangka pendek, ia dapat dipertahankan dengan pengulangan atau hilang karena penggeseran atau peluruhan.⁶

2.1.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Memori

2.1.2.1. Umur

Dengan menggunakan tes *memory span*, terbukti bahwa rentang memori meningkat bersamaan dengan tumbuhnya anak menjadi lebih besar. Rentang memori anak meningkat dari sekitar 2 digit pada usia 2 hingga 3 tahun dan sampai sekitar 5 digit pada usia 7 tahun. Tetapi antara usia 7 hingga 13 tahun, rentang memori hanya meningkat 1,5 digit.²¹

Bila dibandingkan dengan anak-anak yang lebih besar atau dengan orang dewasa, anak yang lebih kecil lebih mungkin untuk menyimpan materi berupa visual dalam ingatan jangka pendeknya. Ditemukan bahwa anak usia 5 tahun akan mengalami kesulitan mengulang kembali serangkaian gambar-gambar yang sama dari objek-objek secara visual dibandingkan dengan serangkaian dari gambar-gambar yang tidak sama. Akan tetapi, anak usia 10 tahun tidak mengalami kesulitan dengan objek-objek yang digambarkan sama secara visual. Anak yang lebih tua akan melakukan pengulangan secara verbal untuk menyimpan item-item dalam ingatan jangka pendek, sehingga visual yang muncul tidak relevan.²¹

Terjadi perbedaan-perbedaan dalam rentang memori karena perbedaan usia salah satunya disebabkan karena anak-anak yang lebih tua lebih banyak mengulang angka-angka daripada anak-anak yang lebih muda. Kecepatan dan efisiensi pemrosesan informasi juga berperan, terutama kecepatan dalam item-item ingatan yang bisa diidentifikasi. Kecepatan pengulangan merupakan peramal yang sangat akurat bagi rentang memori. Bahkan bila kecepatan pengulangan dikendalikan, rentang memori anak usia 6 tahun sama dengan rentang memori orang dewasa muda.²¹

Seiring dengan masuknya anak ke sekolah dasar, maka kemampuan kognitifnya turut mengalami perkembangan yang pesat. Karena dengan masuk sekolah, berarti dunia dan minat anak bertambah luas dan dengan meluasnya minat maka bertambah pula pengertian tentang manusia dan objek-objek yang sebelumnya kurang berarti bagi anak. Dalam keadaan normal, pikiran anak usia sekolah berkembang secara berangsur-angsur. Kalau pada masa sebelumnya daya pikir anak masih bersifat imajinatif dan egosentris, maka pada usia sekolah dasar ini daya pikir anak berkembang ke arah berpikir konkrit, rasional dan objektif. Daya ingatnya menjadi kuat, sehingga anak benar-benar berada dalam suatu stadium belajar.²¹

Dalam konteks ini, sangat penting untuk memahami plastisitas otak. Neuroplastisitas mengacu pada perubahan-perubahan struktural dan fungsional pada otak yang disebabkan oleh latihan dan pengalaman. Plastisitas otak menjadi maksimal pada beberapa tahun pertama kehidupan, namun berlanjut dengan kecepatan yang lebih lambat seumur hidup. Plastisitas ini lebih tinggi pada beberapa bagian otak bila

dibandingkan dengan bagian otak yang lain, dan lebih tinggi pada periode-periode waktu tertentu dalam kehidupan dibanding periode yang lain.²³

Para pendukung intervensi dini selalu mengemukakan pentingnya 3 tahun pertama kehidupan dan periode-periode kritis pada kehidupan anak. Pengalaman-pengalaman sensorik, stimulasi dan pajanan bahasa selama periode ini dapat menentukan sinaptogenesis, mielinisasi, dan hubungan sinaptik. Prinsip-prinsip “*use it or lose it*” dan “*use it and grow it*” merupakan dasar prinsip-prinsip plastisitas otak. Ketika sel-sel aktif bersama-sama maka sinaps-sinaps akan diperkuat dan dipertahankan. Penguatan dan pemeliharaan neuron-neuron ini sangat bergantung pada aktivitas. Neuron-neuron dan sinaps-sinaps yang teraktivasi berulang-ulang akan dipertahankan sedangkan yang tidak teraktivasi akan dipangkas. Teori ini didukung oleh fenomena *long term potentiation* (LTP). Pada percobaan LTP, stimulasi frekuensi tinggi yang padat dalam waktu singkat meningkatkan respon neuron-neuron post sinaptik dan presinaptik. Penguatan ini dapat bertahan hingga berminggu-minggu, bergantung pada jumlah, durasi, frekuensi, dan intensitas stimulasi penginduksinya. Terjadinya aktivitas neuron-neuron prasinaptik dan postsinaptik secara bersama-sama sangat penting untuk LTP. Penelitian tentang LTP menunjukkan bahwa fasilitasi sinaptik mampu menyimpan pengalaman-pengalaman untuk jangka waktu yang relatif lama.²³

Kita mengetahui bahwa perkembangan otak terjadi secara berurutan dan teratur. Neurogenesis diikuti oleh proliferasi, migrasi, agregasi neuron, kemudian diikuti oleh pertumbuhan akson dan pembentukan sinaps. Sebagian besar dari

aktivitas-aktivitas ini terjadi pada periode antenatal. Setelah lahir, sinaptogenesis dan mielinisasi berlanjut dengan cepat hingga akhir tahun kedua. Sesudahnya, proses-proses neurogenesis, sinaptogenesis dan mielinisasi berkurang banyak, namun tetap dapat berlanjut dengan kecepatan yang lebih lambat seumur hidup. Sebagian besar perubahan-perubahan postnatal pada neuron melibatkan peningkatan ukuran, volume, timbulnya proses-proses dan terbentuknya hubungan sinaps yang matang.²³

Kemajuan tehnik pencitraan saraf fungsional telah memungkinkan penelitian metabolisme energi secara non invasif pada otak yang sedang berkembang. Utilisasi glukosa serebral dapat diukur pada berbagai tahap perkembangan dan berhubungan dengan maturasi behavioral, sinaptogenesis, plastisitas dan fenomena neuromaturasional yang lain.²⁴

Pada saat lahir, *local cerebral metabolic rates of glucose utilization (LCMRglc)* sekitar 30% lebih rendah dibandingkan dewasa. Kemudian antara lahir dan 3-4 tahun, korteks serebral menunjukkan peningkatan dramatis LCMRglc hingga dua kali lipat dewasa. Antara umur 4 hingga 9-10 tahun, LCMRglc korteks serebral berada dalam kondisi plateau tinggi hingga lebih dari dua kali dewasa. Selain itu, rerata penggunaan oksigen serebral 1,3 kali lebih tinggi dibandingkan dewasa. Pada umur 9-10 tahun, LCMRglc korteks serebral mulai menurun dan secara gradual mencapai nilai dewasa pada 16-18 tahun. Perlu dicatat bahwa semua regio korteks serebral menunjukkan perubahan yang sama pada LCMRglc. Perjalanan waktu berbeda hanya untuk basal ganglia dan thalamus, sedangkan batang otak tidak menunjukkan perubahan ontogenik dengan pengukuran metabolisme glukosa.²⁴

Ontogeni metabolisme glukosa serebral tsb tampaknya mempunyai implikasi mendalam pada penelitian perkembangan otak manusia, plastisitas dan kemungkinan psikopatologi anak. Sebuah hipotesis dikemukakan bahwa pada umur sekitar 10 tahun saat LCMRglc korteks serebral mulai menurun, perkembangan plastisitas otak juga mulai berkurang pada anak. Dicontohkan pada anak dengan lingkungan bahasa yang kurang sejak lahir, masih dapat memperoleh kemampuan berbahasa yang cukup baik hanya bila diberikan terapi wicara intensif sebelum umur 10 tahun.²⁴

2.1.2.2. Genetik

Karakteristik molekular gangguan gen tunggal atau abnormalitas kromosomal yang menghasilkan abnormalitas kognitif dan varian genetik yang bertanggung jawab terhadap variasi dalam kemampuan intelektual diharapkan dapat memberi wawasan terhadap proses biologi fungsi kognitif manusia, walaupun sampai saat ini harapan tersebut belum dapat terealisasi dengan sempurna. Kesuksesan dalam menemukan mutasi yang menyebabkan retardasi mental belum dapat diimbangi dengan pengertian bagaimana gen-gen tsb mempengaruhi kognitif. Bagaimanapun, mutasi genetik dengan fenotip kognitif dan perilaku mempunyai efek spesifik pada sistem yang berbeda-beda tetapi hubungannya belum diketahui. Tabel 1 memperlihatkan beberapa penyakit genetik yang berhubungan dengan gangguan kognitif.²⁵

Para peneliti dari NIH (*National Institutes of Health*, Amerika Serikat) menemukan bahwa orang dengan gen “met” BDNF (*brain derived neurotrophic factor*) mempunyai nilai yang lebih buruk pada tes memori episodik. Selain itu orang dengan

gen tsb menunjukkan aktivasi hippocampus yang berbeda dari orang yang normal dan mempunyai kesehatan syaraf yang lebih buruk dari orang normal. Diberi nama “met” karena terdapat sekuens asam amino metionin pada lokasi di mana biasanya terdapat valine pada gen BDNF orang pada umumnya. Pencitraan MRI digunakan untuk mengukur tingkat marker N-asetil-aspartat (NAA) didalam neuron yang menunjukkan kesehatan sel dan berlimpahnya sinaps. Subyek dengan 1 kopi “met” BDNF mempunyai jumlah marker yang lebih sedikit dibandingkan dengan individu dengan 2 salinan “val”. Analisis menunjukkan bahwa tingkat NAA menurun bersamaan dengan meningkatnya jumlah metionin, menunjukkan kemungkinan adanya efek dosis.²⁶

Dalam penelitian lain, Tang dkk (1999) menemukan ekspresi berlebihan reseptor 2B NMDA (NR2B) pada *forebrain* tikus transgenik. Tikus-tikus tsb menunjukkan superioritas dalam proses belajar dan mengingat pada berbagai tugas.²⁷

Tabel 1. Berbagai penyakit genetik yang berhubungan dengan gangguan kognitif²⁵

Kategori	Penyakit	Abnormalitas	Lokasi	Produk gen	Fungsi
Demensia	Huntington	Gen tunggal	4p	Huntingtin	Tidak diketahui
	Alzheimer	Gen tunggal	21q	Protein prekursor amiloid	Komponen amiloid
MR non spesifik	Alzheimer	Gen tunggal	14q	Presenelin 1	<i>APP trafficking</i>
	Alzheimer	Gen tunggal	1q	Presenilin 2	<i>APP trafficking</i>
	Pick	Mutasi gen tunggal	17q	Tau	Protein mikrotubulus
	XLMR	Gen tunggal	Xq	GDII	Sinyal Rho GTPase
	XLMR	Gen tunggal	Xq	PAK3	Sinyal Rho GTPase
	XLMR	Gen tunggal	Xq	Oligophrenin	Sinyal Rho GTPase
	XLMR	Gen tunggal	Xq	FMR2	Tidak diketahui
	XLMR	Gen tunggal	Xq	FMR1	Tidak diketahui
MR sindromik (mutasi dalam gen tunggal)	Fragile X	Mutasi gen tunggal	Xq	FMR1	Tidak diketahui
	Sindrom ATRX	Gen tunggal	Xq	ATRX	Regulator transkripsi
	Duchenne muscular distrofi	Mutasi gen tunggal	Xp	Distrofin	Komponen sitoskeletal
MR sindromik (aneusomi Segmental)	OpitzG/BBB	Gen tunggal	Xq	MIDI	Regulator transkripsi
	Rubenstein-Taybi	Mutasi gen tunggal	16p	CBP	Koaktivator transkripsi
	Williams	Monosomi segmental	7q	LIM2 kinase	Formasi sinaps
	Turner	Monosomi segmental	X	Multipel gen?	Tidak diketahui
	Prader-Willy	Segmental monosomi	15q	Multipel gen?	Tidak diketahui
	Angelman	Mutasi gen tunggal	15q	UBE3A	<i>Ubiquitin mediated protein degradation</i>
	DiGeorge	Monosomi segmental	22q	Multipel gen?	Regulator transkripsi?
	Down	Trisomi segmental	21q	Otak mini?	
Penyakit kompleks	Disleksia	Quantitative trait locus	6p	Tidak diketahui	

ATRX = *α thalassaemia mental retardation X-linked syndrome*; MR=*mental retardation*;
 XLMR = *X-linked mental retardation*

2.1.2.3. Nutrisi

Kecukupan zat gizi pada anak merupakan prasyarat yang sangat penting dalam perkembangan anak termasuk di dalamnya perkembangan otak. Zat gizi yang dibutuhkan untuk perkembangan otak bukan hanya zat gizi makro tetapi juga zat gizi mikro. Anak yang mengalami kurang nutrisi terutama selama periode kritis

pertumbuhan otak akan mempunyai nilai yang lebih rendah pada tes perbendaharaan kata, pemahaman bacaan, aritmetika dan pengetahuan umum serta mengalami gangguan perkembangan motorik.^{9,28}

Kurang nutrisi pada masa bayi dan anak dini mempunyai efek yang merugikan pada perkembangan kognitif dan tingkah laku anak melalui mekanisme yang belum dimengerti sepenuhnya.²⁹

Selain itu kekurangan nutrisi dapat dialami baik saat prenatal maupun pasca natal. Nutrisi yang inadkuat pada ibu hamil dapat menyebabkan hambatan pertumbuhan otak dalam janin serta akan lahir bayi dengan berat lahir rendah. Cacat fisik, pengulangan kelas dan gangguan belajar lebih sering pada anak dengan berat lahir rendah begitu juga dengan tingkat intelegensi serta nilai matematika dan bahasa.³⁰

Kekurangan gizi selama periode pasca natal dini menghasilkan perlambatan bermakna dari laju pertumbuhan sistem saraf pusat, dengan berat otak yang lebih rendah, korteks serebri yang lebih tipis, jumlah neuron yang lebih sedikit, kurangnya mielinisasi, percabangan dendrit dan lain sebagainya.³¹

Gangguan gizi pada anak dapat mempengaruhi perkembangan baik fisik maupun mentalnya. Anak yang menderita gangguan gizi berat memperlihatkan tanda-tanda apati, kurang menunjukkan perhatian terhadap sekitar dan lambat bereaksi terhadap suatu rangsangan. Umumnya anak yang menderita gangguan gizi membutuhkan lebih banyak waktu untuk belajar dibandingkan anak normal. Anak-

anak ini juga lebih mudah mendapat infeksi sekunder akut atau kronik maupun anemia.³²

Diperkirakan 10 % dari total seng berada di otak dan berada pada neuron di hipokampus yaitu menempati lumen vesikel sinaps yang berisi glutamat. Seng ikut berperan dalam neuromodulator pada glutaminergik sinaps. Telah diteliti bahwa bila terjadi defisiensi seng maka akan terjadi gangguan terhadap penghantaran stimulus yang diterima oleh akson dan badan neuron sehingga dapat terjadi gangguan memori.³³

Defisiensi besi merupakan gangguan zat gizi mikro yang paling banyak dijumpai, terutama wanita usia subur dan anak usia pra-sekolah. Apabila tidak diperbaiki, dapat terjadi anemia yang menyebabkan menurunnya kemampuan belajar dan meningkatkan risiko terjadinya infeksi.²⁸

Bayi dengan Hb kurang dari 150 g/L secara signifikan mempunyai skor perkembangan motorik yang lebih rendah, sedangkan bayi dengan Hb kurang dari 100 g/L mempunyai skor perkembangan mental dan motorik yang lebih rendah. Dilaporkan bahwa bayi dengan anemia yang berkepanjangan mengalami perkembangan yang lebih buruk dibandingkan yang hanya mengalami anemia untuk periode waktu yang singkat.³⁴

Anemia tidak hanya berhubungan dengan buruknya perkembangan saat itu, tetapi beberapa penelitian juga menunjukkan buruknya perkembangan di masa depan anak. Anak yang anemi saat bayi, mempunyai tingkat perkembangan mental yang lebih buruk beberapa tahun kemudian, bahkan ketika defisiensi besinya telah diobati.

Anak yang dulunya anemi antara umur 12-23 bulan, dapat mempunyai skor yang lebih rendah dibandingkan kontrol pada hampir semua tes motorik dan kognitif.³⁴ Begitu pula Lozoff (2000) menyatakan bila di masa bayi mengalami defisiensi besi yang berat dan kronis akan tetap berisiko mengalami gangguan perkembangan dan perilaku lebih dari 10 tahun setelah pengobatan besi.³⁵

Kordas dkk (2004) menemukan anemia berhubungan dengan performa 2 tes kognitif. Anak dengan Hb < 124 g/L mempunyai skor kognitif *Number Sequencing* lebih buruk dibanding anak dengan konsentrasi Hb lebih tinggi. Anak dalam kelompok anemi juga cenderung melakukan kesalahan dibandingkan anak nonanemik. Kedua, kelompok anemi cenderung memberikan jawaban benar yang lebih sedikit dibandingkan kelompok non anemik pada tes *Letter Sequencing*.³⁶

Kekurangan yodium pada bayi dan anak-anak dapat pula menyebabkan timbulnya kemunduran mental, terlambatnya perkembangan motorik, gangguan otot dan saraf, gangguan bicara, pendengaran serta pertumbuhan yang terhambat. Defisiensi yodium juga merupakan faktor penting timbulnya kerusakan otak dan mental di dunia.²⁸

Penilaian status gizi secara langsung dapat dibagi menjadi empat penilaian yaitu: antropometri, klinis, biokimia dan biofisik. Secara umum antropometri artinya ukuran tubuh manusia. Ditinjau dari sudut pandang gizi, maka antropometri gizi berhubungan dengan berbagai macam pengukuran dimensi tubuh dan komposisi tubuh dari berbagai tingkat umur dan tingkat gizi. Antropometri secara umum digunakan untuk melihat ketidakseimbangan asupan protein dan energi.

Ketidakseimbangan ini terlihat pada pola pertumbuhan fisik dan proporsi jaringan tubuh seperti lemak, otot dan jumlah air dalam tubuh.³⁷

Parameter antropometri merupakan dasar dari penilaian status gizi. Kombinasi antara beberapa parameter disebut indeks antropometri. Beberapa indeks antropometri yang sering digunakan adalah berat badan menurut umur, tinggi badan menurut umur dan berat badan menurut tinggi badan. Saran yang diajukan pada Semiloka Antropometri Ciloto, Februari 1991 adalah penggunaan secara seragam di Indonesia baku rujukan WHO-NCHS sebagai pembanding dalam penilaian status gizi dan pertumbuhan. Data baku rujukan WHO-NCHS disajikan dalam persentil dan skor simpang baku (*Z score*).³⁷

Mendez & Adair (1999) menemukan anak yang berperawakan pendek pada saat umur 2 tahun mempunyai skor kognitif yang lebih rendah dibandingkan kontrol yang diukur pada saat umur 8 dan 11 tahun. Ditemukan pula hubungan dosis-respon antara keparahan perawakan pendek dengan skor kognitif, di mana pada umur 8 tahun dengan riwayat perawakan pendek dini yang berat mempunyai skor kognitif 2 kali lebih buruk dibandingkan anak dengan perawakan pendek sedang pada masa anak dini (0,61 dibanding 0,25 SD dibawah rerata anak non perawakan pendek). Selain itu juga ditemukan *timing* perawakan pendek berhubungan dengan skor kognitif, di mana juga terdapat efek dosis-respons. Skor kognitif pada anak dengan perawakan pendek pada umur 6 bulan adalah 0,60 SD lebih rendah dibanding anak yang tidak pernah pendek pada umur 8 tahun dan 0,47 SD lebih rendah pada umur 11 tahun, sedangkan

anak yang berperawakan pendek pada umur 18-24 bulan mempunyai skor 0,19 SD pada umur 8 tahun dan 0.08 SD di bawah kontrol pada umur 11 tahun.²⁹

Anak dengan perawakan pendek persisten mempunyai skor kognitif yang lebih rendah dibandingkan anak yang tidak pernah pendek dan juga anak dengan pertumbuhan *catch-up*. Anak dengan pertumbuhan *catch-up* juga mempunyai skor kognitif lebih rendah dibandingkan anak yang tidak pernah pendek walaupun defisitnya lebih moderat.²⁹

Kordas (2004) dalam penelitiannya pada anak kelas satu sekolah dasar menemukan skor simpang baku tinggi badan menurut umur (*height for age z score*, HAZ) juga berasosiasi dengan skor kognitif PPVT (*Peabody Picture Vocabulary Test*) dalam tren linear, tetapi hubungan antara HAZ dengan tes *Letter Sequencing* tidak signifikan. Selain itu ditemukan lingkaran kepala berasosiasi dengan skor kognitif PPVT dan *Number Sequencing*. Anak dengan lingkaran kepala < 50 cm mempunyai performa lebih buruk pada 2 tes tsb dibandingkan anak dengan lingkaran kepala > 52 cm.³⁶

Di Bangladesh, Tarleton dkk (2006) menemukan anak dengan HAZ < -2 mempunyai skor kognitif *colored progressive matrices* dan tes *verbal definition* yang lebih rendah. Asosiasi ini terlihat semakin kuat saat skor HAZ diukur sebagai variabel kontinyu. Serupa dengan hal tsb, skor WAZ yang lebih rendah menunjukkan hubungan yang bermakna dengan skor CPM & *verbal definition* yang lebih rendah pula.³⁸

2.1.2.4. Hormon Tiroid

Hormon tiroid sangat penting untuk tumbuh kembang otak yang normal. Defisit atau kelebihan hormon tiroid selama perkembangan dapat berefek buruk pada fungsi neurologi saat beranjak dewasa nantinya. Bahkan perubahan kecil kadar hormon tiroid yang bersirkulasi di dalam ibu hamil dapat mempengaruhi keluaran neurologik anak.³⁹

Zoeller (2002) menemukan rerata skala IQ pada 651 bayi dengan hipotiroidisme kongenital adalah 76. Persentasi bayi hipotiroidisme kongenital dengan IQ di atas 85 adalah 78% bila terdiagnosa dalam 3 bulan kehidupan, 19% bila diagnosa dibuat antara 3-6 bulan, serta 0% bila diagnosa tegak setelah umur 7 bulan.³⁹

Sekarang secara umum diterima bahwa tidak terdapat periode kritis yang tunggal dari aksi hormon tiroid pada perkembangan otak, baik manusia atau binatang. Lebih dari itu hormon tiroid beraksi pada proses perkembangan yang spesifik selama proses tersebut aktif. Karena laju produksi sel-sel pada berbagai regio otak berbeda-beda waktunya, maka periode kritis aksi hormon tiroid pada proliferasi sel berbagai regio otak tertentu akan berbeda-beda pula.³⁹

Efek yang penting adalah meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan otak selama kehidupan janin dan beberapa tahun pertama kehidupan pascanatal. Bila janin tidak mendapat hormon tiroid dalam jumlah cukup, maka pertumbuhan dan pematangan otak sebelum bayi itu dilahirkan dan sesudahnya akan sangat terbelakang. Efek meningkatkan pertumbuhan dari hormon tiroid ini mungkin berdasarkan pada

kemampuan hormon itu meningkatkan sintesis protein. Sebaliknya bila hormon tiroid sangat berlebihan maka lebih cepat terjadi katabolisme daripada timbulnya sintesis protein.⁴⁰

Pada umumnya, hormon tiroid meningkatkan aktivitas otak, namun juga dapat menimbulkan disosiasi pikiran. Penderita hipertiroid cenderung menjadi sangat cemas dan tampaknya menderita sebagian besar kecenderungan psikoneurotik, seperti kompleks ansietas, kecemasan yang sangat atau paranoia.⁴⁰

2.1.2.5. Stimulasi

Menurut Soetjningsih (1995) 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 formal akan mempengaruhi fungsi kognitif anak⁴¹

Tidak hanya saat periode kritis, tetapi juga periode selanjutnya, bahkan seumur hidup diperlukan stimulasi yang baik untuk mempertahankan fungsi kognitif manusia.³

Otak dapat menumbuhkan koneksi yang baru dengan stimulasi lingkungan. Bila seseorang memperkaya lingkungannya, maka otak akan mempunyai korteks yang lebih tebal, percabangan dendrit dan pertumbuhan spina yang lebih banyak serta tubuh sel yang lebih besar.⁴²

Harbeger (2007) pada penelitian tikus menunjukkan bahwa stimulasi yang diberikan pada umur berapa pun dapat secara bermakna memperbaiki fungsi memori. Latihan dan tantangan mental pada umur pertengahan, saat diketahui terdapat perubahan memori ringan, mungkin memberikan keuntungan yang paling kuat dan menyeluruh pada fungsi memori.⁴³ Data penelitian tersebut menunjukkan saat orang menua atau kurang dapat berlatih, stimulasi kognitif dapat membantu untuk mengkompensasi penurunan memori.⁴⁴

Home Observation for Measurement of the Environment-Short Form (HOME-SF) merupakan pengukuran utama kualitas lingkungan anak yang termasuk dalam survei anak NLSY (*National Longitudinal Survey of Youth*) di Amerika. HOME-SF didesain sebagai versi ringkas penilaian HOME yang penuh. Berbagai penelitian telah mendokumentasikan bahwa HOME-SF merupakan pengukuran yang sensitif terhadap perubahan lingkungan keluarga dan kemampuan *parenting*. HOME-SF terdiri dari 2 subskala yang mengukur stimulasi kognitif dari lingkungan anak dan dukungan emosional keluarga. Berbagai penelitian sebelumnya yang menggunakan data NLSY telah menunjukkan validitas dan reliabilitas HOME-SF dan kedua subskalanya. Skor HOME-SF dikategorisasi sebagai rendah (< persentil 15), menengah (persentil 15-85) dan tinggi (> persentil 85).⁴⁵ Pertanyaan dalam HOME-SF berbeda berdasar umur anak di mana terdiri dari 4 kelompok umur: 0-3 tahun, 3-5 tahun, 6-9 tahun dan 10-14 tahun.⁴⁶

2.1.2.6. Infeksi

Infeksi seperti gastroenteritis, infeksi traktus respiratorius merupakan penyakit yang sering terjadi. Diperkirakan anak di bawah umur 5 tahun di negara berkembang menderita 3,5 episode diare tiap tahun dan 4 sampai 9 episode infeksi traktus respiratorius pada 2 tahun pertama kehidupan.³⁴

Infeksi tampaknya mempengaruhi perkembangan anak melalui beberapa mekanisme yang berbeda. Masukan diet yang menurun terjadi sekunder terhadap anoreksia atau malabsorpsi, kehilangan nutrisi yang sesungguhnya dapat terjadi sekunder terhadap *protein-losing enteropathy* dan peningkatan kebutuhan terjadi berhubung dengan panas dan respon imun. Terdapat dugaan bahwa imun respon sendiri dapat mempengaruhi secara langsung fungsi kognitif dan *mood*. Smith dalam penelitian serial pada dewasa menemukan bahwa influenza mempengaruhi fungsi kognitif dan bahkan infeksi subklinis dapat mengganggu performa kognitif. Gangguan ini terjadi saat periode inkubasi dan beberapa saat setelah penyembuhan ketika gejala tidak ada lagi. Infeksi juga menyebabkan kelemahan umum di mana anak yang lemah dan apatis akan menerima stimulasi yang lebih sedikit.³⁴

Anemia dan defisiensi besi dapat juga terjadi sekunder terhadap infeksi, hemolisis dan perdarahan dalam saluran cerna yang berhubungan dengan beberapa infestasi cacing. Walaupun efek infestasi cacing pada fungsi mental dan prestasi sekolah masih belum sepenuhnya jelas, tetapi sudah dilaporkan hubungannya dengan skor uji performa mental termasuk fungsi memori jangka pendek dan prestasi sekolah yang rendah pada anak usia sekolah.^{22,38}

2.1.2.7. Brain Injury

Brain injury pada anak dapat berasal dari trauma kepala atau terjadi selama masa rawan saat periode pertumbuhan cepat otak janin dari trauma prenatal, saat persalinan yang sulit, atau pada masa pasca natal dari hipoksia, infeksi susunan saraf pusat (meningitis, ensefalitis), penyakit serebrovaskular seperti stroke, gangguan metabolik (seperti fenilketonuria), alkohol, berasal dari pengobatan (operasi atau radioterapi otak)⁴⁷ atau dari intoksikasi logam berat (merkuri, timbal, timah, kadmium). Masalah yang mengikuti kerusakan otak berupa masalah yang berhubungan dengan fungsi fisik, perilaku, emosi dan kognitif termasuk di antaranya adalah fungsi belajar dan mengingat.^{47,48}

2.1.2.8. Epilepsi

Epilepsi merupakan masalah pediatrik yang besar dan lebih sering terjadi pada usia dini dibandingkan usia selanjutnya, namun insidens yang tepat belum diketahui dengan pasti. Secara keseluruhan insidens tahunan dalam dekade pertama kehidupan diperkirakan mencapai 60 per 100.000 dengan prevalens 3 per 1000.⁴⁹

Kesulitan mengingat pada individu dengan epilepsi sudah dikenal dengan baik dan mereka mencari pengobatan untuk masalah memori lebih banyak daripada gangguan lain. Epilepsi dapat mengganggu fungsi memori melalui beberapa jalan yaitu tumor atau lesi yang mendasari penyakit, bangkitan kejang atau aktifitas elektrik otak yang tidak semestinya serta dapat berasal dari pengobatan anti epilepsi.

Obat-obat anti epilepsi memang diharapkan akan mengurangi bangkitan kejang tetapi di sisi lain dapat mempengaruhi kecepatan otak dalam memproses informasi.⁵⁰

2.1.2.9. Stres

Dalam pengertian umum, stres terjadi jika orang dihadapkan dengan peristiwa yang mereka rasakan sebagai sesuatu yang mengancam kesehatan fisik atau psikologisnya. Peristiwa tersebut biasanya dinamakan stresor, dan reaksi orang terhadap peristiwa tersebut dinamakan respons stres.⁶

Ketika kita dihadapkan dengan suatu ancaman, tubuh merespon dengan mengeluarkan bahan-bahan kimia yang kuat yang menjadikan seluruh sistem tubuh kita berada dalam kesiagaan tinggi untuk menghadapi ancaman tsb dan akan menimbulkan respon lari atau lawan (*fight or flight response*).¹⁷

Situasi stres akan menghasilkan reaksi emosional. Selain reaksi emosional, orang seringkali menunjukkan gangguan kognitif yang cukup berat jika berhadapan dengan stresor yang serius. Mereka akan sulit berkonsentrasi dan mengorganisasikan pikiran mereka secara logis dan mungkin mudah terdistraksi.^{6,17}

Barbagai peristiwa fisiologis terjadi untuk menyiapkan diri dalam respon lari atau lawan. Di mana hampir semua sistem dalam tubuh terlibat atau menyesuaikan diri untuk menghadapi keadaan yang mengancam tsb.^{6,17}

Respon bertahan hidup diatur oleh batang otak, dengan salah satu bahan kimianya yaitu adrenalin, disekresi oleh sistem otonom simpatis dan medulla adrenal. Adrenalin menguatkan pertahanan tubuh primer dengan meningkatkan aliran darah ke

jantung, paru dan otot-otot besar terutama otot-otot ekstremitas, menjauhi organ-organ lainnya termasuk otak.¹⁷

Selain itu terjadi pula penurunan potensial membran di seluruh tubuh dari normalnya -70 mv menjadi -60 mv atau lebih, sehingga hanya dibutuhkan stimulus yang relatif kecil untuk mengaktifkan sistem pertahanan seluruh tubuh. Disamping membuat kita lebih siaga terhadap stimulus yang kecil, rendahnya potensial membran akan melumpuhkan kemampuan kita untuk fokus secara selektif dan mengontrol pikiran. Pada saat itu proses belajar adalah sangat sulit.¹⁷

Ditemukan pula dalam penelitian binatang bahwa stres yang berulang dapat menyebabkan atrofi dendrit, menekan neurogenesis hippocampus serta mengganggu proses *spatial learning* dan memori.⁵¹

Sejumlah neurotransmitter, neuropeptida dan hormon berhubungan dengan respon akut psikobiologi terhadap stress dan keluaran psikiatri jangka panjang.⁵²

Selama stres, korteks adrenal juga akan mensekresi kortisol, yang akan meningkatkan kadar gula darah untuk menyediakan energi yang dibutuhkan.¹⁷ Kortisol mempunyai efek bifasik terhadap eksitabilitas hippocampus serta fungsi kognitif dan memori.⁵² Ditemukan pula peningkatan kortisol yang progresif berhubungan dengan penurunan volume hippocampus dan penurunan performa tes memori yang tergantung hippocampus.⁵³

Selain itu stres dapat mengaktifasi locus coeruleus (LC) yang mengakibatkan peningkatan pengeluaran norepinefrin (NE) pada proyeksi LC termasuk di dalamnya amygdala, korteks prefrontal dan hippocampus. Peninggian aktivasi sistem LC-NE

dapat menghambat fungsi korteks prefrontal, sehingga lebih menyokong respons instingtual daripada proses kognitif yang kompleks. Hiperresponsifitas pada sistem LC-NE juga akan menyumbang pada ketakutan dan kecemasan kronik, gangguan memori dan peningkatan risiko hipertensi dan penyakit kardiovaskular.⁵²

Pada sistem serotonergik (5-hydroxytryptamin, 5-HT), stres juga akan menghasilkan peningkatan pergantian 5-HT pada korteks prefrontal, nukleus accumbens, amygdala dan hipotalamus lateral. Pengeluaran serotonin dapat mempunyai efek *anxiogenic* dan *anxiolytic*, tergantung regio otak yang terlibat dan reseptor yang teraktifasi. Efek *anxiogenic* dimediasi oleh reseptor 5-HT_{2A}, sedangkan stimulasi reseptor 5-HT_{1A} berefek *anxiolytic* dan mungkin juga berhubungan dengan respons adaptif terhadap peristiwa yang tidak disukai.^{52,54}

2.1.2.10. Pengolahan Informasi

2.1.2.10.1. Jenis Informasi

Jenis informasi menentukan penting tidaknya informasi tsb disimpan dalam memori. Bila suatu informasi dianggap sangat penting oleh otak maka informasi tsb tertanam kuat dalam memori dan begitu pula sebaliknya.⁵⁵

Terdapat sedikitnya tiga faktor yang memberikan label penting pada suatu informasi, yaitu:⁵⁵

1. informasi untuk keselamatan hidup

Informasi yang memiliki nilai penting untuk keselamatan hidup akan segera disimpan di memori jangka panjang sehingga daya ingat kita sangat

tinggi. Contohnya yaitu bila memegang setrika panas akan melukai tangan, tentunya akan cukup satu kali dipelajari dan langsung tersimpan dalam memori jangka panjang.

2. informasi yang membangkitkan emosi

Semakin kuat muatan emosi yang terkandung dalam suatu informasi, akan semakin kuat kemungkinan informasi itu terekam di memori.

3. informasi yang masuk akal dan mempunyai arti

Masuk akal maksudnya anak dapat memahami informasi / materi pelajaran dengan menghubungkan materi itu dengan pengalaman sebelumnya. Mempunyai arti maksudnya informasi / materi pelajaran yang ada mempunyai relevansi terhadap diri murid. Hal ini bersifat sangat personal dan bergantung dari pengalaman anak sebelumnya.

2.1.2.10.2. Penggunaan Teknik Memori

Teknik memori adalah teknik memasukkan informasi ke dalam otak yang sesuai dengan cara kerja otak (*brain-based technique*). Karena metode yang digunakan sejalan dengan cara otak beroperasi dan berfungsi maka hal itu akan meningkatkan efektivitas dan efisiensi otak dalam menyerap dan menyimpan informasi.⁵⁵

Untuk memasukkan informasi ke dalam otak menurut cara yang sesuai dengan kerja otak diperlukan pengetahuan tentang hal-hal yang disukai otak. Di bawah ini merupakan daftar hal-hal yang sangat disukai oleh otak. Semakin kita dapat

menggunakan poin yang ada dalam daftar, akan semakin maksimal daya serap dan kemampuan mengingat. Hal-hal yang disukai otak adalah: 1) ekstrem berlebihan, 2) seksi, 3) penuh warna, 4) multi sensori, 5) lucu / humor, 6) melibatkan emosi, 7) melibatkan irama atau musik, 8) tindakan aktif, 9) gambar tiga dimensi dan hidup / aktif, 10) menggunakan asosiasi, 11) imajinasi, 12) simbol, 13) nomor dan urutan.⁵⁵

Melihat hal-hal tsb di atas dapat diketahui bahwa tehnik-tehnik memori yang ada memerlukan kreativitas untuk melibatkan unsur-unsur di atas ke dalam informasi yang ingin diingat dengan baik.

2.1.2.10.3. Perhatian, Fokus Dan Konsentrasi

Perhatian, fokus dan konsentrasi yang baik diperlukan dalam memasukkan informasi ke dalam otak. Bila kita berusaha memasukkan informasi ke dalam memori kita dan pada saat yang bersamaan muncul berbagai macam pikiran lain yang silih berganti, maka otak akan bingung dan tidak tahu harus memberikan perhatian kepada informasi yang mana. Ini akan mengakibatkan lemahnya kemampuan penyimpanan informasi.⁵⁵

Untuk memeriksa kapasitas perhatian dapat menggunakan tes *Picture Search* ataupun *Picture Completion*. Tes *Picture Completion* juga termasuk dalam WISC-R, mengukur ketajaman visual, kesadaran detail lingkungan, kemampuan konsepsi visual, ketajaman persepsi dan kapasitas perhatian yang dikombinasikan dengan kemampuan mengorganisir materi secara visual,²¹ sedangkan *Picture Search* mengukur kecepatan pemrosesan visual dan kapasitas perhatian yang terfokus.²²

2.2. SENAM OTAK

Brain Gym® yang diterjemahkan sebagai Senam Otak adalah serangkaian gerak sederhana yang menyenangkan dan digunakan oleh para murid di *Educational Kinesiology* (Edu-K) untuk meningkatkan kemampuan belajar mereka dengan menggunakan keseluruhan otak.^{14,15,55}

Senam Otak merupakan bagian dari sistem yang oleh Dennison disebut sistem edukasi kinesiologi di mana sistem ini didasarkan pada pengetahuan tentang hubungan yang sangat erat antara perkembangan fisik, pemahaman bahasa, kemahiran berkomunikasi dan prestasi akademik. Sistem ini diciptakan oleh Paul E. Dennison pada tahun 1980. Seiring bertambahnya waktu, Dennison bekerja sama dengan para pakar neurologi, perkembangan anak, pelatihan penglihatan, chiropraktor, kinesiologi olahraga, kinesiologi terapan, akupresur dan mengembangkan gerakan senam otak serta pemahaman baru tentang proses belajar.^{14,15}

Berbagai penelitian telah dilakukan menggunakan Senam Otak, misalnya Hannaford (1995) menggunakannya selama setahun pada murid pendidikan khusus kelas 5. Tiap murid kemudian melakukan gerakan senam otak setiap hari. Di akhir penelitian, dengan pemeriksaan *Brigance Inventory of Basic Skill Test* seluruh murid menunjukkan kemajuan satu sampai dua tahun pada tes membaca dan pemahaman bacaan serta 50% murid menunjukkan kemajuan satu tahun pada matematika. Di samping itu terdapat perbaikan luar biasa pada kepercayaan pada diri sendiri dan kemampuan fokus dalam mengerjakan tugas.¹⁷

Senam Otak juga digunakan oleh Musgutova (2004) pada anak-anak dengan depresi akibat kecelakaan kereta api. Pada sesi melukis dihasilkan gambar dengan perspektif negatif seperti sesuatu yang hangus, monster satu mata, kuda yang terbakar, nuansa yang gelap dan lain-lain. Setelah ditambahkan Senam Otak selama beberapa minggu kemudian semua anak menunjukkan perspektif yang positif seperti gambar warna-warna cerah, pelangi atau kupu-kupu.⁵⁶

Musgutova (2001) juga mengidentifikasi korelasi antara 3 dimensi gerakan Senam Otak dengan refleks-refleks bayi dan kelompok otot spesifik dan menganjurkan perlunya para pendidik untuk mendukung anak-anak dalam mengintegrasikan berbagai refleks perkembangan melalui suatu teknologi seperti aktifitas Senam Otak.⁵⁷

Winkelmann (2001) mempraktekkan Senam Otak seminggu sekali pada kelompok anak SLB tuna rungu di Ruteng, Flores Barat. Di akhir program yang berlangsung selama 18 bulan, didapatkan peningkatan beberapa ketrampilan termasuk kemampuan membaca, menulis, matematika dan olah raga dibandingkan sebelum mempraktekkan senam otak.⁵⁸

Donczik (2001) menggunakan Senam Otak pada anak-anak disleksia. Ditemukan peningkatan bermakna terhadap tiga faktor dalam kemampuan membaca:¹⁶

1. Kefasihan membaca yang diukur dengan angka kesalahan.
2. Kecepatan pemahaman yang diukur dengan *number sequencing test*.

3. Memori kerja, jangka pendek dan jangka panjang yang diukur dengan *Luria 90 battery*.

Freeman CK (2006) menggunakan gerakan-gerakan senam otak dalam sekolah anak-anak dengan kebutuhan khusus, seperti palsy serebralis, sindroma *Angelman*, ADHD, autisme dan lain-lainnya. Ia menyesuaikan gerakan-gerakan Senam Otak dengan kebutuhan dan kemampuan para murid. Setelah 1 tahun didapati anak-anak tersebut menunjukkan perbaikan nyata.⁵⁹

Freeman CK (2000) memberikan Senam Otak selama 1 tahun minimum 15 menit perhari pada murid-murid kelas 3-5 dan ditemukan peningkatan kemampuan membaca yang diukur dengan tes *Stanford 9* dua kali lebih banyak dibandingkan kelompok kontrol. Sebagai tambahan, guru-guru sekolah tsb mengatakan terdapat peningkatan konsentrasi, perhatian, kepercayaan diri sendiri, sikap dan kebiasaan belajar anak didik.⁶⁰

Trahan (2004) memberikan Senam Otak pada anak kelas 3 SD setiap hari selama 1 tahun yang diperiksa sebanyak 4 kali. Setelah 9 minggu (tes kedua), ditemukan kelompok kontrol sangat sedikit menunjukkan perbaikan, sedangkan kelompok perlakuan menunjukkan peningkatan kemampuan membaca antara 0.6 - 2 tahun yang diperiksa dengan *Star Reading Test*. Melihat hal tersebut kelompok kontrol diberikan pula gerakan Senam Otak.¹⁸

Bourne (2004) juga menemukan peningkatan yang bermakna pada kemampuan membaca anak kelas 2-3 yang diberikan Senam Otak setiap hari selama

1 tahun menggunakan pemeriksaan *Alberta Diagnostic Reading Test* dan didukung hasil survei bacaan, observasi guru dan contoh hasil kerja anak.⁶¹

Honegger (2004) menemukan peningkatan kemampuan menulis pada anak kelas 1 yang melakukan Senam Otak paling sedikit 3 kali seminggu selama setahun yang diperiksa setiap 6 bulan. Kemampuan menulis diukur dengan 4 macam tes (*correct words sequences, words spelled correctly, total words written* dan *total letter written*) dan didukung hasil wawancara guru dan murid.¹⁹

Carpenter (2005) memberikan Senam Otak pada anak kelas 1 sebagai bagian proyek *Save Our Learner* selama 6 bulan setiap hari. Dilakukan pemeriksaan kemampuan membaca dengan *TPRI reading test* dan didapatkan peningkatan pada kelompok perlakuan dibanding kontrol.⁶²

Selain pada anak, Senam Otak juga ditemukan bermanfaat pada orang dewasa bahkan para lanjut usia. Contohnya pada klinik neurologi dan rehabilitasi geriatri di Jerman, Drabben-Thieman dkk (2001) meneliti efek senam otak pada kelompok pasien dengan Alzheimer. Hasil penelitian didapatkan perbaikan pada proses mengingat spontan dan penamaan barang keseharian setelah latihan Senam Otak selama 45 menit yang terlihat dari peningkatan berbagai tes dibanding kontrol seperti *repeated word lists* yang meningkat sebanyak 79%, *shopping test* 21%, *conversion of numbers* 18% serta *word list* sebanyak 13%. Kelompok kontrol adalah kelompok perlakuan yang kemudian menghentikan stimulasi Senam Otak selama paling sedikit satu minggu. Dari penelitian ini terlihat stimulasi Senam Otak masih mengikuti prinsip plastisitas otak yaitu *use it or lose it*.⁶³

Sidiarto (2003) menggunakan gerakan Senam Otak pada dewasa berumur 48-70 tahun. Gerakan dilakukan 2 kali seminggu masing-masing selama lebih kurang 30 menit selama 8 minggu, dengan kriteria drop out adalah absen sebanyak 3 kali. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa semua subjek mengalami kenaikan bermakna dalam lima tes kognitif termasuk di dalamnya tes *Digit Backward* dan *Delayed Recall* yang mengukur fungsi memori.^{20,64}

2.2.1. Peran Gerakan

Dikatakan bahwa gerakan merupakan pintu dari pembelajaran (*movement is the door to learning*). Hannaford (1995) menyatakan bahwa gerakan akan membangunkan dan mengaktivasi kapasitas mental, mengintegrasikan dan menjangkarkan informasi baru dalam sistem saraf serta merupakan hal yang vital untuk mengekspresikan proses pikir dan pemahaman diri.¹⁷

Untuk “menyematkan” sebuah pikiran dibutuhkan gerakan. Seseorang dapat saja duduk tenang untuk berpikir, tetapi untuk memasukkan sebuah informasi yang penting dibutuhkan gerakan. Salah satunya adalah materialisasi dengan kata-kata. Ketika menulis kita membuat hubungan dalam pikiran dengan menggerakkan tangan. Mungkin saja kita tidak perlu membaca yang kita tulis, tetapi gerakan diperlukan untuk membangun jaringan syaraf.¹⁷

Para pakar neurosains telah mencari sekian lama hubungan saraf antara area di otak yang terlibat dengan gerakan dengan area kognitif untuk menjelaskan mengapa sebagian pasien dengan penyakit Parkinson juga menunjukkan perburukan status

mental, begitu pula dengan penyakit-penyakit kognitif seperti ADHD, disleksia, gangguan perkembangan bahasa dan autisme mempunyai problem motorik. Baru dasawarsa terakhir ini ditemukan 2 area di otak yang sebelumnya ditengarai hanya berhubungan dengan kontrol gerakan ternyata juga penting dalam koordinasi pikiran, yaitu ganglia basalis dan serebelum. Area ini ditemukan berhubungan dengan lobus frontalis yang berperan besar dalam fungsi kognitif.^{17,65}

Pada binatang, telah dibuktikan bahwa latihan fisik akan meningkatkan jumlah neuron-neuron baru yang mungkin diperantarai oleh faktor neurotrofik seperti *brain-derived neurotrophic factor* (BDNF). Latihan juga meningkatkan uptake otak terhadap IGF-1 bersirkulasi, sebuah faktor yang mempromosikan diferensiasi neuronal dari sel-sel progenitor dan meningkatkan ekspresi gen BDNF hippocampal. Selain itu, juga meningkatkan uptake *Fibroblast growth factor* (FGF-2) yang menstimulasi proliferasi dan differensiasi sel-sel hippocampal, dan ada peningkatan astrosit hippocampal setelah latihan. Maka, latihan akan mengaktivasi sejumlah faktor yang bermuara pada neurogenesis.⁶⁶

Brain-derived neurotrophic factor (BDNF) seperti namanya yaitu suatu faktor neurotrofik yang ditemukan pertama kali di otak. Selain di otak juga ditemukan di perifer seperti di retina, motor neuron, ginjal, prostat dll. Lebih spesifik, BDNF merupakan suatu protein yang mempunyai aktifitas pada neuron-neuron pada sistem saraf pusat dan perifer yang membantu survival neuron dan meningkatkan pertumbuhan dan diferensiasi neuron dan sinaps baru. Di otak, BDNF ditemukan aktif di hippocampus, korteks dan *basal forebrain* – area yang vital dalam proses

belajar, mengingat dan proses fikir yang lebih tinggi (*higher thinking*). Neurotrophin merupakan zat kimia yang membantu menstimulasi dan mengontrol neurogenesis, di mana BDNF merupakan neurotrophin yang paling aktif. Tikus yang lahir tanpa kemampuan membentuk BDNF akan menderita defek perkembangan di otak dan sistem saraf sensoris serta biasanya akan mati segera setelah lahir.⁶⁷

Contoh penelitian pada tingkat binatang, Van-Praag dkk (2005) memberikan latihan fisik lari selama 1 bulan pada tikus berumur muda maupun tua. Dari hasil penelitian ditemukan adanya peningkatan fungsi kognitif dan peningkatan neurogenesis di hippocampus pada dua kelompok tersebut dibandingkan kontrol, walaupun neurogenesis tikus muda pelari ditemukan lebih banyak dibandingkan tikus tua.⁶⁸

Penelitian pada tikus juga menemukan adanya manfaat latihan fisik pada penyembuhan sensoris akibat kontusi medulla spinalis. Hutchinson dkk (2004) meneliti 3 macam latihan fisik yaitu berlari, berenang dan berdiri pada tikus yang dibuat jejas pada medulla spinalis sehingga menimbulkan nyeri neuropati alodinia. Latihan fisik dimulai 4 hari setelah operasi, berlangsung 20-25 menit/hari, dilakukan 5 hari/minggu selama 7 minggu. Alodinia terjadi di kelompok kontrol pada 3 minggu setelah operasi. Pada kelompok perlakuan ditemukan latihan berlari mengurangi alodinia dan mengembalikan pada sensasi normal setelah 5 minggu, latihan berenang memberikan efek yang menguntungkan juga tetapi bersifat transien dan alodinia terjadi kembali dalam 7 minggu. Sedangkan latihan berdiri tidak memberikan efek apapun. Proses penyembuhan alodinia setelah latihan berlari dihubungkan dengan

normalisasi kadar mRNA BDNF baik pada medulla spinalis lumbal maupun otot soleus yang diukur.⁶⁹

Percobaan pada tikus dengan BDNF yang ditingkatkan mempunyai kecerdasan yang lebih tinggi dibanding dengan tikus yang normal, penyembuhan yang lebih cepat pada trauma otak dan membantu tikus untuk terhindar dari keadaan depresi.⁷⁰

Gomez-Pinilla dkk (2002) meneliti tikus yang berlari di dalam roda selama 3 atau 7 hari. Ditemukan peningkatan BDNF dan mekanisme yang terkait baik di hari ke 3 ataupun hari ke 7 dibandingkan dengan tikus yang hidup santai. Jarak tempuh lari juga ditemukan berbanding lurus dengan peningkatan mRNA BDNF.⁷¹

Mekanisme yang terkait tsb yaitu selain BDNF yaitu ditemukan peningkatan reseptor BDNF, adanya peningkatan sinapsin I, *growth-associated protein 43* (GAP-43) serta *cyclic AMP response element-binding protein* (CREB).⁷¹

Sinapsin I merupakan anggota fosfoprotein spesifik terminal saraf dan terlibat dalam pengeluaran neurotransmitter, pemanjangan akson dan pemeliharaan kontak sinaptik. BDNF mempengaruhi sintesis dan fosforilasi sinapsin I, menghasilkan peningkatan pelepasan neurotransmitter. GAP-43 ada dalam terminal akson yang sedang tumbuh dan mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan akson, pelepasan neurotransmitter serta proses belajar dan mengingat.⁷¹

CREB adalah salah satu faktor transkripsi di otak dan dapat dimodulasi oleh BDNF, dibutuhkan untuk berbagai bentuk mengingat termasuk pembelajaran spasial dan tampaknya memainkan peran dalam ketahanan neuronal bersama-sama dengan

BDNF. CREB juga merupakan regulator penting dalam ekspresi gen yang diinduksi oleh BDNF. CREB difosforilasi oleh BDNF pada tempat regulasi transkripsi serta CREB dapat memberi umpan balik pada BDNF dengan mengatur transkripsi gen melalui mekanisme yang tergantung kalsium.⁷¹

Molteni (2002) mencoba menguraikan mekanisme latihan fisik jangka pendek dan panjang pada plastisitas di hippocampus tikus dengan waktu pemeriksaan pada hari ke 3, 7 dan 28. Penelitian tsb menemukan latihan fisik jangka pendek dapat meningkatkan ekspresi BDNF dengan mekanisme yang agak berbeda dibandingkan jangka panjang.⁷²

Pada penelitian tsb dari 11 gen faktor trofik yang diperiksa, hanya BDNF, NGF dan FGF-2 yang terjadi peningkatan regulasi. Gen NGF dan FGF-2 terjadi peningkatan regulasi pada hari latihan ke 3, menunjukkan sebuah peran selama tahap akut latihan. BDNF adalah satu-satunya gen faktor trofik yang menunjukkan *up-regulation* yang konsisten selama 3 titik waktu pemeriksaan.⁷²

Penelitian tsb menemukan pula bahwa latihan fisik meningkatkan ekspresi beberapa gen yang berasosiasi dengan fungsi sinaps. Selain *synapsin I*, latihan meningkatkan mRNA untuk *syntaxin* dan *synaptotagmin*. Sangat menarik untuk diperhatikan bahwa *synapsin I* secara predominan terjadi peningkatan regulasi dalam periode akut latihan fisik (hari 3 dan 7) dan berperan pada pelepasan vesikel sinaps. Synaptotagmin dan syntaxin meningkat pada 3 waktu pengukuran tetapi synaptotagmin menunjukkan peningkatan progresif pada periode latihan yang semakin panjang. Synaptotagmin berperan dalam pembentukan vesikel sinaps,⁷²

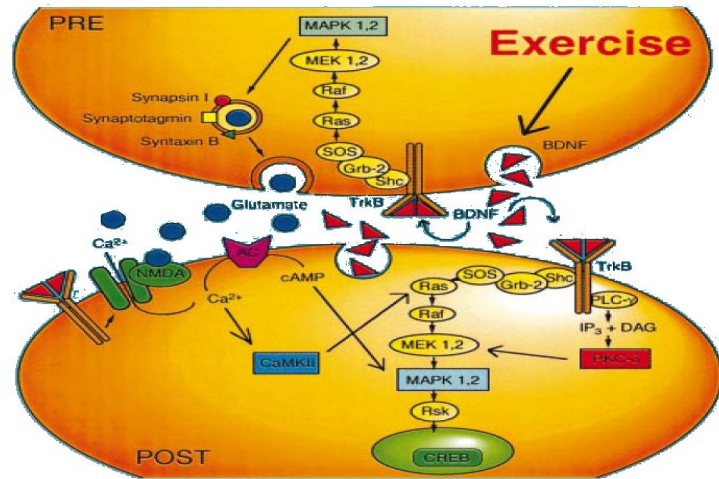
sedangkan *syntaxin* berperan pada proses eksitosis.⁷³ BDNF meningkatkan fosforilasi synapsin I melalui aktivasi reseptor TrkB (*tyrosin kinase receptor B*) pada terminal presinaps sehingga mengakibatkan pengeluaran neurotransmitter. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan paralel pada mRNA TrkB dan synapsin I pada fase awal sehingga juga mendukung aksi latihan fisik pada sinaps melalui sistem BDNF. Dimungkinkan bahwa peningkatan kadar BDNF sebagai akibat dari latihan akan memfasilitasi mobilisasi dan formasi vesikel sinaptik dan perpanjangan peristiwa ini dapat menjadikan perubahan jangka panjang pada plastisitas sinaps.⁷²

Jalur sinyal intraseluler umum, seperti MAP-K/ERK (*mitogen-activated / extracellular signal-regulated protein kinase*) dan Cam-K (*Ca²⁺/calmodulin-dependent protein kinase*) juga terlibat tetapi pada periode latihan fisik yang berbeda. Jalur Cam-K menjadi sangat *up-regulasi* dengan latihan fisik jangka pendek sedangkan jalur MAP-K tampaknya berperan lebih penting secara gradual saat latihan fisik berjangka lebih panjang. Jalur MAP-K merupakan kaskade sinyal *downstream* yang utama dari stimulasi reseptor TrkB. MAP-K/ERK juga terlibat dalam plastisitas sinaps dan pembentukan memori, dan dalam integrasi sinyal ekstraselular multipel.⁷²

Cam-K diregulasi oleh sistem NMDA-R (*N-methyl-D-aspartate receptor*), di mana berespon terhadap latihan fisik jangka pendek. Peningkatan ekspresi sub unit NMDA-R akibat latihan fisik menunjukkan sebuah efek *downstream* dari latihan fisik selama fase akut. Ekspresi PKC (*protein kinase C*)- δ terlihat meningkat secara bermakna setelah 7 hari latihan fisik. PKC- δ dibutuhkan untuk aktivasi kaskade MAP-K dan untuk pertumbuhan neurit. Anggota dari keluarga Cam-K terlihat

menunjukkan peningkatan terbesar dengan latihan jangka pendek sedangkan anggota dari jalur MAP-K menunjukkan peningkatan progresif dengan waktu latihan yang lebih panjang (setelah 7 hari).⁷²

Selain itu didapatkan pula dari penelitian tsb bahwa transporter glutamat, EAACI (*excitatory amino-acid carrier I*) menjadi *up-regulation* hanya pada hari ketiga. EAACI merupakan satu dari lima isoform transporter glutamat yang bertanggung jawab terhadap pembuangan glutamat ekstraselular dari celah sinaps. Sebagaimana diketahui pelepasan glutamat yang berlebihan dapat menyebabkan kematian neuronal, peningkatan ekspresi EAACI dapat mewakili mekanisme proteksi yang diaktifasi latihan fisik. Analisa *microarray* menunjukkan pengurangan kadar mRNA komponen spesifik sistem GABAergik. Subunit GABAA-B3, sebuah komponen utama reseptor GABAA di hippocampus, menurun setelah latihan fisik hari ke 3 dan 7. Lebih lagi, ekspresi enzim yang bertanggung jawab terhadap sintesis GABA, yaitu GAD65, tereduksi setelah 28 hari latihan fisik. GAD65 diketahui terlibat dalam pelepasan GABA neuronal. Telah diketahui pula bahwa inhibisi fungsi GABA dapat meningkatkan penyembuhan fungsional setelah jejas SSP. Jadi dimungkinkan bahwa latihan fisik dapat memberi manfaat penyembuhan fungsional melalui inhibisi fungsi GABA. Lebih lagi, fakta bahwa GABA mereduksi ekspresi BDNF di hippocampus, memberi kesan bahwa latihan fisik dapat juga meningkatkan kadar BDNF melalui reduksi fungsi GABA.⁷²



Gambar 1. Mekanisme potensial latihan fisik dalam memodulasi plastisitas neuronal di hippocampus. Peningkatan ekspresi BDNF akibat latihan fisik dapat mempengaruhi plastisitas neuronal baik pada terminal pre dan pasca sinaps. Transduksi sinyal BDNF dimediasi secara primer melalui reseptor TrkB yang ekspresinya diup-regulasi oleh latihan fisik. Sinyal TrkB pada terminal pre dan pasca sinaps berakibat pada peningkatan regulasi beberapa gen *downstream* seperti MAP-K I, MAP-K II, PKC- δ dan CAM-K II. Lebih lagi, pada terminal presinaps, latihan fisik dapat berperan pada synapsin, synaptotagmin dan syntaxin untuk memodulasi pengeluaran neurotransmitter. Sebagai tambahan, efek pasca sinaps dapat dimediasi melalui influks ion Ca^{2+} melalui reseptor NMDA, di mana ekspresinya diup-regulasi juga oleh latihan fisik. Hal ini pada gilirannya mengaktifkan kaskade MAP-K melalui CAM-K. MAP-K yang teraktivasi mungkin bekerja pada faktor transkripsi CREB, yang juga diup-regulasi oleh latihan fisik.⁷²

Penelitian di tingkat manusia juga ditemukan hal yang serupa. Kramer dkk (1999) meneliti pada 124 manula berusia 60-75 tahun yang sebelumnya tidak aktif. Secara random diberi latihan aerobik (latihan berjalan) atau anaerobik (*stretching & toning exercise*) selama 6 bulan, kemudian ditemukan peningkatan skor tes fungsi eksekutif pada manula yang berlatih aerobik.⁷⁴

Stover (2003) mengukur gelombang EEG pada manula dengan tingkat aktivitas fisik yang bervariasi pada saat mengerjakan tes fungsi eksekutif dan menyimpulkan aktivitas fisik yang reguler bermanfaat untuk area frontal otak.⁷⁵

Weuve dkk (2004) menemukan aktivitas fisik yang dilakukan reguler termasuk di dalamnya berjalan, berasosiasi dengan fungsi kognitif yang lebih baik serta didapatkan penurunan kognitif yang lebih sedikit pada wanita lanjut usia.⁷⁶ Hal serupa ditemukan pula oleh Abbot dkk (2004) bahwa laki-laki lanjut usia yang berjalan lebih reguler berhubungan dengan pengurangan risiko demensia.⁷⁷

Dilaporkan terdapat peningkatan fungsi kognitif para manula pada tes kontrol eksekutif dan memori yang diberi latihan aerobik (1 jam jalan cepat) atau gerakan peregangan yoga.²⁰ Dilaporkan pula laki-laki dan perempuan dengan umur 50-60 yang diberi latihan aerobik jalan cepat selama 4 bulan, ditemukan peningkatan performa tes mental sebesar 10%. Tidak hanya manula, pada penelitian dengan 500 anak sekolah di Kanada, didapatkan murid yang berlatih di kelas gimnastik setiap hari berprestasi lebih baik daripada murid yang kurang aktif.¹⁷

Tampaknya aktivitas muskular, khususnya gerakan yang terkoordinasi, akan menstimulasi produksi neurotrophin lebih baik lagi. Ditemukan kelompok tikus yang berlatih disertai koordinasi dan ketangkasan dengan berlarian sepanjang tali dan jembatan yang rumit menunjukkan jumlah koneksi saraf yang lebih banyak dibandingkan kelompok tikus dengan latihan berlari atau kelompok yang bermain dengan potongan kayu dan plastik.¹⁷

Hal serupa ditemukan pula oleh Jones TA dkk (1999) yaitu bahwa kombinasi lesi otak dan latihan akrobat menghasilkan respon sinaptogenik yang lebih besar dibandingkan tikus yang tidak diberi lesi atau yang diberi latihan fisik berlari.⁷⁸

Selain berefek pada kognitif dan plastisitas, berbagai penelitian juga memberi bukti bahwa latihan fisik dapat mengurangi depresi. Sebagai contoh ditemukan pasien depresi yang diberi latihan fisik mengalami pengurangan gejala depresi dibandingkan yang diberi terapi okupasi. Babyak dkk (2000) meneliti pada 156 orang dewasa dengan gangguan depresi mayor diberikan 4 bulan latihan aerobik (berjalan atau berlari), terapi sertralin atau kombinasi keduanya. Ketiga kelompok menunjukkan perbaikan yang bermakna, tetapi kelompok latihan fisik mengalami peningkatan yang paling banyak. Bahkan setelah 10 bulan didapatkan relaps yang paling sedikit pada kelompok latihan fisik.⁷⁹

Aktifitas fisik pada binatang percobaan juga dapat mengurangi akibat membahayakan dari paparan stress akut. Hal ini dapat dilihat dari tingkat fungsi yang berbeda termasuk di dalamnya *behavioral* / emosional, imunologi, neural dan selular.⁸⁰ Terdapat bukti bahwa berlari dalam roda dapat menumpulkan keluaran sistem saraf simpatis dan mencegah / menunda deplesi norepinefrin jaringan setelah paparan stres. Lambert dan Jonsdottier menunjukkan 5-6 minggu berlari dalam roda secara volunter mengurangi konsentrasi norepinefrin hipotalamus pada tikus yang stres. Reduksi norepinefrin hipotalamus akan menyebabkan pengurangan aktivitas sistem saraf simpatis serta memperbaiki fungsi kardiovaskular dan imun. Latihan berlari volunter dalam roda juga dapat mencegah deplesi norepinefrin pada LC dan mengurangi peningkatan norepinefrin dalam korteks prefrontal setelah paparan stres serta dapat mengurangi konsentrasi norepinefrin pons medulla yang menunjukkan penurunan aktifitas noradrenergik perifer.⁸¹ Ditemukan pula latihan berlari dapat

meningkatkan mRNA modulator NE dan juga galanin pada area LC, hippocampus, hipotalamus dan amygdala sebagai respon terhadap stres. Oleh karenanya, adaptasi sistem NE otak setelah latihan jangka panjang juga dapat mengurangi respons stres yang berlebihan.⁸⁰ Diketahui tikus transgenik dengan overekspresi galanin tidak menunjukkan fenotipe *anxiety-like*. Selain itu galanin yang diberikan secara langsung pada nukleus sentral amygdala akan menghambat efek *anxiogenic* stress yang berhubungan dengan peningkatan norepinefrin pada struktur tsb.⁵²

Efek protektif terhadap stress juga dihubungkan dengan perubahan sistem serotonergik. Latihan berlari dalam roda jangka panjang pada tikus menghasilkan peningkatan yang kecil pada kadar basal 5-HT pada *dorsal raphe nucleus* (DRN) dan peningkatan penggantian 5-HT pada korteks serebri. Selain itu juga ditemukan peningkatan mRNA autoreseptor 5-HT1A yang bersifat *anxiolytic* di area DRN.⁸⁰

2.2.2. Prinsip Gerakan Senam Otak

a. Hubungan Otak-Tubuh (*Brain-Body Connection*)

Selain kebugaran kognitif melalui berbagai jenis gerakan juga mempertimbangkan kebugaran fisik. Senam otak mempergunakan latihan yang meningkatkan kemampuan daya tahan, kelenturan, keseimbangan, panca indera dan emosional.⁶⁴

Weiss (2001) mengutip dari Geissner bahwa proses belajar tidak semuanya merupakan proses di kepala. Fikiran dan tubuh bekerja sama membantu dalam mempertahankan atensi, memecahkan masalah dan dalam

proses mengingat solusi. Keadaan fisiologis tubuh juga mendukung usaha mental. Ketika orang berdiri untuk meregangkan kakinya setelah melakukan pekerjaan mental yang lama, tubuh telah diminta untuk membantu menyegarkan pikiran.⁸²

b. Pembelajaran Gerak (*Motor Learning*)

Istilah lainnya adalah keterampilan gerak (*motor skills*), yakni sebuah gerakan yang membutuhkan gerak tubuh dan/atau ekstremitas secara *volunter* yang mempunyai tujuan. Gerakan ini memang tidak lazim dalam aktivitas sehari-hari. Pada setiap gerakan diperlukan perhatian (*atensi*) dan pemusatan perhatian (*konsentrasi*). Gerakan dilakukan secara lambat dengan penuh perasaan gembira sambil memperhatikan dan menghayati sikap setiap anggota tubuh, mengenali di mana posisi anggota tubuh berada dan menyentuh bagian anggota tubuh dengan lambat.⁶⁴

Gerakan yang ada juga sesuai dengan konsep *Dual Task* (tugas ganda).⁶⁴ Bila dua tugas dilaksanakan secara bersama-sama, dari pencitraan fMRI didapatkan adanya peningkatan aktivasi area prefrontal otak dan area-area lain dibandingkan bila tugas itu dikerjakan sendiri-sendiri. Hal ini menunjukkan diperlukannya tambahan kontrol fungsi eksekutif untuk menyelesaikan interferensi tugas ganda.⁸³

Selain itu gerakan-gerakan dilakukan dengan simetris, yaitu dilakukan oleh anggota tubuh kanan dan kiri baik bersamaan atau tidak. Sehingga terdapat aktivasi otak baik kiri maupun kanan.^{14,17}

Sebagai tambahan, sistem vestibularis di telinga bagian dalam, terstimulasi selama gerakan ini, yang kemudian mengaktifkan RAS / *formatio reticularis* di batang otak yang memilah informasi agar yang relevan saja yang diangkat; dan menciptakan kesiagaan yang menunjang konsentrasi (fokus) dan perhatian di pusat-pusat rasional otak.^{14,17}

c. Integrasi Sensoris (*Sensory Integration*)

Integrasi sensoris adalah kemampuan otak mengorganisasi informasi sensoris dari lingkungan sekitar dan dari tubuh sendiri. Salah satu asumsi dari teori integrasi sensoris didasari oleh pengetahuan bahwa otak adalah suatu organ yang berfungsi secara terintegrasi, tetapi juga terdiri atas struktur yang terorganisasi secara hierarkis. Tingkat yang lebih luhur, yaitu korteks mempunyai fungsi luhur seperti abstraksi, logika, bahasa dsb dan juga tiap area mempunyai fungsi spesifik. Tingkat yang lebih rendah (struktur subkortikal) mempunyai fungsi yang difus dan kurang spesifik tetapi mempunyai pengaruh yang pervasif terhadap keseluruhan kinerja otak.^{84,85}

Salah satu tugas penting dari struktur subkortikal adalah menerima, menyaring dan memperhalus input-input sensorik, sebelum melanjutkan input-input yang telah diintegrasikan tsb ke korteks serebri. Tugas ini merupakan salah satu fungsi penting dari mekanisme integrasi sensoris dan terutama terjadi di batang otak dan thalamus. Maka fungsi korteks otak tergantung pada fungsi struktur subkortikal untuk mendapatkan input sensorik yang

terintegrasi agar dapat diolah dan dianalisa dengan baik, untuk menyiapkan reaksi yang tepat.⁸⁴

Karena fungsi yang baik dan efisien dari batang otak dan thalamus mempunyai peran penting dalam mendukung fungsi dari struktur luhur otak, maka perbaikan efisiensi dari fungsi batang otak dan thalamus akan memperbaiki pula berbagai fungsi luhur otak. Dalam terapi integrasi sensoris dilakukan dengan membimbing anak untuk berpartisipasi secara aktif dalam melakukan berbagai kegiatan fisik yang terutama dapat memberikan masukan input vestibuler, proprioseptif dan taktil yang mempunyai pengaruh kuat pada berbagai pusat syaraf di batang otak dan thalamus.⁸⁴

Ditemukan bahwa metoda terapi integrasi sensoris mampu memperbaiki kesulitan belajar yang secara statistik sangat bermakna. Sebuah aksi (praksis) yang menggunakan integrasi antara sensori auditoris, visual, perabaan, keseimbangan dan gerak akan menghasilkan peningkatan fungsi kognitif seperti konsentrasi, percaya diri, kontrol diri, kemampuan organisasi, kemampuan belajar akademis, kemampuan berpikir secara abstrak dan memberi alasan, serta penghayatan tentang kedua sisi otak dan tubuh.^{64,85}

Latihan ini memadukan gerakan dengan stimulasi sensoris seperti pendengaran (auditoris), penglihatan (visual), perabaan dan keseimbangan. Integrasi antara sebanyak mungkin pusat-pusat sensoris, selain banyak area otak yang aktif, juga memberikan peningkatan potensi dan sumber daya otak.⁶⁴

d. Menyilang Garis Tengah Tubuh (*Crossing the Body Midline*)

Gerakan menyilang kepala, mata dan anggota gerak merupakan kunci keberhasilan untuk mengintegrasikan fungsi hemisfer otak kanan dan kiri.^{17,64}

Gerakan menyilang akan mengaktifkan hemisfer kanan dan kiri sekaligus. Selain itu makin sering kedua hemisfer tersebut teraktivasi akan semakin banyak koneksi dan mielinisasi terjadi melalui korpus kalosum. Makin banyak koneksi, proses yang terjadi di antara kedua hemisfer semakin cepat sehingga semakin banyak fungsi intelegensi yang dapat dipakai.¹⁷

Kedua hemisfer otak mempunyai juga fungsi yang berbeda bahkan berlawanan satu dengan yang lain, sehingga integrasi dan perpaduan fungsi kedua hemisfer tersebut dapat menciptakan pola pikir yang utuh (*whole-brain thinking*) seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.^{17,64}

e. Merayap dan Merangkak (*Creeping and Crawling*)

Sudah sejak lama dibuktikan bahwa gerakan alternansi seperti merayap dan merangkak dapat meningkatkan kemampuan otak tengah (*midbrain*) dan korteks serebri. Otak tengah yang juga disebut sebagai otak kuno (*ancient brain*) merupakan pusat untuk kemampuan perhatian, kewaspadaan, kebersamaan, berkelompok (*peer group*) dan ritual.⁶⁴

Teori ini telah lama ditemukan dan diterapkan untuk meningkatkan kemampuan *midbrain* pada pasien dengan cara menggerakkan anggota gerak secara pasif dalam bentuk merayap. Ternyata gerakan tsb yang disebut sebagai *cross crawl* dapat memperbaiki kondisi *midbrain* dan korteks otak.⁶⁴

f. Pengamatan dan Mengikuti Jejak Penglihatan (*Visual Scanning and Tracking*)

Di dalam senam otak, ada gerakan yang dilakukan dengan mengamati dan mengikuti jejak penglihatan / bola mata yang bergerak dari satu arah ke arah lain. Gerakan bola mata yang dilakukan merupakan pengamatan lingkungan secara keseluruhan. Stimulasi penglihatan dari otak belahan kiri menuju ke kanan dan balik lagi merupakan integrasi antara kedua belahan tersebut. Gerakan ini secara khusus juga dipergunakan untuk meningkatkan kemampuan membaca.⁶⁴ Selain itu terdapat juga gerakan mata yang mengikuti gerakan tangan. Dalam hal ini, Imamizu (2000) menemukan bahwa aktivasi area di serebelum lebih luas bila dibandingkan gerakan tangan atau mata sendiri-sendiri.⁸⁶

g. Relaksasi

Stres adalah bagian yang tak terpisahkan dari hidup. Tidak mungkin untuk mengeliminasi semua stres dari kehidupan, tetapi dimungkinkan untuk mengontrol efek stres pada tubuh dan pikiran.⁸⁷

Tehnik-tehnik relaksasi bila dilakukan secara teratur dapat membantu mengontrol stres untuk mencapai keadaan yang tenang bahkan saat di dalam situasi yang penuh dengan tekanan. Beberapa tehnik relaksasi di antaranya adalah *biofeedback*, *self hipnosis*, relaksasi aktif, visualisasi, meditasi, peregangan, pernafasan dalam, pemijatan dan lain sebagainya.⁸⁷⁻⁸⁹

Senam otak diharapkan dapat membantu anak untuk mengontrol stres karena di dalamnya terdapat unsur-unsur seperti pemijatan, meditasi,

peregangan dan pernafasan abdominal dalam yang akan membantu untuk mencapai keadaan yang tenang.¹⁴

Selain hal di atas, untuk menjelaskan bagaimana kerja senam otak, Dennison (2002) menggambarkan fungsi otak dalam 3 dimensi yaitu dimensi lateralitas, pemfokusan dan pemusatan (*laterality, focus and centering*). Fungsi otak yang sukses memerlukan hubungan yang efisien melewati jalur saraf yang ada di seluruh otak. Stress akan menghambat sambungan ini, sedangkan gerakan senam otak akan menstimulasi aliran informasi pada jaringan syaraf, memulihkan kemampuan dalam proses belajar dan fungsi-fungsi yang lain.^{14,15}

1. Dimensi Lateralitas

Lateralitas otak manusia dibagi dalam sisi kiri dan sisi kanan. Sifat ini memungkinkan dominansi salah satu sisi dan juga untuk integrasi kedua sisi, yaitu untuk menyeberangi garis tengah tubuh untuk bekerja di bidang tengah di mana terdapat *overlap* antara sisi kiri dan kanan. Dikatakan bahwa ketrampilan dimensi lateralitas adalah dasar untuk membaca, menulis, mendengar dan berkomunikasi. Dimensi ini penting untuk gerakan seluruh tubuh serta kemampuan untuk bergerak dan berpikir dalam waktu bersamaan.

2. Dimensi Fokus

Dimensi fokus menjelaskan hubungan antara area otak yang ada di belakang dan depan. Hal ini berhubungan dengan kemampuan pemahaman, pengertian dan konsentrasi.

3. Dimensi Pemusatan

Dimensi pemusatan menyangkut tentang hubungan antara bagian atas dan bawah otak. Dimensi pemusatan membuat kita dapat mengharmonisasikan emosi dengan pikiran rasional. Keahlian ini berhubungan dengan pengorganisasian / merasakan / mengekspresikan emosi dan akan merespon secara lebih rasional dan bukan berdasar emosi semata. Gerakan senam otak diharapkan akan membuat badan dan otak menjadi relaks dan menyiapkan murid untuk mengolah informasi tanpa pengaruh emosi negatif.

Karena itu gerakan-gerakan *Brain Gym* ® digolongkan dalam 3 kelompok, yaitu gerakan menyeberangi garis tengah (*midline movement*) yang mewakili dimensi lateralitas, gerakan meregangkan otot (*lengthening activities*) yang mewakili dimensi fokus dan gerakan meningkatkan energi dan sikap penguatan (*energy exercises & deepening attitudes*) yang mewakili dimensi pemusatan.^{14,15}

2.3. STATUS EKONOMI RENDAH

Disebutkan bahwa sebuah penetapan status ekonomi rendah atau pengukuran kemiskinan yang baik akan memungkinkan adanya evaluasi efek dari pelaksanaan proyek atau kebijakan pemerintah; dapat dibandingkan antar waktu; dapat dibuat perbandingan antar negara dan bisa untuk menentukan target penduduk status ekonomi rendah dengan tujuan untuk memperbaiki posisi mereka.¹³ Penetapan status ekonomi rendah biasanya berdasarkan penghasilan atau tingkat konsumsi, serta masyarakat dikatakan miskin bila konsumsi mereka atau tingkat penghasilannya jatuh

di bawah garis kemiskinan yaitu tingkat minimum untuk memenuhi kebutuhan dasar.⁹⁰

Pada awalnya di Indonesia, batas kemiskinan menurut metode Sayogyo (1977) diukur dengan nilai rupiah yang setara dengan 20 kg beras untuk pedesaan dan setara 30 kg untuk perkotaan. Sesuai dengan perkembangan jaman, pola konsumsi masyarakat yang berkembang dan tidak dapat dicerminkan oleh fluktuasi harga beras, sehingga metode tersebut kurang representatif. Metode BPS yang digunakan secara resmi menggunakan pendekatan *basic needs approach* atau kemiskinan yang dikonseptualisasikan sebagai ketidakmampuan memenuhi kebutuhan dasar.⁹¹

Batas kemiskinan BPS didefinisikan sebagai pemenuhan kebutuhan minimal makanan 2100 kalori untuk setiap orang per hari serta kebutuhan bukan makanan (perumahan, sandang, pendidikan, kesehatan, transportasi dll). Pada tahun 1998 telah dirumuskan suatu kriteria yang dapat dilakukan melalui 2 pendekatan, yaitu pendekatan rumah tangga dan pendekatan ketua Rukun Tetangga.¹³

Berbeda dengan BPS, Badan Koordinasi Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) lebih melihat dari sisi kesejahteraan dibandingkan dari sisi kemiskinan. Unit survey juga berbeda di mana pada BPS digunakan rumah tangga sedangkan BKKBN menggunakan keluarga. Untuk menghitung tingkat kesejahteraan, BKKBN melakukan program pendataan keluarga. Data kemudian dilakukan pentahapan keluarga sejahtera yang dibagi menjadi lima tahap, yaitu:⁹¹

- Keluarga Pra Sejahtera

- Keluarga Sejahtera I
- Keluarga Sejahtera II
- Keluarga Sejahtera III
- Keluarga Sejahtera III plus

Dampak krisis ekonomi sejak paruh waktu 1997 berakibat pada memburuknya perekonomian di Indonesia umumnya dan daerah pada khususnya. Gejolak harga yang tidak diimbangi dengan pendapatan nominal masyarakat, telah menaikkan garis kemiskinan yang sangat berarti dari tahun 1996 ke tahun 1999. Kondisi tersebut memicu naiknya tingkat kemiskinan di Jawa Tengah, sehingga pada kondisi 1999 jumlah penduduk miskin semakin bertambah besar menjadi 8,76 juta jiwa atau sebesar 28,46%.¹³

Pemulihan ekonomi meskipun belum seperti yang diharapkan, ternyata telah menurunkan penduduk miskin pada tahun 2002 menjadi sebesar 7,31 juta jiwa atau sebanyak 23,06% dari total penduduk Jawa Tengah. Di kota Semarang sendiri terdapat 103,4 ribu penduduk (7.1%) pada tahun 2002 dengan penentuan batas kemiskinan Rp 111.696,- per kapita perbulan.¹³

Pada tahun 2005, dalam rangka membantu meningkatkan kesejahteraan rakyat miskin pemerintah memberikan Bantuan Langsung Tunai (BLT) dari dana kompensasi BBM. Berdasarkan Instruksi Presiden No. 12 tahun 2005 dilakukan Pendataan Sosial Ekonomi 2005 oleh BPS dengan tujuan untuk memperoleh daftar nama dan alamat rumah tangga yang layak menerima BLT. Klasifikasi rumah tangga

status ekonomi rendah menurut kriteria BLT dibagi menurut 3 klasifikasi yaitu sangat miskin, miskin dan hampir miskin. Provinsi dengan persentase tertinggi rumah tangga miskin penerima BLT adalah Jawa Timur, yaitu sebesar 16,95%, Jawa Tengah (16,60%), dan Jawa Barat (15,21%).⁹²

Di kota Semarang, tidak terdapat data penduduk dengan status ekonomi rendah untuk keseluruhan kecamatan yang ada. Hanya beberapa kecamatan yang mencantumkan data keluarga prasejahtera dan sejahtera I. Di antaranya adalah kecamatan Tembalang dengan keluarga prasejahtera & sejahtera I sebesar 43,4%.⁹³

2.3.1. Pengaruh Status Ekonomi Rendah Pada Anak

Dalam *Bridging the Gaps*, WHO (1995) menyatakan, ”Pembunuh paling kejam dan penyebab penderitaan terbesar di muka bumi adalah kemiskinan.” Pernyataan ini menekankan pentingnya status ekonomi rendah sebagai suatu variabel yang merugikan kesehatan. Status ekonomi rendah merupakan sebuah fenomena multidimensional meliputi ketidakmampuan memenuhi kebutuhan dasar, kurangnya kontrol terhadap sumber daya, minimnya pendidikan dan kesehatan yang buruk. Status ekonomi rendah dapat secara intrinsik memberikan tekanan & kesusahan sehingga dapat berefek langsung atau tidak terhadap perkembangan dan pemeliharaan kesehatan emosional, tingkah laku dan psikiatri.⁹⁰

Terdapat perkembangan penelitian yang menghubungkan status ekonomi rendah dan kesehatan menunjukkan bahwa pendapatan yang rendah ditambah dengan faktor demografik yang buruk dan rendahnya dukungan eksternal akan menghasilkan

stres dan krisis kehidupan yang menempatkan anak pada risiko dan mungkin akan mempresipitasi gangguan psikiatri pada anak-anak.⁹⁰

Anak dengan rumah tangga status ekonomi terendah tiga kali lebih mungkin mempunyai penyakit mental dibanding anak dari rumah tangga terkaya. Kemiskinan dan kerugian sosial secara kuat berhubungan dengan defisit kemampuan kognitif anak dan prestasi akademik. Pada domain *behaviour*, gangguan tingkah laku dan ADHD menunjukkan hubungan dengan keluarga status ekonomi rendah, dan paling tampak pada anak dari keluarga yang menghadapi tekanan ekonomi yang persisten.⁹⁰ Tinjauan penelitian di India menunjukkan pengaruh status ekonomi rendah pada beberapa fungsi kognitif seperti koordinasi visuomotor, memori jangka pendek dan pembentukan konsep.¹¹

Kramer RA (1995) dengan menggunakan data NHANES III Amerika menemukan adanya hubungan yang independen antara tingkat penghasilan keluarga yang rendah dengan skor tes kognitif anak yang rendah termasuk di dalamnya skor tes memori jangka pendek berupa *Digit Span*.¹

Di Finlandia, Kaplan GA (2001) menemukan bahwa kondisi sosial ekonomi saat masa anak-anak berpengaruh pada fungsi kognitif orang dewasa. Perbaikan kondisi sosial ekonomi keluarga dan pendidikan saat masa anak memungkinkan perbaikan fungsi kognitif dan menurunkan risiko demensia di kemudian hari.⁹⁴

Dari data NHIS-CHS 1988 (*National Health Interview Survey Child Health Supplement*), Brooks-Gunn dan Duncan (1997) menemukan anak-anak yang berada di bawah garis kemiskinan mempunyai risiko 1,3 kali lebih besar dibandingkan

dengan yang tidak miskin untuk mengalami hambatan perkembangan serta 1,4 kali mengalami gangguan belajar seperti kesulitan dalam membaca, menulis dan aritmatika.¹⁰

Gershoff (2003) menggunakan data ECLS-K (*Early Childhood Longitudinal Study-Kindergarten Class*) tahun 1998-1999 juga menemukan anak dari keluarga berpenghasilan rendah mempunyai nilai yang lebih rendah pada tes bahasa, matematika dan pengetahuan umum.⁹⁵

Data dari *Children of NLSY (National Longitudinal Survey of Youth)* dan *IHDP (Infant Health and Development Program)* menunjukkan anak yang berasal dari keluarga berpenghasilan kurang dari setengah batas garis kemiskinan mempunyai skor 6-13 poin lebih rendah pada tes IQ, kemampuan verbal dan prestasi sekolah dibanding dengan anak dari keluarga berpenghasilan 1,5-2 kali batas garis kemiskinan. Perbedaan tersebut dipandang sangat besar dari bidang pendidikan dan tetap muncul walaupun berbagai faktor seperti umur ibu, status pernikahan, pendidikan dan etnis telah dikendalikan.¹⁰

Dari survei yang sama juga ditemukan durasi status ekonomi rendah merupakan faktor yang penting. Ditunjukkan efek status ekonomi rendah secara jangka panjang pada kemampuan kognitif anak lebih besar dibandingkan efeknya pada jangka pendek.¹⁰ Selain itu efek status ekonomi rendah terlihat lebih nyata jika dialami saat usia dini.^{9,10}

Banyak anak dengan status ekonomi rendah yang ulet dan mampu menghadapi rintangan berat. Walaupun begitu tetap saja kemiskinan merupakan

ancaman yang berat terhadap perkembangan otak anak. Ancaman tsb dapat mempengaruhi otak anak melalui berbagai jalur.⁹

Status ekonomi yang rendah dapat berpengaruh pada perkembangan otak melalui jalur nutrisi yang inadeguat, di mana semakin rendah status ekonominya, semakin besar kemungkinannya untuk tidak dapat mencukupi kebutuhan nutrisinya.⁹ Data dari NMIHS (*National Maternal and Infant health Survey*) tahun 1989-1990 di Amerika menunjukkan kejadian bayi berat lahir rendah dari keluarga miskin sebesar 1,7 kali, sedangkan menurut data NHANES II tahun 1976-1980 kejadian perawakan pendek anak umur 2-17 tahun sebesar 2 kali dibanding anak yang tidak miskin.¹⁰

Selain nutrisi, anak dengan status ekonomi rendah mengalami lebih banyak masalah kesehatan. Data menurut NHIS-CHS 1988 menunjukkan anak yang berasal dari keluarga status ekonomi rendah dilaporkan dalam keadaan kesehatan terbaik sebesar 0,7 kali dan dalam keadaan kesehatan sedang sampai buruk sebesar 1,8 kali dibandingkan anak dari keluarga yang tidak berstatus ekonomi rendah. Selain itu ditunjukkan pula episode rawat inap singkat di RS lebih besar hingga 2 kalinya. Survei NMIHS tahun 1989-1990 juga menunjukkan kejadian keracunan timah (kadar timah dalam darah $\geq 10 \mu\text{dl}$) sebesar 3,5 kali dibandingkan anak yang bukan berasal dari keluarga status ekonomi rendah.¹⁰

Penting pula diingat bahwa penyakit-penyakit infeksi ditemukan lebih sering terjadi pada anak dari keluarga status ekonomi rendah di mana terdapat kondisi rumah yang berdesakan serta sanitasi dan penyediaan air bersih yang inadeguat. Lebih jauh lagi, penyakit tsb akan berkepanjangan di tempat yang tidak terdapat pusat

kesehatan yang baik. Sebagai tambahan, infeksi juga akan lebih sering terjadi dalam keadaan kekurangan nutrisi.³⁴

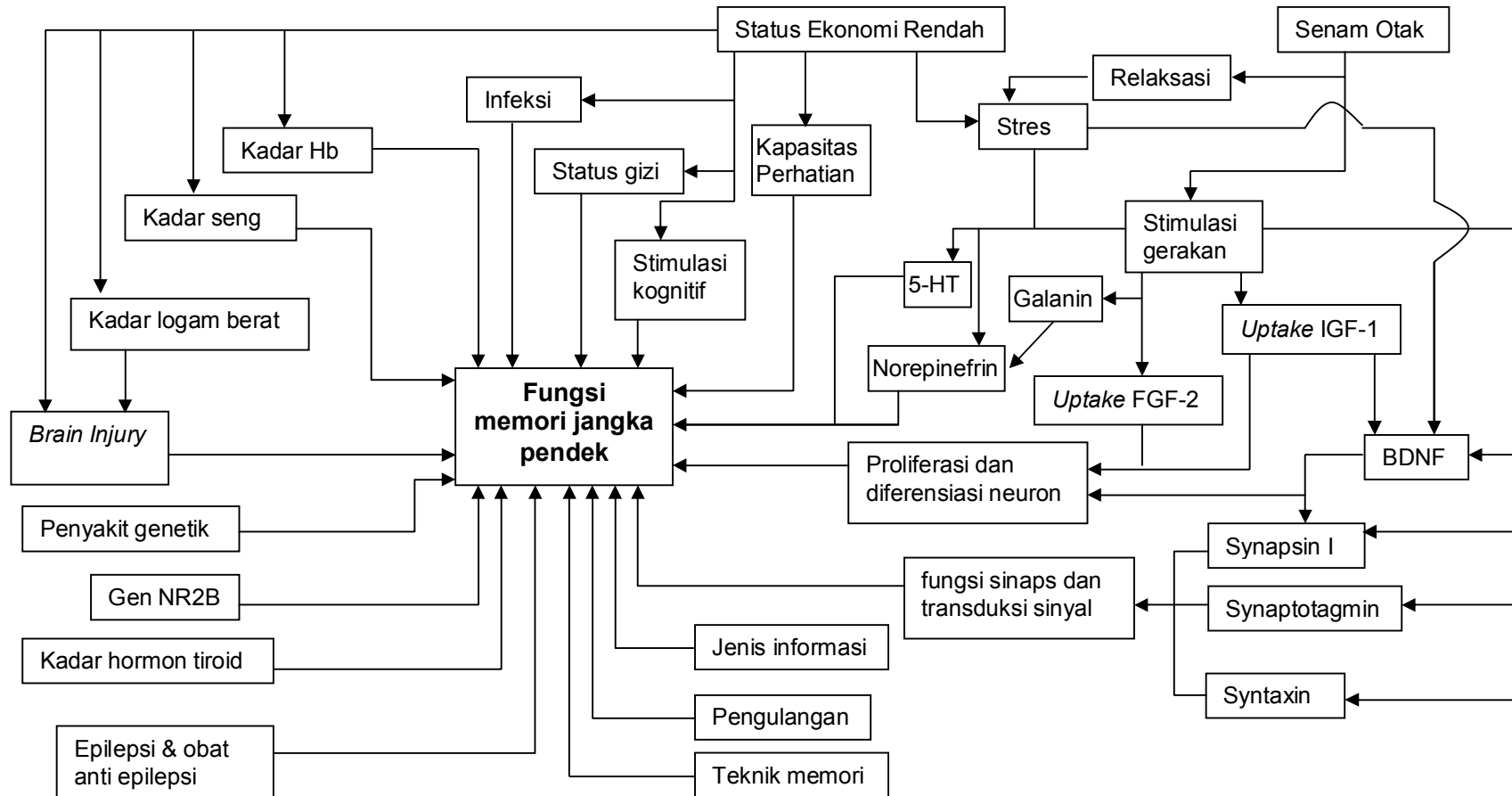
Sejumlah penelitian menemukan bahwa pendapatan keluarga mempengaruhi lingkungan tempat tinggal anak, kesempatan untuk belajar, interaksi yang hangat antara ibu dan anak, serta kondisi fisik rumah sehingga pada akhirnya akan mempengaruhi perkembangan kognitif anak. Beberapa penelitian menemukan perbedaan lingkungan rumah anak status ekonomi rendah dan tinggi yang diukur dengan skala HOME menyumbang secara substansial pada perkembangan kognitif anak prasekolah dan prestasi anak sekolah dasar.¹⁰

Interaksi harian berperan penting dalam perkembangan emosional dan mental. Saat otak sedang terbentuk dan belajar untuk berkembang, interaksi positif yang konsisten akan menjamin perkembangan otak yang baik. Penelitian menunjukkan bahwa asuhan yang berkualitas tinggi dapat meningkatkan perkembangan intelektual anak dari status ekonomi rendah.⁹

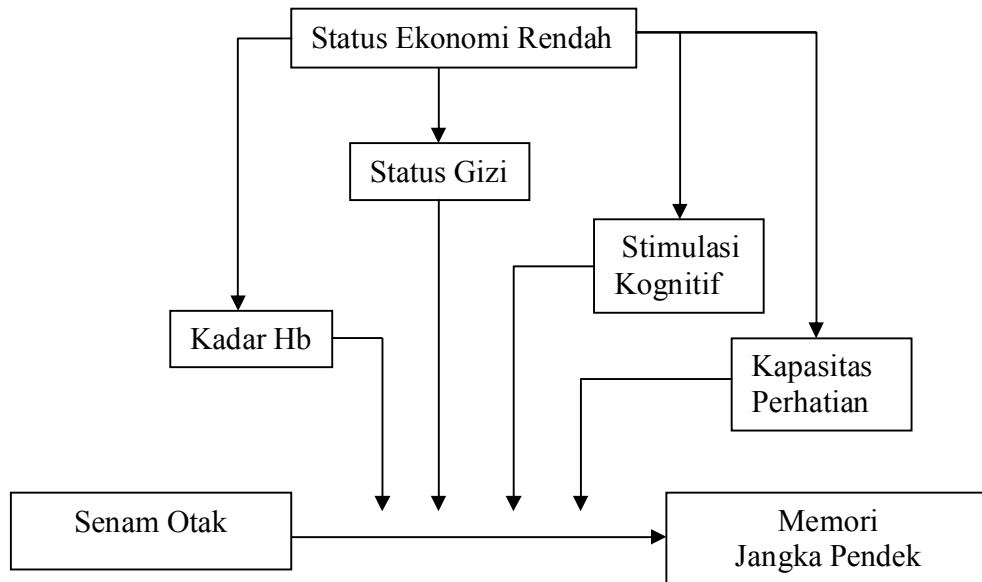
Anak dari keluarga status ekonomi rendah lebih sering mengalami masalah tingkah laku dan emosional termasuk agresi, kecemasan dan depresi. Selain itu depresi dan iritabilitas dapat terjadi pada orang tua dan berhubungan dengan interaksi berkonflik pada anak sehingga menyebabkan hambatan perkembangan kognitif, sosial dan emosional.¹⁰ Orang tua terutama ibu yang menderita depresi juga kurang mampu menyediakan stimulasi yang positif, kurang mampu berinteraksi dan gagal merespon kebutuhan emosional anaknya.⁹

Orang tua dengan status ekonomi rendah juga tidak leluasa memilih lingkungan dan sekolah yang baik untuk anak-anaknya. Penghasilan yang rendah menyebabkan keharusan tinggal di daerah miskin dengan disorganisasi sosial (kriminalitas, banyak pengangguran dll) serta minimnya sumber daya bagi perkembangan anak (tempat bermain, fasilitas kesehatan, kegiatan ekstrakurikuler dll).¹⁰

2.5. Kerangka Teori:



2.6. Kerangka Konsep



Faktor genetik, kadar faktor neurotrofik, 5-HT, norepinefrin tidak dimasukkan dan merupakan keterbatasan penelitian. Kadar logam berat & kadar seng tidak diperiksa tetapi dipilih lokasi kedua sekolah yang mirip dan jauh dari kawasan pabrik. Kadar hormon tiroid, adanya stres/kecemasan, infeksi, penyakit genetik dan epilepsi tidak diukur tetapi diperiksa secara fisik dan bila ada tanda-tanda penyakit tsb anak dieksklusi. Jenis informasi, adanya pengulangan dan teknik memori diatasi dengan standar pengukuran memori jangka pendek yang sama.

2.7. Hipotesis

2.7.1. Hipotesis Mayor

Latihan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan dapat meningkatkan fungsi memori jangka pendek anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.

2.7.2. Hipotesis Minor

1. Terdapat peningkatan bermakna skor tes *Digit Span* anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah setelah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
2. Terdapat peningkatan bermakna skor subtes *Digit Forward* anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah setelah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
3. Terdapat peningkatan bermakna skor subtes *Digit Backward* anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah setelah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
4. Terdapat peningkatan bermakna skor tes *Digit Symbol Coding* anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah setelah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
5. Terdapat perbedaan bermakna selisih skor tes *Digit Span* anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
6. Terdapat perbedaan bermakna selisih skor subtes *Digit Forward* anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
7. Terdapat perbedaan bermakna selisih skor subtes *Digit Backward* anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.

8. Terdapat perbedaan bermakna selisih skor tes *Digit Symbol Coding* anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.
9. Terdapat peningkatan bermakna performa akademis anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah setelah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Ruang Lingkup Penelitian

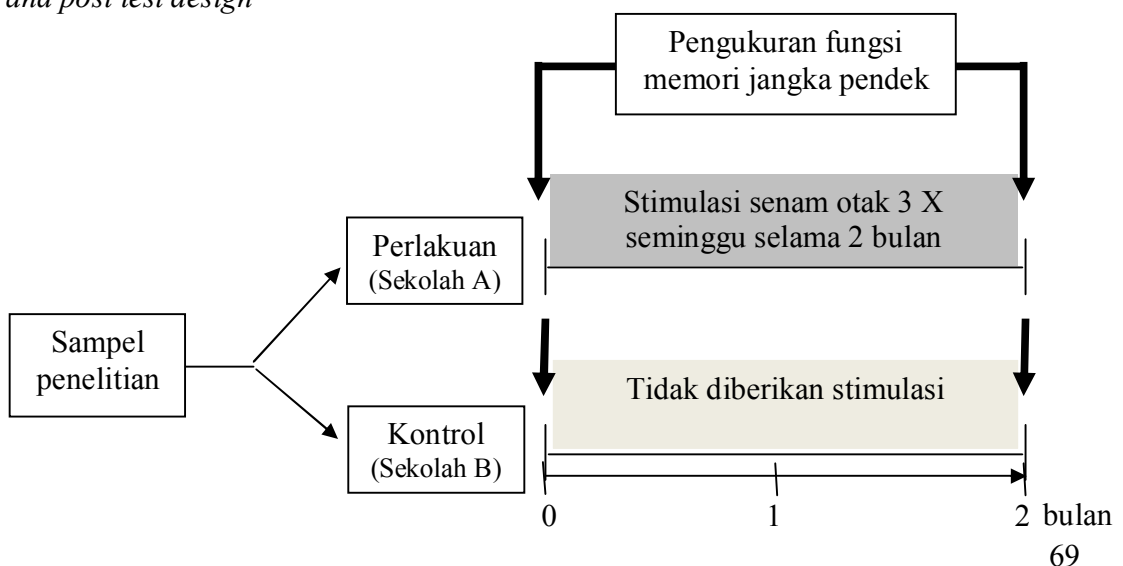
Ruang lingkup penelitian ini adalah Ilmu Kesehatan Anak, khususnya bidang neurologi anak.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di 2 sekolah dasar wilayah kelurahan Meteseh kecamatan Tembalang yaitu MI Nasrul Fajar dan MI Muta'alimin. Kelurahan Meteseh masih terdapat kawasan pertanian dan tidak terdapat pabrik. Lokasi keduanya tidak berdekatan, mempunyai karakteristik yang hampir sama, murid-muridnya berasal dari keluarga status ekonomi rendah dan tidak berada dalam 1 lingkungan perumahan. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Oktober sampai dengan November 2008.

3.3. Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *non randomized quasi experimental - pre and post test design*



3.4. Populasi dan Sampel

3.4.1. Populasi Target

Anak sekolah dasar dengan tingkat status ekonomi rendah

3.4.2. Populasi terjangkau

Murid-murid kelas 3 MI Nasrul Fajar dan MI Muta'alimin , kota Semarang dengan tingkat status ekonomi rendah

3.4.3. Sampel Penelitian

Populasi terjangkau yang memenuhi kriteria penelitian sebagai berikut:

3.4.3.1. Kriteria inklusi

- a. Murid kelas 3 berumur 8-9 tahun pada saat penelitian dilakukan.
- b. Berasal dari keluarga dengan status ekonomi rendah berdasar kriteria BLT (masuk dalam kriteria hampir miskin, miskin atau sangat miskin).
- c. Mendapat ijin dari orang tua untuk diikutsertakan dalam penelitian

3.4.3.2. Kriteria eksklusi

- a. Mempunyai riwayat trauma kepala
- b. Mempunyai kelainan dismorfik
- c. Mempunyai kelainan palsy serebralis
- d. Mempunyai penyakit / riwayat epilepsi dan atau mendapat pengobatan anti epilepsi jangka panjang
- e. Mempunyai gejala dan tanda penyakit tiroid

- f. Mempunyai riwayat infeksi intrakranial
- g. Mempunyai kelainan indera mata, telinga atau gangguan fungsi motorik pada ekstremitas atas sehingga mengganggu pengukuran memori.
- h. Anak sakit, cemas yang tidak dapat diredakan atau tidak masuk saat dilakukan pengukuran fungsi memori.

3.4.4. Besar Sampel

Besar sampel dihitung menggunakan rumus besar sampel untuk uji beda rerata 2 populasi. Rumus ini dipilih untuk membandingkan rerata skor fungsi memori jangka pendek, dalam hal ini menggunakan skor *Digit Span*. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya²² diketahui rerata skor *Digit Span* pada anak umur 8-9 tahun adalah 7.1 (SD=2.8). Apabila diperkirakan stimulasi senam otak akan meningkatkan skor *Digit Span* sebesar 1 SD, dan power penelitian ditetapkan sebesar 80% ($z\beta = 0.842$) dengan $\alpha=0.05$ ($z\alpha=1.96$), maka besar sampel adalah:

$$n_1 = n_2 = 2 \left[\frac{\delta(z\alpha + z\beta)}{x_1 - x_2} \right]^2 = 2 \left[\frac{3.8(1.96 + 0.842)}{7.1 - 9.9} \right]^2 = 29$$

apabila kemungkinan terjadi *drop-out* sebesar 10% maka besar sampel adalah:

$$n_{do} = \frac{n}{(1 - do)^2} = \frac{29}{(1 - 0.1)^2} = 36$$

Berdasarkan perhitungan diatas besar sampel minimal untuk kelompok perlakuan dan kelompok kontrol adalah 36 orang, besar sampel total adalah 72 orang.

3.4.5. Cara Sampling

Consecutive sampling. Setiap anak yang memenuhi kriteria penelitian dimasukkan dalam penelitian sampai jumlah sampel terpenuhi.

3.5. Variabel Penelitian

3.5.1. Variabel Bebas

Senam otak. (skala nominal; dengan stimulasi senam otak atau tanpa stimulasi senam otak)

3.5.2. Variabel Terikat

- a. Memori jangka pendek. (skala numerik)
- b. Performa akademis (skala numerik)

3.5.3. Variabel Perancu

- a. Kapasitas perhatian (skala numerik)
- b. Status gizi : keadaan gizi anak yang diukur dengan WAZ, HAZ, WHZ, IMT dan lingkar kepala (skala numerik).
- c. Kadar Hb (skala numerik)
- d. Skor kemiskinan (skala numerik)
- e. Skor stimulasi kognitif (skala numerik)

3.6. Definisi Operasional

No.	Variabel	Skala
1.	Senam otak Merupakan serangkaian gerak sederhana yang terdiri dari gerakan air, peregangan leher, peregangan lengan atas & bawah, peregangan pinggul, pompa betis, burung hantu, luncuran gravitasi, pasang kuda-kuda, sakelar otak, gerakan silang, delapan tidur, coretan ganda, gajah, pasang telinga, menguap berenergi, pernafasan perut dan kait relaks yang digunakan untuk menstimulasi otak. Dilakukan selama 2 bulan dengan frekuensi latihan 3 kali seminggu oleh guru kelas yang sebelumnya diberi pelatihan. Selain itu terdapat gambar yang ditempel di dinding kelas untuk mempermudah mengingat gerakan.	Nominal - Stimulasi senam otak - Tanpa stimulasi senam otak
2.	Memori jangka pendek: fungsi memori jangka pendek anak yang diukur dengan tes <i>Digit Span</i> (subtes <i>Digit Forward</i> dan <i>Digit Backward</i>) dan <i>Digit Symbol Coding</i>	Numerik
3.	Performa akademis: nilai harian anak pada berbagai mata pelajaran yang diberikan oleh guru kelas masing-masing	Numerik
4.	Kapasitas Perhatian: kapasitas perhatian anak yang diukur dengan tes <i>Picture Completion</i>	Numerik
5.	Status gizi : keadaan gizi anak yang diukur dengan WAZ, HAZ, WHZ dan IMT WAZ adalah skor Z berat badan menurut umur berdasarkan simpang baku rujukan NCHS HAZ adalah skor Z panjang badan menurut umur berdasarkan simpang baku rujukan NCHS WHZ adalah skor Z berat badan menurut panjang badan berdasarkan simpang baku rujukan NCHS IMT (Indeks Massa Tubuh) adalah skor berat badan (kg) dibagi tinggi badan (meter) kuadrat	Numerik
6.	Kadar Hb kadar Hb anak yang diukur dengan pemeriksaan sianmethemoglobin. Sampel darah diambil dari vena. Dinyatakan dalam gr%	Numerik
7.	Skor kemiskinan diukur dengan seberapa banyak memenuhi poin kriteria BLT	Numerik
8.	Skor stimulasi kognitif diukur dengan seberapa banyak memenuhi poin pemeriksaan HOME-SF subskala stimulasi kognitif	Numerik

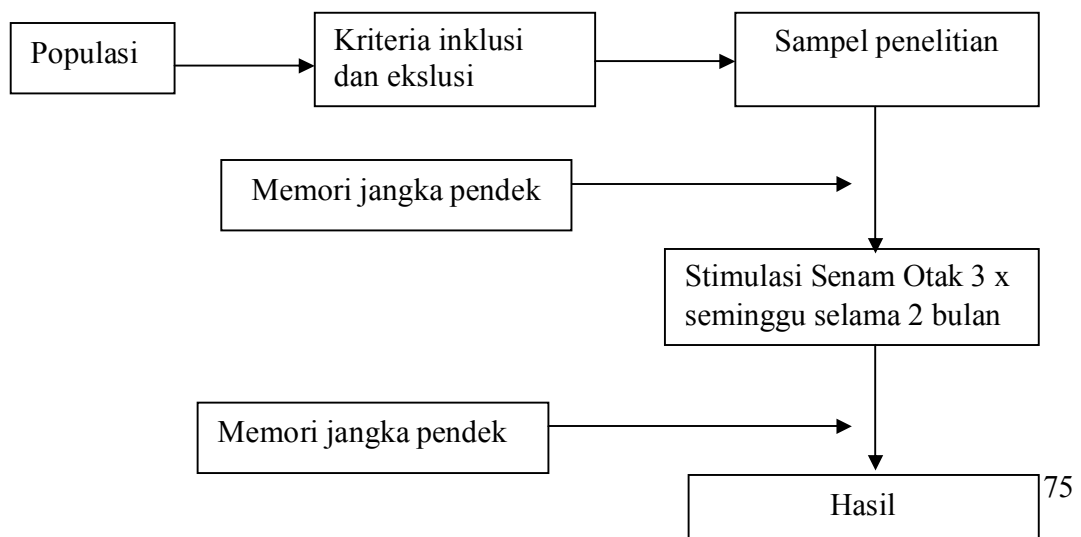
3.7. Cara Pengumpulan Data

1. Survei awal untuk menentukan sekolah dasar yang berada di kecamatan Tembalang untuk dijadikan lokasi penelitian dengan syarat lokasi keduanya tidak berdekatan, mempunyai karakteristik yang hampir sama, murid-muridnya berasal dari keluarga status ekonomi rendah dan tidak berada dalam 1 lingkungan perumahan.
2. Sebelum penelitian dimulai, dijelaskan kepada orangtua subyek penelitian tentang tujuan penelitian, prosedur pemeriksaan dan manfaat yang diperoleh. Jika orang tua subyek penelitian setuju untuk mengikuti penelitian, maka diminta bukti persetujuan secara tertulis.
3. Anak yang akan menjadi subyek penelitian diperiksa tingkat status ekonominya dengan kriteria penentuan penduduk miskin BLT dan dicatat dalam formulir penelitian.
4. Anak yang masuk kriteria inklusi kemudian dilakukan anamnesis dengan ibu/anggota keluarga terdekat yang merawat mengenai riwayat trauma dan sakit anak dan dilakukan pemeriksaan fisik meliputi jenis kelamin, umur, berat badan, tinggi badan, kondisi kesehatan anak serta dilakukan pemeriksaan kadar Hb, pemberian obat antihelminthiasis serta pengukuran HOME-SF subskala stimulasi kognitif.
5. Subyek penelitian kemudian diperiksa kapasitas perhatian & memori jangka pendek. Pemeriksaan berada di tempat yang tenang di dalam sekolah dan di

ruangan terpisah yang setiap distraksi visual telah dihilangkan. Semua anak mendapat kudapan dan minuman sebelum pemeriksaan untuk memastikan mereka tidak lapar dan haus selama pemeriksaan.

6. Kelompok perlakuan diberi stimulasi Senam Otak 3 kali seminggu (setiap 2 hari sekali) di sekolah saat pagi hari selama \pm 30 menit oleh guru kelas sekolah tersebut yang sebelumnya telah diberi pelatihan selama 2 hari.
7. Kelompok kontrol tidak diberikan stimulasi khusus, dan dibiarkan melakukan aktivitas sesuai dengan kebiasaan sehari-hari.
8. Stimulasi senam otak diberikan selama 2 bulan (24 kali latihan).
9. Anak yang absen selama 3 kali latihan dianggap *drop out*.
10. Setiap seminggu sekali peneliti datang secara mendadak tanpa pemberitahuan sebelumnya ke sekolah untuk memantau proses pelaksanaan Senam Otak.
11. Setelah 2 bulan dilakukan pemeriksaan kembali pada fungsi memori jangka pendeknya. Pemeriksaan dilakukan 1 hari setelah latihan terakhir.

3.8. Alur Penelitian



3.9. Analisis Data

Persiapan data sebelum analisis adalah *data cleaning, coding* dan tabulasi, dan selanjutnya data dimasukkan kedalam komputer.

Data yang berskala nominal seperti jenis kelamin dan sebagainya akan dideskripsikan sebagai distribusi frekuensi dan persen, sedangkan data yang berskala interval atau rasio akan dideskripsikan sebagai rerata dan simpang baku.

Uji homogenitas dilakukan terlebih dahulu pada karakteristik subyek. Kemudian perbedaan antara skor memori jangka pendek sebelum dan sesudah perlakuan diuji dengan uji Wilcoxon karena distribusi datanya tidak normal. Selisih perubahan skor memori jangka pendek antara kelompok penelitian dan perlakuan diuji dengan uji *t*-tak berpasangan pada data yang berdistribusi normal dan *Mann-Whitney U test* pada data yang berdistribusi tidak normal. Nilai $p \leq 0.05$ dianggap bermakna dengan 95% interval kepercayaan. Analisis data akan menggunakan program SPSS for Windows versi 15.

3.10. Etika Penelitian

Persetujuan untuk ikut serta dalam penelitian dimintakan dari orang tua murid dalam bentuk tanda tangan pada lembar persetujuan (*Informed Consent*). Penelitian telah disetujui oleh komite etika penelitian dengan nomor surat 60/EC/FK/RSDK/2008.

BAB 4

HASIL PENELITIAN

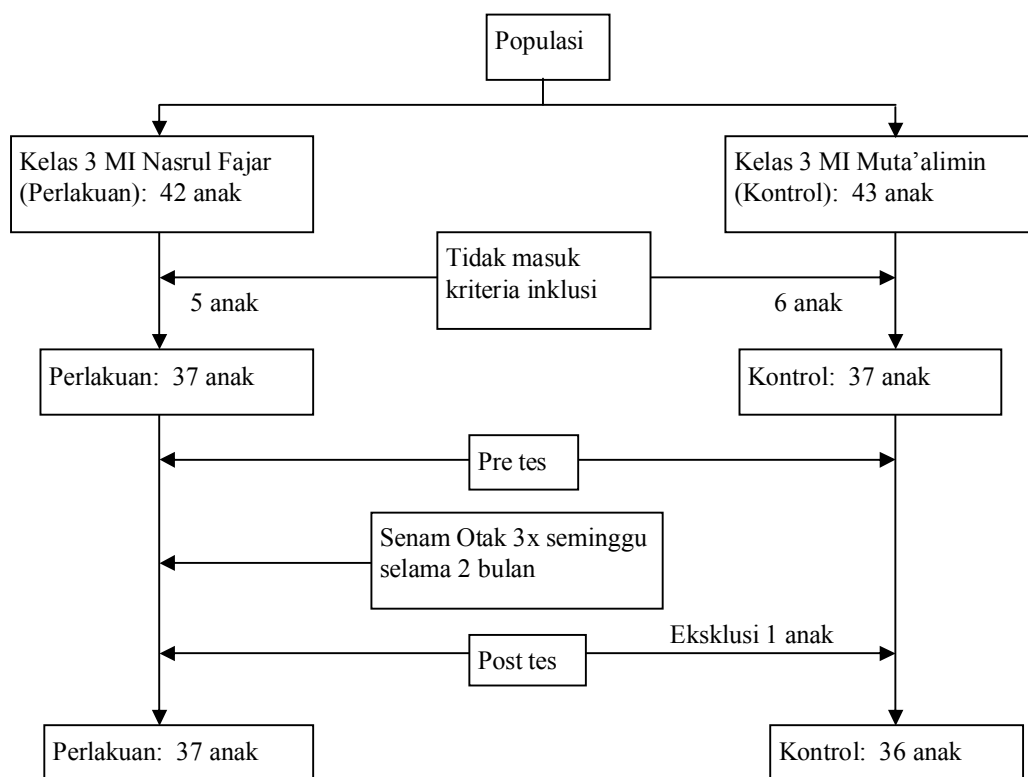
Tujuh puluh tiga subyek penelitian telah diteliti, terdiri kelompok perlakuan 37 anak dan kelompok kontrol 36 anak. Kelompok perlakuan murid-murid kelas 3 MI Nasrul Fajar berumur 8-9 tahun sedangkan kelompok kontrol murid-murid kelas 3 MI Muta'alimin yang berumur 8-9 tahun. Kedua sekolah berada di kelurahan Meteseh kecamatan Tembalang dengan letak berjauhan tetapi mempunyai karakteristik hampir sama, selain itu para murid antar kedua kelompok sampel tidak ada yang berdomisili dalam satu lingkungan perumahan.

Anak berumur 8-9 tahun dipilih karena pada saat itu anak masih berada pada rentangan usia dini. Pada masa ini (usia dini) seluruh potensi yang dimiliki anak perlu didorong sehingga akan berkembang secara optimal.²¹

Para pendukung intervensi dini selalu mengemukakan pentingnya 3 tahun pertama kehidupan dan periode-periode kritis pada kehidupan anak karena plastisitas otak menjadi maksimal pada beberapa tahun pertama kehidupan (3-4 tahun), namun berlanjut dengan kecepatan yang lebih lambat seumur hidup.²³ Utilisasi glukosa serebral pada berbagai tahap perkembangan berhubungan dengan maturasi behavioral, sinaptogenesis, plastisitas dan fenomena neuromaturasional yang lain. Pada umur 0-4 tahun metabolisme glukosa serebral meningkat hingga 2 kali dewasa, kemudian plateau sampai sekitar umur 10 tahun. Setelah itu laju metabolisme utilisasi glukosa korteks serebral mulai menurun dan diperkirakan perkembangan plastisitas otak juga

mulai menurun.²⁴ Dari hal-hal tsb, diharapkan penelitian ini masih dapat memberikan manfaat yang besar pada anak umur 8-9 tahun. Selain itu anak pada rentang umur tsb diharapkan dapat bekerja sama dengan baik dalam pelaksanaan penelitian.

Jumlah keseluruhan kelompok perlakuan 42 anak, tetapi 5 anak tidak masuk kriteria inklusi karena 2 anak berumur lebih dari 10 tahun, 2 anak tidak masuk kriteria miskin, 1 anak tidak mau diperiksa darah sehingga total menjadi 37 anak. Jumlah keseluruhan kelompok kontrol 43 anak, tetapi 6 anak tidak masuk kriteria inklusi karena 3 anak berumur lebih dari 10 tahun, 2 anak tidak masuk kriteria status ekonomi rendah, 1 orang tua menolak mengikuti penelitian, dan 1 anak terkena kriteria eksklusi karena tidak masuk saat pengukuran memori kedua.



Gambar 2. Subyek dan alur penelitian

Tabel 2. Karakteristik subyek penelitian

Variabel	Kelompok		Jumlah n(%)	p
	Perlakuan (n=37) n	Kontrol (n=36) n		
Jenis Kelamin				
• Laki-Laki	17	18	35 (47,94)	0,729 χ
• Perempuan	20	18	38 (52,05)	
Lingkar Kepala				
• Mesosefal	36	34	70 (95,89)	0,542 §
• Mikrosefal	1	2	3 (4,11)	
Status gizi berdasar BB/U				
• Berat badan lebih	0	0	0(0)	0,306 §
• Berat badan normal	33	29	62 (84,93)	
• Berat badan rendah	4	7	11 (15,07)	
• Berat badan sangat rendah	0	0	0 (0)	
Status gizi berdasar TB/U				
• Perawakan normal	27	29	56 (76,71)	0,447 §
• Perawakan pendek	10	7	17 (23,29)	
• Perawakan sangat pendek	0	0	0	
Status gizi berdasar BB/TB				
• Gizi lebih	0	1	1 (1,37)	0,311 §
• Gizi baik	37	35	72 (98,63)	
• Gizi kurang	0	0	0 (0)	
• Gizi buruk	0	0	0 (0)	
Status gizi berdasar IMT				
• <i>Overweight</i>	0	1	1 (1,37)	0,355 §
• <i>Healthy weight</i>	31	25	56 (76,71)	
• <i>Underweight</i>	6	10	16 (21,92)	
Hemoglobin				
• Normal	34	34	68 (93,15)	0,668 §
• Anemi	3	2	5 (6,85)	
Status ekonomi				
• Hampir miskin	24	25	49 (67,12)	0,679 §
• Miskin	13	11	24 (32,88)	
• Sangat miskin	0	0	0 (0)	
Tingkat stimulasi kognitif				
• Tinggi	0	0	0 (0)	0,972 §
• Menengah	34	33	67 (91,78)	
• Rendah	3	3	6 (8,22)	

§= Mann-Whitney U – test, χ = chi square test

Jumlah perempuan lebih banyak daripada laki-laki (52,05% dibanding 47,94%). Lingkar kepala sebagian besar normal (95,89%), status gizi berdasar BB/U sebagian besar normal (84,93%), berdasar TB/U sebagian besar normal (76,71%), berdasar IMT sebagian besar normal (76,71%) dan berdasar BB/TB tidak terdapat anak dengan status gizi buruk. Kadar hemoglobin sebagian besar normal (93,15%). Tingkat stimulasi kognitif anak sebagian besar pada tingkat menengah (91,78%). Tingkat kemiskinan sebagian besar anak masuk ke dalam kategori hampir miskin (67,12%) dan tidak ada yang masuk dalam kategori sangat miskin. Dari semua variabel tsb di atas, tidak ada perbedaan bermakna antara kelompok perlakuan dan kontrol.

Tabel 3. Fungsi memori dan faktor-faktor yang mempengaruhinya sebelum perlakuan

Variabel	Kelompok		p
	Perlakuan (Rerata ± SB)	Kontrol (Rerata ± SB)	
Memori jangka pendek:			
<i>Digit Span</i>	8,49 ± 1,32	8,64 ± 1,57	0,687 §
<i>Digit Forward</i>	5,41 ± 0,96	5,22 ± 1,02	0,405 §
<i>Digit Backward</i>	3,08 ± 0,64	3,42 ± 0,77	0,026* §
<i>Digit Symbol Coding</i>	31,22 ± 3,83	31,06 ± 6,34	0,896 ¥
Umur (bulan)	110,38 ± 5,36	110,92 ± 6,24	0,550 §
Lingkar kepala (cm)	50,62 ± 1,04	50,93 ± 1,41	0,304 §
WAZ	-1,24 ± 0,63	-1,27 ± 0,86	0,873 ¥
HAZ	-1,55 ± 0,66	-1,43 ± 0,75	0,490 ¥
WHZ	-0,14 ± 0,76	-0,39 ± 0,94	0,093 §
IMT	15,45 ± 1,25	15,16 ± 1,63	0,201 §
Kadar Hb (g/dL)	12,61 ± 1,05	12,47 ± 1,10	0,561 ¥
Skor kemiskinan	5,35 ± 1,38	5,11 ± 1,28	0,430 §
Skor HOME-SF	6,24 ± 1,62	6,44 ± 1,52	0,523 §
Kapasitas perhatian:			
<i>Picture completion</i>	8,11 ± 2,27	7,36 ± 2,87	0,221 ¥

SB= Simpang baku, ¥ = *Independent t-test*, § = *Mann-Whitney U test*, * = $p \leq 0,05$

Tidak ada perbedaan yang bermakna pada rerata umur antara kelompok perlakuan dibanding kelompok kontrol ($p = 0,550$). Tidak ada perbedaan yang bermakna pada status gizi berdasar BB/U ($p = 0,873$), TB/U ($0,490$), BB/TB ($p = 0,093$) maupun indeks massa tubuh ($p = 0,201$). Tidak ada perbedaan bermakna pada kadar hemoglobin ($p = 0,561$). Tidak ada perbedaan bermakna skor keluarga miskin ($p = 0,43$) antara kelompok perlakuan dan kontrol. Tidak ada pula perbedaan bermakna tingkat stimulasi kognitif berdasar skor HOME-SF ($p = 0,523$). Tidak pula didapatkan perbedaan bermakna fungsi memori jangka pendek berdasar *Digit Span* ($p=0,687$), subtes *Digit Forward* ($p=0,405$), tes *Digit Symbol Coding* ($p=0,896$) dan pada kapasitas perhatian yang diukur dengan tes *Picture Completion* ($p= 0,221$). Pada subtes *Digit Backward* didapatkan skor kelompok kontrol bermakna lebih tinggi dibanding kelompok perlakuan ($p=0,026$).

Tabel 4. Fungsi memori pada kelompok perlakuan

Variabel	Kelompok perlakuan		p Ψ
	Sebelum	Sesudah	
<i>Digit span</i>	8,49 \pm 1,32	9,32 \pm 1,51	0,000*
<i>Digit Forward</i>	5,41 \pm 0,96	5,89 \pm 0,97	0,003*
<i>Digit Backward</i>	3,08 \pm 0,64	3,47 \pm 0,80	0,002*
<i>Digit Symbol Coding</i>	31,22 \pm 6,55	38,92 \pm 7,58	0,000*

Ψ Wilcoxon Signed Ranks Test, * = $p \leq 0,05$

Peningkatan yang bermakna didapatkan pada rerata skor *Digit Span* ($p = 0,000$) dengan kedua subtesnya yaitu *Digit Forward* ($p = 0,003$) dan *Digit Backward* ($p = 0,002$) serta skor *Digit Symbol Coding* ($p = 0,000$) dalam kelompok perlakuan.

Tabel 5. Fungsi memori pada kelompok kontrol

Variabel	Kelompok kontrol		p Ψ
	Sebelum	Sesudah	
<i>Digit span</i>	8,64 \pm 1,57	8,83 \pm 1,52	0.470
<i>Digit Forward</i>	5,22 \pm 1,02	5,64 \pm 1,15	0.049*
<i>Digit Backward</i>	3,42 \pm 0,77	3,19 \pm 0,67	0.101
<i>Digit Symbol Coding</i>	30,5 \pm 7,86	36,44 \pm 6,91	0.000*

Ψ = Wilcoxon Signed Ranks Test, * = $p \leq 0,05$

Kelompok kontrol juga menunjukkan peningkatan rerata skor *Digit Span* dan *Digit Symbol Coding*, tetapi peningkatan *Digit Span* tidak bermakna ($p = 0.470$) sedangkan peningkatan skor *Digit Symbol Coding* bermakna secara statistik ($p = 0.000$). Dari kedua subtest *Digit Span*, didapatkan hasil yang berlawanan yaitu terdapat peningkatan yang bermakna pada *Digit Forward* ($p = 0.049$) tetapi terdapat penurunan pada *Digit Backward* walaupun tidak bermakna ($p = 0.101$).

Tabel 6. Perbandingan selisih perubahan skor memori jangka pendek

Variabel	Kelompok		p
	Perlakuan	Kontrol	
<i>Digit span</i>	0,84 \pm 1,19	0,19 \pm 1,55	0,088 §
<i>Digit Forward</i>	0,49 \pm 0,87	0,42 \pm 1,18	0,972 §
<i>Digit Backward</i>	0,38 \pm 0,68	-0,22 \pm 0,80	0,002* §
<i>Digit Symbol Coding</i>	7,70 \pm 7,17	5,39 \pm 5,40	0,125 ¥

¥ = Independent t-test, § = Mann-Whitney U test, * = $p \leq 0,05$

Pada kelompok perlakuan didapatkan selisih perubahan skor memori jangka pendek di semua pemeriksaan dan subtesnya lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol, tetapi tidak terdapat perbedaan bermakna pada selisih perubahan skor *Digit Span* total ($p=0,088$), subtes *Digit Forward* (0,972) dan tes *Digit Symbol Coding*

(p=0,125). Perbedaan bermakna hanya didapatkan pada subtes *Digit Backward* (p=0,002).

Tabel 7. Analisis stratifikasi perbandingan selisih skor memori jangka pendek

Variabel	Kelompok		p
	Perlakuan	Kontrol	
LK Mesesefal	(n=36)	(n=34)	
<i>Digit span</i>	0,81 ± 1,19	0,15 ± 1,58	0,083 §
<i>Digit Forward</i>	0,47 ± 0,88	0,38 ± 1,21	0,878 §
<i>Digit Backward</i>	0,36 ± 0,68	-0,23 ± 0,82	0,003* §
<i>Digit Symbol Coding</i>	7,78 ± 7,26	5,20 ± 5,39	0,099 ¥
BB/U normal	(n=33)	(n=29)	
<i>Digit span</i>	0,91 ± 1,18	0,07 ± 1,62	0,038* §
<i>Digit Forward</i>	0,55 ± 0,87	0,34 ± 1,23	0,581 §
<i>Digit Backward</i>	0,39 ± 0,70	-0,27 ± 0,75	0,001* §
<i>Digit Symbol Coding</i>	7,36 ± 7,35	4,55 ± 4,89	0,086 ¥
BB/U kurang	(n=4)	(n=7)	
<i>Digit span</i>	0,25 ± 1,26	0,71 ± 1,11	0,540 ¥
<i>Digit Forward</i>	0,00 ± 0,82	0,71 ± 0,95	0,241 ¥
<i>Digit Backward</i>	0,25 ± 0,50	0,00 ± 1,00	0,825 §
<i>Digit Symbol Coding</i>	10,50 ± 5,51	8,86 ± 6,41	0,679 ¥
TB/U normal	(n=27)	(n=29)	
<i>Digit span</i>	0,89 ± 1,15	0,17 ± 1,60	0,09 §
<i>Digit Forward</i>	0,48 ± 0,85	0,41 ± 1,24	0,925 §
<i>Digit Backward</i>	0,44 ± 0,69	-0,24 ± 0,74	0,001* §
<i>Digit Symbol Coding</i>	8,15 ± 7,18	5,27 ± 5,31	0,093 ¥
TB/U kurang	(n=10)	(n=7)	
<i>Digit span</i>	0,70 ± 1,34	0,29 ± 1,38	0,544 ¥
<i>Digit Forward</i>	0,50 ± 0,97	0,43 ± 0,97	0,918 §
<i>Digit Backward</i>	0,20 ± 0,63	-0,14 ± 1,07	0,555 §
<i>Digit Symbol Coding</i>	6,50 ± 7,41	5,86 ± 6,17	0,854 ¥
IMT normal	(n=31)	(n=25)	
<i>Digit span</i>	0,87 ± 1,20	-0,04 ± 1,57	0,035* §
<i>Digit Forward</i>	0,48 ± 0,85	0,28 ± 1,21	0,628 §
<i>Digit Backward</i>	0,39 ± 0,71	-0,32 ± 0,75	0,001* §
<i>Digit Symbol Coding</i>	7,90 ± 7,68	4,16 ± 4,84	0,039* ¥

IMT kurang	(n=6)	(n=10)	
<i>Digit span</i>	0,67 ± 1,21	0,50 ± 1,27	0,80 ¥
<i>Digit Forward</i>	0,50 ± 1,05	0,60 ± 1,07	0,858 ¥
<i>Digit Backward</i>	0,33 ± 0,52	-0,10 ± 0,87	0,314 §
<i>Digit Symbol Coding</i>	6,67 ± 3,93	9,00 ± 5,37	0,373 ¥
Hb normal	(n=34)	(n=34)	
<i>Digit span</i>	0,82 ± 1,21	0,12 ± 1,51	0,076 §
<i>Digit Forward</i>	0,44 ± 0,86	0,35 ± 1,12	0,995 §
<i>Digit Backward</i>	0,41 ± 0,70	-0,23 ± 0,82	0,002* §
<i>Digit Symbol Coding</i>	7,76 ± 7,48	5,32 ± 5,52	0,130 ¥
Hb kurang	(n=3)	(n=2)	
<i>Digit span</i>	1,00 ± 1,00	1,50 ± 2,12	0,80 §
<i>Digit Forward</i>	1,00 ± 1,00	1,50 ± 2,12	0,80 §
<i>Digit Backward</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,00 §
<i>Digit Symbol Coding</i>	7,00 ± 1,73	6,50 ± 3,53	0,80 §
BLT hampir miskin	(n=24)	(n=25)	
<i>Digit span</i>	1,04 ± 1,27	-0,12 ± 1,42	0,004* ¥
<i>Digit Forward</i>	0,54 ± 0,93	0,20 ± 1,08	0,388 §
<i>Digit Backward</i>	0,50 ± 0,72	-0,32 ± 0,75	0,000* §
<i>Digit Symbol Coding</i>	9,17 ± 7,52	5,00 ± 5,65	0,033* ¥
BLT miskin	(n=13)	(n=11)	
<i>Digit span</i>	0,46 ± 0,97	0,91 ± 1,64	0,438 ¥
<i>Digit Forward</i>	0,38 ± 0,77	0,91 ± 1,30	0,250 §
<i>Digit Backward</i>	0,15 ± 0,55	0,00 ± 0,89	0,814 §
<i>Digit Symbol Coding</i>	5,00 ± 5,83	6,27 ± 4,92	0,573 ¥
HOME menengah	(n=34)	(n=33)	
<i>Digit span</i>	0,94 ± 1,18	0,30 ± 1,51	0,099 §
<i>Digit Forward</i>	0,56 ± 0,86	0,55 ± 1,12	0,864 §
<i>Digit Backward</i>	0,41 ± 0,70	-0,24 ± 0,79	0,001* §
<i>Digit Symbol Coding</i>	7,38 ± 7,35	5,85 ± 5,26	0,331 ¥
HOME rendah	(n=3)	(n=3)	
<i>Digit span</i>	-0,33 ± 0,58	-1,00 ± 1,73	0,796 §
<i>Digit Forward</i>	-0,33 ± 0,58	-1,00 ± 1,00	0,346 §
<i>Digit Backward</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 1,00	1,00 §
<i>Digit Symbol Coding</i>	11,33 ± 3,78	0,33 ± 5,03	0,039* ¥

¥ = Independent t-test, § = Mann-Whitney U tes, * = p ≤ 0,05

Analisa selisih perubahan skor memori jangka pendek juga dilakukan pada berbagai variabel perancu. Kelompok BB/U normal didapatkan perbedaan bermakna pada tes *Digit Span* ($p=0,038$) dan subtes *Digit Backward* ($p=0,001$), sedangkan pada kelompok BB/U rendah tidak didapatkan perbedaan bermakna pada semua tes. Kelompok TB/U normal didapatkan perbedaan bermakna pada subtes *Digit Backward* ($p=0,001$), sedangkan pada kelompok TB/U rendah tidak didapatkan perbedaan bermakna pada semua tes. Kelompok IMT *healthy weight* terdapat perbedaan bermakna pada tes *Digit Span* ($p=0,035$) dan subtes *Digit Backward* ($p=0,001$) sedangkan kelompok IMT *underweight* tidak ada perbedaan bermakna pada semua tes. Pada kelompok dengan Hb normal didapatkan perbedaan bermakna pada subtes *Digit Backward* ($p=0,002$), sedangkan pada kelompok anemia tidak didapatkan perbedaan bermakna pada semua tes. Kelompok dengan kategori hampir miskin terdapat perbedaan bermakna pada tes *Digit Span* ($p=0,004$), *Digit Symbol Coding* ($p=0,033$) dan subtes *Digit Backward* ($p=0,000$), sedangkan pada subjek penelitian dengan kategori miskin tidak didapatkan perbedaan bermakna pada semua tes. Pada kelompok stimulasi kognitif menengah didapatkan perbedaan bermakna pada tes *Digit Backward* ($p=0,001$), sedangkan pada kelompok stimulasi kognitif rendah didapatkan perbedaan bermakna pada tes *Digit Symbol Coding* ($p=0,039$). Kelompok mesosefal didapatkan perbedaan bermakna tes *Digit Backward* ($p=0,003$), sedangkan pada kelompok mikrosefal tidak dapat dianalisa karena sampel yang sangat sedikit.

Tabel 8. Perbandingan selisih perubahan skor memori jangka pendek kelompok perlakuan berdasar skor kemiskinan

Variabel	Kelompok Perlakuan		P
	Hampir miskin (n=24)	Miskin (n=13)	
<i>Digit span</i>	1,04 ± 1,27	0,46 ± 0,97	0,160 ¥
<i>Digit Forward</i>	0,54 ± 0,93	0,38 ± 0,77	0,588 §
<i>Digit Backward</i>	0,50 ± 0,72	0,15 ± 0,55	0,162 §
<i>Digit Symbol Coding</i>	9,17 ± 7,52	5,00 ± 5,83	0,092 ¥

¥ = *Independent t-test*, § = *Mann-Whitney U test*

Perbedaan bermakna tidak didapatkan pada selisih perubahan skor *Digit Span* ($p=0,160$) beserta kedua subtesnya *Digit Forward* ($p=0,588$) dan *Digit Backward* ($p=0,162$) antara kelompok perlakuan dengan kategori hampir miskin dan kategori miskin. Perbedaan bermakna tidak pula didapatkan pada selisih perubahan skor *Digit Symbol Coding* ($p=0,092$) antara kelompok perlakuan dengan kategori hampir miskin dan kategori miskin.

Tabel 9. Nilai tes harian sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak

Mata Pelajaran	Kelompok Perlakuan		p
	Sebelum (Rerata ± SB)	Sesudah (Rerata ± SB)	
Aqidah	87,05 ± 12,14	87,88 ± 13,77	0,459 Ψ
Sejarah Kebudayaan Islam	81,46 ± 15,74	88,78 ± 15,68	0,019* Ψ
Pendidikan Kewarganegaraan	68,16 ± 18,83	72,89 ± 20,91	0,257 Ψ
Seni Budaya & Ketrampilan	77,44 ± 4,27	76,54 ± 4,16	0,366 Ψ
Matematika	75,85 ± 12,02	88,25 ± 13,38	0,000* Ψ
Bahasa Indonesia	65,79 ± 23,67	91,32 ± 13,78	0,000* Ψ
IPA	63,85 ± 13,95	68,63 ± 14,54	0,058 ‡
IPS	75,00 ± 11,55	79,38 ± 17,77	0,063 Ψ
Bahasa Jawa	81,43 ± 14,17	89,91 ± 15,25	0,001* Ψ

SB= Simpang baku, ‡ = *Paired t-test*, Ψ = *Wilcoxon Signed Ranks Test*, * = $p \leq 0,05$

Peningkatan bermakna didapatkan pada nilai tes harian pada empat mata pelajaran yaitu Sejarah Islam ($p=0,019$), Matematika ($p=0,000$), Bahasa Indonesia ($p=0,000$) dan Bahasa Jawa ($p=0,001$) dalam kelompok perlakuan. Lima mata pelajaran lain tidak didapatkan perbedaan bermakna yaitu mata pelajaran Aqidah ($p=0,459$), Pendidikan Kewarganegaraan ($p=0,257$), Seni Budaya ($p=0,366$), Ilmu Pengetahuan Alam ($p=0,058$) dan Ilmu Pengetahuan Sosial ($p=0,063$).

Tabel 10. Nilai tes harian kelompok kontrol

Mata Pelajaran	Kelompok Kontrol		p
	Awal (Rerata \pm SB)	Akhir (Rerata \pm SB)	
Aqidah	73,57 \pm 13,35	70,81 \pm 10,04	0,061 ‡
Sejarah Kebudayaan Islam	83,10 \pm 7,11	81,67 \pm 6,31	0,245 ‡
Pendidikan Kewarganegaraan dan Pengetahuan Sosial	69,25 \pm 15,09	68,15 \pm 13,00	0,669 Ψ
Kerajinan Tangan dan Kesenian	71,73 \pm 6,28	73,63 \pm 7,21	0,206 Ψ
Matematika	71,37 \pm 15,25	59,42 \pm 13,11	0,000* ‡
Bahasa Indonesia	61,03 \pm 15,10	69,44 \pm 16,26	0,001* ‡
Pengetahuan Alam	67,67 \pm 12,27	61,28 \pm 14,99	0,053 ‡
Bahasa Inggris	65,06 \pm 21,59	64,86 \pm 21,29	0,966 ‡
Bahasa Jawa	73,92 \pm 14,19	76,95 \pm 9,40	0,138 Ψ

SB= Simpang baku, ‡= Paired t-test, Ψ = Wilcoxon Signed Ranks Test, *= $p \leq 0,05$

Perbedaan bermakna nilai harian di awal dan akhir semester tidak didapatkan dalam kelompok kontrol pada 7 mata pelajaran yaitu Aqidah ($p=0,061$), Sejarah Kebudayaan Islam ($p=0,245$), Pendidikan Kewarganegaraan dan Pengetahuan Sosial ($p=669$), Kerajinan Tangan dan Kesenian ($p=0,206$), Pengetahuan Alam ($p=0,053$), Bahasa Inggris ($p=0,966$) dan Bahasa Jawa ($p=0,138$). Peningkatan bermakna

didapatkan pada mata pelajaran Bahasa Indonesia ($p=0,001$), sedangkan pada mata pelajaran Matematika didapatkan penurunan bermakna ($p=0,000$).

Tabel 11. Perbandingan selisih perubahan nilai harian

Mata Pelajaran	Kelompok		p
	Kelompok Perlakuan	Kelompok Kontrol	
Aqidah	$0,83 \pm 15,32$	$-2,76 \pm 8,66$	0,118 §
Sejarah Kebudayaan Islam	$7,32 \pm 17,89$	$-1,43 \pm 7,85$	0,006* ¥
Ketrampilan - Seni	$-0,89 \pm 5,48$	$1,90 \pm 9,96$	0,064 §
Matematika	$12,40 \pm 14,28$	$-11,95 \pm 18,63$	0,000* ¥
Bahasa Indonesia	$25,53 \pm 21,77$	$8,41 \pm 14,11$	0,000* ¥
Ilmu Pengetahuan Alam	$4,77 \pm 14,52$	$-6,38 \pm 19,98$	0,006* ¥
Bahasa Jawa	$8,48 \pm 13,83$	$3,03 \pm 11,49$	0,090 §

¥ = Independent t-test, § = Mann-Whitney U tes, * = $p \leq 0,05$

Selisih perubahan nilai harian didapatkan pada kelompok perlakuan lebih kecil dibandingkan kelompok kontrol hanya pada mata pelajaran Ketrampilan-Seni, tetapi perbedaan ini tidak bermakna ($p=0,064$). Begitu pula mata pelajaran Aqidah ($p=0,118$) dan Bahasa Jawa ($p=0,09$) tidak ditemukan perbedaan bermakna. Pada empat mata pelajaran lain didapatkan selisih perubahan nilai harian kelompok perlakuan lebih tinggi secara bermakna dibandingkan kelompok kontrol yaitu pada mata pelajaran Sejarah Kebudayaan Islam ($p=0,006$), Matematika ($p=0,000$), Bahasa Indonesia ($p=0,000$) dan Ilmu Pengetahuan Alam ($p=0,006$).

BAB 5

PEMBAHASAN

Status gizi kurang menurut BB/U didapatkan pada penelitian ini sebanyak 15,07%, lebih kecil bila dibandingkan Survei Kesehatan Rumah Tangga (SKRT) 2004 yang menemukan gizi kurang pada anak balita sebesar 16,6% pada daerah perkotaan dan 20,4% pada daerah pedesaan. Anak dengan perawakan pendek didapatkan sebanyak 23,29%, lebih besar dibanding data SKRT 2004 yang menemukan balita pendek sebesar 22,6% di daerah perkotaan tetapi lebih kecil bila dibandingkan daerah pedesaan (28,2%).⁹⁶

Berdasarkan perhitungan IMT, terdapat 21,92% anak dengan gizi kurang. Hal ini lebih besar dibandingkan SKRT 2004 yang menemukan 20,9% anak usia 5-12 tahun dengan gizi kurang. Pada penelitian ini didapatkan satu anak (1,37%) dengan gizi lebih menurut IMT, lebih kecil dibandingkan dengan SKRT 2004 sebesar 8,5% pada anak umur 5-12 tahun berdasar IMT.⁹⁶ Hal ini mungkin dikarenakan pada SKRT 2004 tidak hanya dari anak dengan status ekonomi rendah tetapi meliputi anak dari semua strata ekonomi.

Gershoff (2003) menggunakan data *Early Childhood Longitudinal Study, Kindergarten Class (ECLS-K) 1998-1999* mendapatkan 12% anak yang berasal dari keluarga berpenghasilan rendah di Amerika mempunyai status gizi lebih, lebih besar dari hasil peneliti (1,37%).⁹⁵ Isanaka S dkk (2006) meneliti anak umur 5-12 tahun dari keluarga dengan *food insecurity* di Bogota, Columbia, mendapatkan anak dengan

perawakan pendek sebesar 14,2% dan anak dengan berat badan rendah sebesar 3,9%,⁹⁷ lebih sedikit dibanding hasil peneliti (23,29% dan 15,07%). Brooks-Gunn dan Duncan (1997) menemukan proporsi anak pendek pada populasi anak miskin di Amerika umur 2-17 tahun sebesar 10%,¹⁰ lebih sedikit dari hasil peneliti (23,29%). Hal ini mungkin disebabkan adanya pendapatan perkapita Amerika dan Columbia yang lebih besar daripada Indonesia.

Alat ukur HOME-SF subskala stimulasi kognitif lebih sedikit dibandingkan skala HOME penuh. Skala HOME-SF yang digunakan penelitian ini juga hanya disadur dari aslinya secara langsung dan belum melalui prosedur validasi pada masyarakat Indonesia. Kedua hal ini merupakan kelemahan dalam penelitian ini.

Penelitian ini mendapatkan hasil tes *Digit Span* pra intervensi pada kelompok perlakuan sebesar $8,49 \pm 1,32$ dan kelompok kontrol sebesar $8,64 \pm 1,57$, lebih besar dibandingkan dengan temuan Kramer (1995) sebesar $8,02 \pm 0,19$ pada anak dari keluarga berpenghasilan rendah di Amerika.¹ Hal ini mungkin disebabkan adanya perbedaan kelompok umur (6-16 tahun) dan jumlah subyek penelitian jauh lebih banyak.

Setelah dilakukan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan, didapatkan peningkatan yang bermakna pada tes *Digit Span* ($p=0,000$) dan tes Digit Symbol Coding ($p=0,000$) pada kelompok perlakuan. Dari masing-masing subtes *Digit Span* yaitu *Digit Forward* dan *Digit Backward* juga didapatkan peningkatan yang bermakna ($p=0,003$ dan $p=0,002$).

Peningkatan fungsi memori ini sejalan dengan penelitian-penelitian Senam Otak sebelumnya walaupun penelitian-penelitian tsb menggunakan tes yang berlainan dengan penelitian ini.

Donczik (2001) menemukan peningkatan bermakna kemampuan membaca pada anak-anak disleksia. Donczik juga menemukan peningkatan memori jangka pendek dengan tes *Luria 90 Battery*.¹⁶

Sidiarto (2003) melakukan penelitian yang mirip pada lanjut usia umur 48-70 tahun 2 kali seminggu selama 8 minggu, menemukan peningkatan yang bermakna pada tes *Digit Backward* yaitu dari $3,99 \pm 1,07$ menjadi $4,80 \pm 0,99$. Sidiarto juga menemukan peningkatan pada pemeriksaan fungsi memori yang lain yaitu *Delayed Recall*.²⁰

Berbagai penelitian lain juga menemukan peningkatan kemampuan membaca dan menulis pada anak. Bourne (2004) dengan pemeriksaan *Alberta Diagnostic Reading Test* menemukan peningkatan yang bermakna pada kemampuan membaca anak kelas 2-3.⁶¹ Trahan (2004) menemukan peningkatan kemampuan membaca dengan *Star Reading Test (STR)*,¹⁸ sedangkan Carpenter (2005) menemukan peningkatan dengan *TPRI reading test*.⁶² Begitu pula Honegger (2004) menemukan peningkatan kemampuan menulis pada anak kelas 1 SD.¹⁹ Kemampuan membaca dan menulis sangat membutuhkan peran fungsi memori jangka pendek, sehingga peningkatan fungsi memori jangka pendek akan membantu peningkatan kedua kemampuan tersebut.

Peningkatan bermakna didapatkan pada tes *Digit Symbol Coding* ($p=0.000$) dan subtes *Digit Forward* ($p=0,049$) tanpa peningkatan bermakna tes *Digit Span* ($p=0.470$) dalam kelompok kontrol. Hal ini masih mungkin disebabkan adanya *testing effect* karena jenis pemeriksaan yang sama sehingga subjek penelitian merasa lebih siap pada pemeriksaan yang kedua walaupun tidak ada pemberitahuan. Untuk mengetahui bahwa perbaikan pada kelompok perlakuan disebabkan adanya *testing effect* atau adanya perlakuan Senam Otak dijelaskan dengan tabel 6 tentang selisih perubahan skor memori jangka pendek. Peningkatan tes *Digit Symbol Coding* juga mungkin disebabkan tes tersebut tidak hanya mengukur memori jangka pendek tetapi juga mengukur kecepatan koordinasi visual motorik, kapasitas mempelajari dan merespon materi visual baru, belajar asosiatif dan kemampuan menirukan materi visual yang baru dipelajari. Fungsi terpenting untuk mendapatkan skor yang tinggi adalah kecepatan psikomotor. Karena koordinasi visual-motorik tampak di sini, maka tidak mengherankan bila anak yang biasa baca tulis akan mendapat skor tinggi.²¹

Selisih perubahan skor memori jangka pendek kelompok perlakuan di semua pemeriksaan dan subtesnya lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol tetapi tidak terdapat perbedaan bermakna pada selisih skor *Digit Span* total ($p=0,088$), subtes *Digit Forward* ($0,972$) dan *Digit Symbol Coding* ($p=0,125$). Perbedaan selisih skor memori jangka pendek didapatkan bermakna hanya pada subtes *Digit Backward* ($p=0,002$). Hal ini mungkin disebabkan karena pelaksanaan Senam Otak pada anak-anak tidak selalu sesuai dengan yang dicontohkan dan diinginkan, sedangkan yang bertindak sebagai instruktur hanya guru kelas serta penulis tidak dapat memantau

setiap saat dan pada setiap murid. Sebab lain mungkin frekuensi dan lama pelaksanaan Senam Otak pada penelitian ini hanya 3 kali seminggu selama 2 bulan. Penelitian ini mirip dengan penelitian Sidiarto (2003) pada orang dewasa dengan frekuensi 2 kali seminggu selama 8 minggu.²⁰ Penelitian pada anak lainnya menggunakan frekuensi lebih sering dan periode yang lebih panjang, misalnya Trahan (2004) memberikan Senam Otak pada anak kelas 3 selama 9 minggu setiap hari,¹⁸ Honegger (2004) pada anak kelas 1 melakukan sebanyak 3 kali seminggu selama 6 bulan.¹⁹ Freeman (2000) memberikan Senam Otak pada murid-murid kelas 3-5 setiap hari selama satu tahun,⁶⁰ Bourne (2004) pada anak kelas 2-3 dengan frekuensi setiap hari selama 1 tahun,⁶¹ sedangkan Carpenter (2005) pada anak kelas 1 dengan lama 6 bulan dan frekuensi setiap hari.⁶² Perbedaan ini diduga juga berhubungan dengan perlunya waktu yang lebih lama pada anak agar gerakannya menjadi lebih baik dan sempurna. Disamping itu, penelitian lain belum ada yang membuat analisa selisih perubahan skor pemeriksaan.

Penelitian berikutnya diusulkan untuk mengikutsertakan anak dengan usia lebih besar sehingga dapat mengerjakan gerakan yang lebih baik dan pada anak usia yang sama atau lebih kecil diberikan pelatihan gerakan dan pengawasan yang lebih baik lagi misalnya dengan jumlah pelatih dan pengawas yang lebih banyak dan hari pengawasan yang lebih sering.

Perbedaan bermakna pada selisih perubahan skor *Digit Backward* mungkin juga disebabkan Senam Otak yang berpengaruh pada ketahanan anak terhadap stress. Tes *Digit Backward* lebih kompleks dari pada *Digit Forward*. Subyek harus

menyimpan ingatan lebih lama dan merubahnya sebelum menyatakan ke luar. Performa pada subtes ini amat dipengaruhi oleh kecemasan dan ketegangan. Individu yang bebas dari kecemasan akan dapat mengerjakan subtes ini dengan baik. Jadi performa yang lebih baik pada *Digit Backward* mungkin menunjukkan orang yang lebih fleksibel, dapat berkonsentrasi dan toleran terhadap stress.²¹ Dengan alasan ini, Senam Otak dapat dikatakan bermanfaat dan dapat diterapkan pada anak dari keluarga status ekonomi rendah karena anak-anak tsb lebih banyak mengalami paparan stres dibandingkan anak dari keluarga status ekonomi menengah-tinggi¹⁰ seperti yang sudah dijelaskan di atas.

Analisis stratifikasi selisih perubahan skor memori jangka pendek pada berbagai kelompok variabel perancu, didapatkan kesan adanya pengaruh berbagai faktor perancu pada tes memori jangka pendek. Hal ini ditunjukkan pada kelompok BB/U kurang, perawakan pendek, IMT *underweight*, kondisi anemia, kategori BLT miskin dan kelompok stimulasi kognitif rendah tidak menunjukkan perbedaan bermakna semua tes dan subtes kecuali pada kelompok stimulasi kognitif rendah terdapat perbedaan bermakna dalam tes *Digit Symbol Coding*. Walau demikian, hal ini belum tentu benar karena jumlah subyek penelitian yang lebih kecil dibandingkan kelompok yang lebih baik (BB/U normal, perawakan normal, IMT *healthy weight*, Hb normal, kategori BLT hampir miskin dan kelompok stimulasi kognitif menengah).

Pengaruh derajat kemiskinan sepertinya juga muncul pada kelompok dengan intervensi Senam Otak. Pada kelompok kategori BLT hampir miskin didapatkan selisih perubahan skor memori jangka pendek yang lebih tinggi di semua tes dan

subtes dibanding kelompok miskin, walaupun perbedaan tersebut tidak bermakna serta perbandingan kelompok yang kurang proporsional. Dengan jumlah subjek penelitian yang lebih besar dan perbandingan yang lebih proporsional kemungkinan perbedaan ini dapat saja bermakna. Perbedaan ini mungkin disebabkan faktor lain yang belum diperiksa secara lebih teliti pada penelitian ini. Faktor lain tsb mungkin adalah faktor stres. Walaupun tidak terdapat anak yang cemas saat pengukuran, mungkin saja terdapat faktor stres dalam keluarga yang mempengaruhi keseharian anak di rumah.

Anak dari keluarga status ekonomi rendah lebih sering mengalami masalah tingkah laku dan emosional termasuk agresi, kecemasan dan depresi. Selain itu depresi dan iritabilitas dapat terjadi pada orang tua dan berhubungan dengan interaksi berkonflik pada anak sehingga menyebabkan hambatan perkembangan kognitif, sosial dan emosional.¹⁰ Orang tua terutama ibu yang menderita depresi juga kurang mampu menyediakan stimulasi yang positif, kurang mampu berinteraksi dan gagal merespon kebutuhan emosional anaknya.⁹

Stres yang berulang ditemukan pula pada penelitian binatang dapat menyebabkan atrofi dendrit, menekan neurogenesis hippocampus serta mengganggu proses *spatial learning* dan memori.⁵¹ Stres ternyata memodulasi ekspresi gen neurotrophin di otak. Ekspresi BDNF diketahui menurun sebagai respon stressor jangka pendek ataupun panjang yang mungkin menyumbang terhadap kerusakan hippocampus.^{54,98} Dari pernyataan ini mungkin saja respon peningkatan BDNF yang

diharapkan dari gerakan Senam Otak kemudian dihambat oleh adanya stres atau lingkungan dengan tekanan.

Selain dari data obyektif penelitian, para guru MI Nasrul Fajar menemukan manfaat Senam Otak pada keseharian proses belajar mengajar yang lebih baik dan terlihat pada nilai harian murid-murid. Peningkatan bermakna 7-25 poin didapatkan pada nilai harian 4 mata pelajaran (Matematika, Bahasa Indonesia, Bahasa Jawa dan Sejarah Kebudayaan Islam). Empat mata pelajaran lain terdapat peningkatan tapi tidak bermakna (IPA, IPS, Aqidah, Pendidikan Kewarganegaraan) dan 1 mata pelajaran terdapat penurunan yang tidak bermakna (Seni Budaya dan Keterampilan).

Mata pelajaran yang mengalami peningkatan bermakna ternyata pada perbandingan selisih perubahan nilai harian juga didapatkan kelompok perlakuan lebih tinggi secara bermakna dibanding kontrol kecuali Bahasa Jawa. Mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam walaupun tidak terdapat peningkatan bermakna tetapi selisih nilai harian kelompok perlakuan juga lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Hal ini dikarenakan pada kelompok kontrol didapatkan penurunan yang cukup besar pada mata pelajaran tsb.

Perbaikan nilai harian kelompok perlakuan pada berbagai mata pelajaran sejalan dengan penelitian-penelitian Senam Otak terdahulu. Perbaikan nilai harian pada pelajaran berbahasa dapat dikatakan sejalan dengan penelitian Hannaford (1995), Freeman (2000), Bourne (2004), Trahan (2004), Carpenter (2005) dan Honegger (2005) yang menemukan perbaikan kemampuan membaca dan menulis pada anak. Perbaikan nilai harian pada mata pelajaran Matematika juga didapatkan oleh

Hannaford (1995) yang menemukan kemajuan satu tahun pada matematika yang diperiksa dengan *Brigance Inventory of Basic Skill Test*. Walaupun begitu, 4 mata pelajaran yang lain (Pendidikan Kewarganegaraan, IPA, IPS, Aqidah) tidak didapatkan peningkatan yang bermakna. Hal ini tentu saja ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi nilai harian seperti kemampuan guru dalam mengajar, cara mengajar bahkan minat anak dalam mata pelajaran tsb. Mata pelajaran Seni Budaya dan Keterampilan didapatkan penurunan nilai harian walaupun tidak bermakna, hal ini selain faktor-faktor di atas, kemungkinan besar karena penilaiannya yang bersifat subyektif dan tidak tertulis.

Performa akademis selain ditentukan fungsi afektif juga bergantung dari fungsi inteligensi anak.² Sayangnya dalam penelitian ini, intelegensi anak tidak diperiksa, sehingga masih mungkin anak dengan IQ tinggi mempunyai nilai harian lebih tinggi dibanding anak dengan IQ yang lebih rendah. Hal ini menjadi kelemahan penelitian ini.

Nilai harian yang ada juga tidak tercatat tanggal pelaksanaannya, hanya terdapat urutannya saja sehingga diambil nilai harian pertama dan terakhir. Hal ini juga menjadi kelemahan penelitian ini sehingga seberapa lama efek Senam Otak dapat bertahan tidak dapat dianalisis lebih jauh.

Penelitian sebelum ini belum pernah meneliti seberapa lama efek Senam Otak dapat bertahan, hanya terdapat penelitian Drabben-Thieman (2001) pada pasien Alzheimer yang menunjukkan penurunan kemampuan mengingat saat Senam Otak dihentikan selama paling sedikit satu minggu.⁶³

Walaupun demikian hasil penelitian Drabben-Thieman (2001) tidak dapat dibandingkan dengan penelitian ini karena adanya perbedaan populasi. Hal ini mendorong perlunya penelitian lebih lanjut lagi untuk menganalisis seberapa lama efek Senam Otak dapat bertahan tanpa adanya pengulangan latihan.

Penulis mengusulkan penelitian selanjutnya untuk memasukkan faktor IQ dalam menganalisis peningkatan performa akademis, selain itu diperlukan guru dan tes harian yang sama untuk kelompok kontrol dan perlakuan. Beberapa tes dengan selang waktu pasca perlakuan diperlukan pula untuk mengetahui seberapa lama efek Senam Otak dapat bertahan tanpa pengulangan latihan.

Keterbatasan Penelitian

1. Pengukuran tes memori visual tidak menggunakan tes *Corsi Block* (dikarenakan faktor teknis) yang dianggap versi visual dari tes *Digit Span*. Faktor genetik, kadar faktor neurotrofik, 5-HT, norepinefrin juga tidak dimasukkan dan merupakan keterbatasan penelitian. Nilai harian yang ada tidak dapat menunjukkan seberapa lama efek Senam Otak dapat bertahan.
2. Penelitian ini menggunakan desain kuasi eksperimental. Tidak terdapat pengambilan acak, pembutaan dan pencocokan.
3. Pelaksanaan Senam Otak tidak dapat diberikan dengan supervisi yang ketat pada setiap subyek penelitian, mengingat umur subyek penelitian yang masih anak-anak belum tentu memahami dan melaksanakan setiap gerakan dengan baik dan benar.

BAB 6

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

1. Terdapat peningkatan skor tes *Digit Span* setelah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.
2. Terdapat peningkatan skor subtes *Digit Forward* setelah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.
3. Terdapat peningkatan skor subtes *Digit Backward* setelah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.
4. Terdapat peningkatan skor tes *Digit Symbol Coding* setelah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.
5. Tidak terdapat perbedaan bermakna selisih perubahan skor tes *Digit Span* sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.
6. Tidak terdapat perbedaan bermakna selisih perubahan skor subtes *Digit Forward* sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.

7. Terdapat perbedaan bermakna selisih perubahan skor subtes *Digit Backward* sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.
8. Tidak terdapat perbedaan bermakna selisih perubahan skor tes *Digit Symbol Coding* sebelum dan sesudah perlakuan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah.
9. Terdapat peningkatan performa akademis pada anak dari keluarga dengan status ekonomi rendah setelah pelaksanaan Senam Otak 3 kali seminggu selama 2 bulan.

6.2 SARAN

1. Perlunya penelitian Senam Otak lebih lanjut pada berbagai fungsi otak dengan jenis pengukuran yang lebih sesuai serta pada berbagai populasi. Berbagai faktor perancu yang perlu diukur termasuk faktor genetik dan intelegensi dalam menganalisa performa akademis. Perlu pemantauan dan supervisi pelaksanaan yang lebih baik serta perbandingan berbagai macam frekuensi dan lama pelaksanaan Senam Otak pada anak.
2. Perlunya penelitian yang mengukur seberapa lama efek Senam Otak dapat bertahan tanpa pengulangan latihan pada berbagai kelompok umur.
3. Perlunya penerapan Senam Otak pada murid-murid sekolah dasar untuk membantu dalam perkembangan kognitif dan performa akademis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kramer RA, Allen LR, Gergen PJ. Health and social characteristics and children's cognitive functioning: results from a national cohort. *Am J Public Health* 1995;85(3):312-8.
2. Cuasay P. Cognitive factor in academic achievement. New York: Higher Education Extension Service; 1992.
3. Sidiarto LD, Kusumoputro S. Memori anda setelah usia 50. Cetakan I. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia; 2003.
4. Narayanan K. The neurological scratchpad, looking into working memory. [cited 2005] Available from: URL: <http://www.brainconnection.com/topics/?main=fa/working-memory>
5. Young ML. Working memory, language & reading. 2000 May. [cited 2005] Available from: URL: <http://www.brainconnection.com/topics/?main=fa/memory-language>
6. Atkinson RL, Atkinson RC, Smith EE, Bem DJ. Pengantar psikologi jilid 1. Edisi ke 11. Batam: Interaksara.
7. Sari HA. Handout tes inteligensi. Salatiga: Fakultas Psikologi Universitas Kristen Satya Wacana;2006

8. Sakti H, Satoto, Hertanto WS, Hendratno S, Nokes C, Hall A et al. Evidence for an association between hookworm infection and cognitive function in Indonesian school children. *Trop Med Intl Health* 1999;4:322-34
9. Aber L, Palmer J. Poverty and brain development in early childhood. New York: National Center for Children in Poverty; 1999.
10. Brooks-Gunn J, Duncan GJ. The effect poverty on children. *The Future of Children* 1997;7:55-71.
11. Arulmani G, Arulmani SN. Applying psychology for children in poverty, the experience of a non governmental organisation. [cited 2005]. Available from: URL: <http://www.thepromisefoundation.org/TPFRes01.pdf>.
12. Badan Pusat Statistik. Informasi Umum dan Indikator Penting Indonesia. Jakarta: Direktorat Diseminasi Statistik;2004.
13. Badan Pusat Statistik. Kemiskinan Jawa Tengah Tahun 1996-2002. Semarang: Badan Pusat Statistik Propinsi Jawa Tengah; 2004.
14. Dennison PE, Dennison GE. Brain Gym, Senam Otak buku panduan lengkap. Edisi Indonesia I. Jakarta: PT Grasindo;2002.
15. Official Brain Gym® Website. 2002. [cited 2004]. Available from: URL: <http://www.braingym.org>
16. Donczik J. Brain exercise improves reading and memory. *Brain Gym Journal* 2001;15:3,24-30.
17. Hannaford C. Smart moves: why learning is not all in your head. Virginia: Great Ocean Publishers; 1995.

18. Trahan T. A movement-based learning lab. *Brain Gym Journal* 2004;18(3):3,10-11
19. Honegger D. Pilot Study: first grade students improve their writing skills. *Brain Gym Journal* 2004;18(1):3-5
20. Sidiarto LD, Kusumoputro S, Samino, Munir R, Nugroho W. The efficacy of specific patterns of movements and brain exercises on the cognitive performance of healthy senior citizen in Jakarta. *Med J Indones* 2003; 12(3):155-61.
21. Desmita. *Psikologi perkembangan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya;2005.
22. Wikipedia, the free encyclopedia. Memory span. 2007. [cited 2007]. Available from: URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Memory_span
23. Mundkur N. Neuroplasticity in children. *Indian J Pediatr* 2005;72(10):855-7
24. Chugani HT. Biological basis of emotion: brain systems and brain development. *Pediatrics* 1998;102:1225-9
25. Flint J. The genetic basis of cognition. *Brain* 1999;122:2015-31.
26. Asher J, Bock R. Human genes affects memory. 2003. [cited 2005]. Available from: URL: <http://www.nih.gov/news/pr/jan2003/nimh-23.htm>
27. Tang YP, Shimizu E, Dube GR, Rampon C, Kerchner GA, Zhuo M. Genetic enhancement of learning and memory in mice. *Nature* 1999; 401(6748): 63-9.
28. Arizal, Daris A, Hidayat A. Gizi dan perannya. In: Hardhywinoto, Setiabudhi T, editors. *Anak unggul berotak prima*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama; 2002.p.132-50.

29. Mendez MA, Adair LS. Severity and timing of stunting in the first two years of life affect performance on cognitive tests in late childhood. *J Nutr* 1999; 129: 1555–62.
30. McGregor SMG, Fernald LC, Sethuraman K. Effects of health and nutrition on cognitive and behavioural development in children in the first three years of life, Part 1: Low birthweight, breastfeeding, and protein-energy malnutrition. [cited 2005]. Available from:URL:<http://www.unu.edu/Unupress/food/V201e/ch07.htm>
31. Bribiesca LB, Alvarez IDR, Olivares AM. Dendritic Spine Pathology in Infants With Severe Protein-Calorie Malnutrition. *Pediatrics* 1999; 104;2: 1-6.
32. Widyawati I. Penatalaksanaan gangguan belajar pada anak. In: Penatalaksanaan perkembangan & belajar pada anak. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan I Perdosri. Jakarta: Perdosri; 2002.p.12-21.
33. Colvin RA, Davis N, Nipper W, Carter P. Zinc transport in the brain : routes of zinc influx and efflux in neurons. *J Nutr* 2000;130:1484 – 87.
34. McGregor SMG, Fernald LC, Sethuraman K. Effects of health and nutrition on cognitive and behavioural development in children in the first three years of life, Part 2: Infections and micronutrient deficiencies: iodine, iron, and zinc. [cited 2005]. Available from:URL:<http://www.unu.edu/Unupress/food/V201e/ch08.htm>

35. Lozoff B, Jimenez E, Hagen J, Mollen E, Wolf AW. Poorer behavioral and developmental outcome more than 10 years after treatment for iron deficiency in children. *Pediatrics* 2000;105:1-11.
36. Kordas K, Lopez P, Rosado JL, Vargas GG, Rico JA, Ronquillo D et al. Blood lead, anemia, and short stature are independently associated with cognitive performance in mexican school children. *J. Nutr* 2004;134: 363–71.
37. Supariasa IDN, Bakri B, Fajar I. *Penilaian status gizi*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2001.
38. Tarleton J, Haque R, Mondal D, Shu J, Farr BM, Petri WA Jr. Cognitive effects of diarrhea, malnutrition, and entamoeba histolytica infection on school age children in Dhaka, Bangladesh. *Am J Trop Med Hyg* 2006;74(3):475–81
39. Zoeller TR, Dowling ALS, Herzig CTA, Iannacone EA, Gauger KJ, Bansal R. Thyroid hormone, brain development and the environment. *Environ Health Perspect* 2002; 110: 355-8.
40. Guyton CA. Hormon metabolik tiroid. In: Guyton CA, Hall JE, editors. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Bagian III*. Edisi 7. Jakarta: EGC;1994.p. 237-51.
41. Soetjiningsih. *Tumbuh Kembang Anak*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC; 1995.
42. Jensen E. Enriched environments and the brain. [cited 2005]. Available from: [URL: http:// www.ascd.org/publications/books/198019/chapter4.html](http://www.ascd.org/publications/books/198019/chapter4.html)

43. Harburger LL, Nzerem CK, Frick KM. Single enrichment variables differentially reduce age-related memory decline in female mice. *Behavioral Neuroscience* 2007;121:679–88.
44. Exercise and mental stimulation both boost mouse memory late in life. [cited 2008]. Available from: URL: <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/08/070805183330.htm>
45. Lumeng JC, Gannon K, Cabral HJ, Frank DA, Zuckerman B. Association between clinically meaningful behavior problems and overweight in children. *Pediatrics* 2003;112:1138-45.
46. Center for Human Resource Research, The Ohio State University. NLSY79 child & young adult, data users guide. 2006. [cited 2006]. Available from: URL: <http://www.bls.gov>
47. Middleton AJ. Brain Injury in children and adolescent. *Advances in Psychiatric Treatment* 2001; 7: 257–65.
48. Windham B. Effect of toxic metals on learning ability and behaviour. [cited 2005]. Available from: URL: <http://www.cqs.com/toxicmetals.htm>
49. Passat J. Epidemiologi Epilepsi. In: Sutomenggolo TS, Ismael S, editors. *Buku Ajar Neurologi Anak*. Jakarta: BP IDAI;1999.p.190-7.
50. Memory difficulties in people with epilepsy. [cited 2008]. Available from: URL: <http://www.epilepsy.org.uk/info/memory.html>
51. Koo JW, Park CH, Choi SH, Kim NJ, Kim HS, Choe JC et al. Postnatal environment can counteract prenatal effect on cognitive ability, cell

proliferation and synaptic protein expression. The FASEB journal 2003. [cited 2006]. Available from:URL: <http://www.fasebj.org/cgi/content/full/17/11/1556.htm>

52. Charney DS. Psychobiological mechanisms of resilience and vulnerability: Implications for successful adaptation to extreme stress. *Am J Psych* 2004; 161:195–216.
53. McEwen BS. Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain. *Physiol Rev* 2007; 87: 873–904.
54. Levine ES, Black IB. Neurotrophic factors. In: Sadock BJ, Sadock VA, editors. *Kaplan & Sadock's: Comprehensive Textbook of Psychiatry*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.p.71-5
55. Gunawan AW. *Genius strategy learning*. Cetakan I. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama; 2003.
56. Musgutova SK, Curlee P. *You are a winner, moving beyond survival with Brain Gym®*. Poland: International NeuroKinesiology Institute of Movement Development and Reflex Integration; 2004.
57. Musgutova SK. A study on the influence of brain gym movement on muscles and on dynamic and postural reflexes. *Brain Gym Journal* 2001;15:12-7.
58. Winkelmann P. The growth of brain gym in developing countries. *Brain Gym Journal* 2001;15:8-9
59. Freeman CK, Dennison GE. *I am the child, akulah anak itu*. Jakarta: PT Grasindo;2006.

60. Freeman CK, Sherwood JB. Brain Gym® and its effect on reading abilities, a report on the brain gym® reading pilot project at the satcoy elementary school. Ventura: Cecilia K. Freeman©;2000.
61. Bourne J. Improving reading achievement in a combined second and third grade classroom. Brain Gym Journal 2004;18(3):6-7,12-13
62. Carpenter C. Planting Brain Gym seeds. Brain Gym Journal 2005;19(3):3,12-13
63. Drabben-Thiemann G, Hedwig D, Kenklies M, von Blomberg A, Marahrens G, Marahrens A et al. The effect of Brain Gym® on cognitive performance of Alzheimer's patients. Brain Gym Journal 2002. [cited 2006]. Available from:URL: <http://www.braingym.org/alzheimers.html>
64. Kusumoputro S, Sidiarto LD, Samino H, Munir R, Nugroho W. Kiat panjang umur dengan Gerak dan Latih Otak. Jakarta: UI-Press; 2003.
65. Diamond A. Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. Child Dev 2000; 71(1): 44-56.
66. Kulak W, Sobaniec W. Molecular mechanism of brain plasticity: neurophysiologic and neuroimaging studies in the developing patients. Annales Academiae Medicae Bialostocensis 2004;49:227-36
67. Wikipedia, the free encyclopedia Brain-derived neurotrophic factor. 2008. [cited 2008]. Available from: URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Brain-derived_neurotrophic_factor

68. Praag HV, Subert T, Zhao C, Gage FH. Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *J Neurosci* 2005; 25(38):8680–5
69. Hutchinson KJ, Gomez-Pinilla F, Crowe MJ, Ying Z, Basso DM. Three exercises paradigms differentially improve sensory recovery after spinal cord contusion in rats. *Brain* 2004;127:1403-14
70. Jozefowicz C. Sweating makes you smart: exercise doesn't just make you look and feel better--it also keeps your brain young and strong. [cited 2006]. Available from:URL: [http:// www.highbeam.com/library/](http://www.highbeam.com/library/)
71. Gomez-Pinilla F, Ying Z, Roy RR, Molteni R. Voluntary exercise induces a BDNF-mediated mechanism that promotes neuroplasticity. *J Neurophysiol* 2002;88: 2187-95.
72. Molteni R, Ying Z, Gomez-Pinilla F. Differential effects of acute and chronic exercise on plasticity-related genes in the rat hippocampus revealed by microarray. *European Journal of Neuroscience* 2002;16:1107-16.
73. Wikipedia, the free encyclopedia. Syntaxin. [cited 2007]. Available from: URL: [http:// en.wikipedia.org/Syntaxin](http://en.wikipedia.org/Syntaxin)
74. Kramer AF, Hahn S, Cohen NJ, Banich MT, Mcauley E, Harrison CR et al. Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature* 1999; 400: 418-9.
75. Stover HS. Exercise and the aging brain: a neuroimaging study of frontal lobe function during executive challenge in older men and women who varied in physical activity. College Park: Faculty of the Graduate School of the University of Maryland; 2003.

76. Weuve J, Kang JH, Manson JE, Breteler MMB, Ware JH, Grodstein F. Physical activity, including walking and cognitive function in older woman. JAMA 2004; 292:1454-61
77. Abbot RD, White LR, Ross GW, Masaki KH, Curb JD, Petrovitch H. Walking and dementia in physically capable elderly men. JAMA 2004;292:1447-53.
78. Jones TA, Chu CJ, Grande LA, Gregory AD. Motor skills training enhances lesion-induced structural plasticity in the motor cortex of adult rats. J Neurosci 1999;22:10153–63
79. Babyak M, Blumenthal JA, Herman S, Khatri P, Doraiswamy M, Moore K et al. Exercise treatment for major depression: maintenance of therapeutic benefit at 10 months. Psychosomatic Medicine 2000;62:633–8
80. Dishman RK, Berthoud HR, Booth FW, Cotman CW, Edgerton VR, Fleshner MR et al. Neurobiology of exercise. Obesity 2006;14:345–56.
81. Fleshner M. Physical activity and stress resistance: sympathetic nervous system adaptations prevent stress-induced immunosuppression. Exerc Sport Sci Rev 2005 ;33(3):120-6
82. Weiss RP. The mind-body connection in learning. 2001. [cited 2004]. Available from: URL: <http://www.trans4mind.com/counterpoint/index-health-fitness/weiss.shtml>
83. Jiang Y. Resolving dual task interference: an fMRI study. Neuroimage 2004;22:748-54

84. Utama DK. Terapi sensoriy integration untuk anak-anak dengan gangguan spektrum autisme. In: Toward A Better Life For Autistic Individuals. Prosiding Konferensi Nasional Autisme I. Jakarta: Perdossi, PDSKJI, IDAI; 2003.p.73-9
85. Wulan SMM. Terapi multisensoris terintegrasi pada anak. In: Penatalaksanaan Perkembangan & Belajar Pada Anak. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan I Perdosri. Jakarta: Perdosri; 2002.p.28-39.
86. Imamizu H, Miall RC. Activation of the cerebellum in co-ordinated eye and hand tracking movements: an fMRI study. *Exp Brain Res* 2000;135:22-33.
87. Relaxation Techniques. [cited 2005]. Available from: URL: <http://open-mind.org/SP/Articles /5e1.htm>.
88. McDermott S. Stretching the truth. [cited 2005]. Available from: URL: <http://www.fitwest.net/pdf/ articles/shane/Stretching12.pdf>
89. Meyer M. Breathe better live better, learning to breathe right can help fight the stress in your life. [cited 2005]. Available from: URL: <http://www.highbeam.com/>
90. Murali V, Oyebode F. Poverty, social inequality and mental health. *Advances in Psychiatric Treatment* 2004;10:216-24
91. Cahyat A. Bagaimana kemiskinan diukur? Beberapa model penghitungan kemiskinan di Indonesia. *Center for International Forestry Research* 2004;2:1-8

92. Hartono B, Kusumobroto BS, Anam MS, Manullan E, Kurniasih N, Hardhana B, et al. Profil kesehatan Indonesia 2005. Jakarta:Depkes RI;2007.
93. Koordinator Statistik Kecamatan Tembalang. Kecamatan Tembalang dalam angka 2004. Semarang: Badan Pusat Statistik Kota Semarang;2005.
94. Kaplan GA, Turrel G, Lynch JW, Everson SA, Helkala EL, Salonen JT. Childhood socioeconomic position and cognitive function in adulthood. *Intl J Epidemiol* 2001;30:256-63
95. Gershoff E. Low income and the development of America's kindergartners. New York: National Center for Children in Poverty;2003.
96. Pradono J, Kusumawardani N, Lubis A, Hapsari D, Sulistyawati N, Kristanti CM et al. Survei kesehatan rumah tangga 2004. Volume 2. Jakarta:Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Depkes RI;2005.
97. Isanaka S, Mora-Plazas M, Lopez-Arana S, Baylin A, Villamor E. Food insecurity is highly prevalent and predicts underweight but not overweight in adults and school children from Bogota , Colombia. *J Nutr* 2007;137:2747–55.
98. Binder DK, Scharfman HE. Brain-derived neurotrophic factor. *Growth Factors* 2004;22(3):123-131.

Semarang, September 2008

Hal: Permohonan ijin penelitian

Kepada Yth

Bapak / Ibu orang tua murid

Di tempat

Dengan hormat,

Sehubungan dengan penelitian yang akan kami lakukan, bersama ini saya:

Nama : dr. Puji Leksono Putranto

Instansi: Bagian Ilmu Kesehatan Anak FK UNDIP/ RSDK Semarang

mohon ijin agar anak Bapak/Ibu agar dapat berpartisipasi dalam penelitian kami

Tindakan yang akan dialami oleh anak:

- Sebelum dan sesudah kurun waktu 8 minggu anak diperiksa fungsi memori jangka pendek berupa tes lisan dan tertulis.
- Terdapat pula pemeriksaan fisik, pengukuran berat badan, tinggi badan, lingkar kepala, pemeriksaan darah anak dan wawancara Bapak/Ibu
- Pada pemeriksaan darah, akan dilakukan satu kali pengambilan darah di daerah siku sebanyak 5 cc. Pada saat dan setelah pengambilan darah akan menimbulkan sedikit rasa sakit/nyeri dan apabila terjadi perdarahan dan atau biru-biru karena pengambilan darah ini, maka kami akan memberikan pertolongan medis. Pengambilan darah dilakukan oleh tenaga laboratorium terlatih dan berpengalaman

Sebagai tanda terima kasih atas partisipasinya dalam penelitian ini, kami akan memberikan sebuah cenderamata berupa alat tulis dan snack untuk anak Bapak/Ibu.

Sebelum dan sesudahnya kami mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu.

Hormat kami,

dr. Puji Leksono Putranto

Semarang, September 2008

Hal: Permohonan ijin penelitian

Kepada Yth

Bapak / Ibu orang tua murid

Di tempat

Dengan hormat,

Sehubungan dengan penelitian yang akan kami lakukan, bersama ini saya:

Nama : dr. Puji Leksono Putranto

Instansi: Bagian Ilmu Kesehatan Anak FK UNDIP/ RSDK Semarang

mohon ijin agar anak Bapak/Ibu agar dapat berpartisipasi dalam penelitian kami

Tindakan yang akan dialami oleh anak:

- Anak diminta melakukan gerakan senam di sekolah sekitar ½ jam 3x/minggu selama 8 minggu. Sebelum dan sesudah kurun waktu 8 minggu anak diperiksa fungsi memori jangka pendek berupa tes lisan dan tertulis.
- Terdapat pula pemeriksaan fisik, pengukuran berat badan, tinggi badan, lingkar kepala, pemeriksaan darah anak dan wawancara Bapak/Ibu
- Pada pemeriksaan darah, akan dilakukan satu kali pengambilan darah di daerah siku sebanyak 5 cc. Pada saat dan setelah pengambilan darah akan menimbulkan sedikit rasa sakit/nyeri dan apabila terjadi perdarahan dan atau biru-biru karena pengambilan darah ini, maka kami akan memberikan pertolongan medis. Pengambilan darah dilakukan oleh tenaga laboratorium terlatih dan berpengalaman

Sebagai tanda terima kasih atas partisipasinya dalam penelitian ini, kami akan memberikan sebuah cenderamata berupa alat tulis dan snack untuk anak Bapak/Ibu. Sebelum dan sesudahnya kami mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu.

Hormat kami,

dr. Puji Leksono Putranto

LAMPIRAN 3

Foto Kegiatan Penelitian







LAMPIRAN 4

Kriteria Penduduk Miskin Menurut BLT

1. Luas lantai bangunan kurang dari 8 m persegi per orang.
2. Lantai rumah dari tanah, bambu, kayu atau tegel murahan.
3. Dinding rumah dari bambu, rumbia, kayu kualitas rendah, tembok tanpa plester.
4. Tidak memiliki fasilitas jamban atau menggunakan jamban bersama.
5. Rumah tidak dialiri listrik.
6. Sumber air minum dari sumur atau mata air tak terlindungi, sungai, air hujan.
7. Bahan baker memasak dari kayu bakar, arang, minyak tanah, gas elpiji bantuan.
8. Hanya mengonsumsi daging, ayam dan susu sekali seminggu.
9. Hanya sanggup membeli baju sekali setahun.
10. Hanya sanggup makan dua kali sehari atau sekali sehari.
11. Tidak sanggup membayar biaya pengobatan di Puskesmas / Poliklinik
12. Sumber penghasilan kepala rumah tangga petani dengan luas lahan 0,5 hektar, buruh tani, nelayan, buruh bangunan dan lain-lain dengan penghasilan kurang dari Rp600 ribu per bulan.
13. Pendidikan tertinggi kepala rumah tangga tidak sekolah, tidak tamat SD atau hanya SD.
14. Tidak punya tabungan atau barang dengan nilai jual minimal Rp500 ribu seperti temak, motor dan lain-lain.

Kategori sangat miskin bila memiliki 11 kriteria atau lebih, kategori miskin bila memenuhi 6 - 10 kriteria, dan mendekati miskin bila memenuhi 4-5 kriteria.

LAMPIRAN 5

Deskripsi Alat Ukur Stimulasi Kognitif HOME-SF

No	Pertanyaan	Recode	
		1	0
1	Seberapa banyak buku yang dimiliki anak? Tidak ada.....1 1 atau 2.....2 3 sampai 9.....3 10 atau lebih.....4	4	1-3
2	Seberapa sering ibu / ayah membacakan pada anak? Tidak pernah.....1 Beberapa kali setahun.....2 Beberapa kali sebulan.....3 Sekali dalam seminggu.....4 Minimal 3 kali seminggu.....5 Setiap hari.....6	5-6	1-4
3	Apakah terdapat alat musik yang dapat digunakan anak di rumah? Ya.....1 Tidak.....0	1	0
4	Apakah keluarga mendapatkan koran setiap harinya? Ya.....1 Tidak.....0	1	0
5	Seberapa sering anak membaca untuk kesenangan? Setiap hari.....1 Beberapa kali seminggu.....2 Beberapa kali sebulan.....3 Beberapa kali setahun.....4 Tidak pernah.....5	1,2	3-5
6	Apakah keluarga mendukung anak untuk melakukan hobinya? Ya.....1 Tidak.....2	1	2
7	Apakah anak mendapat pelajaran khusus atau menjadi anggota organisasi seperti olah raga, musik, kesenian dll? Ya.....1 Tidak.....2	1	0
8	Seberapa sering keluarga mengajak anak ke museum dalam 1 tahun sebelum ini? Tidak pernah.....1 Sekali atau dua kali.....2 Beberapa kali.....3 Sebulan sekali.....4 Seminggu sekali atau lebih.....5	2-5	1
9	Seberapa sering keluarga mengajak anak ke suatu pertunjukan musik atau teater dalam 1 tahun sebelum ini?	2-5	1

	Tidak pernah.....1 Sekali atau dua kali.....2 Beberapa kali.....3 Sebulan sekali.....4 Seminggu sekali atau lebih.....5		
10	Ketika keluarga menonton TV, apakah orang tua berdiskusi tentang program TV pada anak? Ya.....1 Tidak.....0 Tidak mempunyai pesawat TV.....2	1	0,2
11	Observasi : interior rumah gelap atau terlihat monoton Ya.....1 Tidak.....0	0	1
12	Observasi: kamar dalam rumah bersih Ya.....1 Tidak.....0	1	0
13	Observasi: kamar dalam rumah cukup rapi (tidak berantakan) Ya.....1 Tidak.....0	1	0
14	Observasi: rumah terdapat struktur / barang yang berbahaya bagi kesehatan dalam jangkauan anak usia sekolah Ya.....1 Tidak.....0	0	1

LAMPIRAN 6

RENTANGAN ANGKA (*DIGIT SPAN*)

Tes ini terdiri Angka Maju dan Angka Mundur, dilaksanakan secara terpisah. Jumlah nilai totalnya diperoleh dengan menjumlahkan banyaknya deretan angka yang tertinggi dari kedua Angka itu yang dapat dapat disebutkan kembali dengan betul.

Angka Maju (Digit Forward)

Petunjuk: Katakanlah: "Saya akan menyebutkan beberapa angka. Dengarkan dengan seksama, dan bila sudah selesai sebutkanlah kembali angka-angka itu persis seperti yang saya sebutkan."

Deretan angka-angka itu harus diberikan dengan kecepatan masing-masing 1 detik. Semua subjek harus mulai dengan 3 angka. Bila subjek mengulang percobaan I dari suatu seri dengan betul, maka dinilai positif dan dilanjutkan dengan seri angka berikutnya yang lebih tinggi. Bila subjek gagal pada percobaan I maka diberikan percobaan II dari seri yang sama.

Hentikan: Bila gagal pada ke II percobaan dari suatu seri tertentu.

Penilaian: Nilainya adalah banyaknya deretan angka yang paling tinggi yang dapat diulang dengan betul dari salah satu percobaan. Oleh karena itu, bila banyaknya deretan angka yang paling tinggi yang dapat diulang dengan betul deretan dengan 5 angka, maka nilainya 5.

Nilai maksimal = 9

Angka Mundur (Digit Backward)

Petunjuk: Katakanlah: "Sekarang saya akan menyebutkan beberapa angka lagi, tetapi kali ini bila saya berhenti saya harap kamu menyebutkan angka-angka itu dimulai dari angka yang paling belakang kembali ke angka-angka di mukanya. Misalnya, bila saya menyebutkan 9-2-7, apa yang akan kau sebutkan?."

Tunggulah sebentar agar subjek menjawab, bila dia menjawab dengan tepat, katakanlah: "Itu betul", dan dilanjutkan dengan tes, yang dimulai dengan percobaan I dari soal 3 seri-angka, tetapi bila dia gagal dengan

contoh di atas, berikanlah padanya jawaban yang betul dan cobalah dengan contoh yang lain, sambil berkata: "Ingat kamu harus menyebutnya mundur: 5-6-3". Bila dia berhasil kali ini, lanjutkan dengan tes, dengan menggunakan percobaan I dari seri 3 angka. Tetapi bila gagal dengan contoh yang kedua ini, lanjutkan dengan tes, dan mulailah dengan percobaan I dari seri 2 angka.

Beberapa subjek yang berhasil dengan contoh-contoh (yang tidak dicatat) mungkin gagal dengan kedua percobaan dari seri 3 angka, dalam hal seperti ini berikanlah percobaan dari seri 2 angka, dan bila setelah itu berhenti. Percobaan kedua dari suatu seri hanya diberikan bila subek gagal dengan percobaan yang pertama.

Hentikan: Bila gagal pada kedua percobaan dari suatu seri tertentu.

Penilaian: Nilainya adalah banyaknya deretan angka yang paling tinggi yang dapat diulang dengan betul dari belakang ke muka.

Nilai maksimal = 8

Nilai total buat tes rentangan angka ini adalah jumlah nilai dari Angka Maju dan Angka Mundur. Nilai maksimal 17.

SIMBOL (*DIGIT SYMBOL CODING***)**

Petunjuk: Berikanlah kepada subjek pensil dan katakanlah: "Lihatlah kemari, kamu akan melihat sebuah bintang, lingkaran, segitiga dan bentuk-bentuk yang lain. Lihat bintang ini mempunyai garis tegak seperti ini", sambil menunjuk "lingkaran ini mempunyai dua garis mendatar", sambil menunjuk "segitiga ini mempunyai sebuah lingkaran kecil di dalamnya dan segi empat ini mempunyai dua gari tegak di dalamnya". "Sekarang lihatlah di bawah ini, kamu akan melihat banyak lingkaran, bintang-bintang, segi empat dan lain-lainnya semuanya bercampur aduk, tetapi masing-masing tidak bertanda. Saya harap kamu membubuhi bentuk-bentuk ini dengan tanda-tanda sebagaimana di atas. Demikianlah cara mengerjakannya: Ini, sebuah lingkaran. Kamu lihat lingkaran ini mempunyai dua garis mendatar". Sambil menunjukkan "Maka dari tui

bubuhkanlah dua garis mendatar dalam lingkaran ini seperti tertulis pada contoh. Bintang ini mempunyai sebuah garis tegak, maka bubuhkanlah sebuah garis tegak pula di dalam bintang ini. Sekarang kamu kerjakan bentuk-bentuk yang lain”.

Subjek diperbolehkan bekerja sendiri menyelesaikan sisa daripada bentuk-bentuk yang menjadi contoh. Bila dia mempunyai kesulitan atau lambat dalam mengerti tugasnya, ambillah sebuah gambar yang telah dikerjakan oleh subjek dengan salah satu atau yang menimbulkan pada subjek dan jelaskan lagi. ”Sebagaimana kamu ketahui, ini adalah segitiga dan di dalamnya sebuah garis seperti itu”, sambil menunjukkan: ”Ini adalah silang dan di dalamnya terdapat sebuah lingkaran kecil, maka bubuhkanlah sebuah lingkaran kecil juga dalam silang ini”. ”Nah kerjakanlah yang lain.” Mulailah mengambil waktu. Bila subjek mulai melampaui sesuatu gambar atau hanya mengerjakan satu bentuk gambar saja, katakanlah: ”Jangan melampaui satu gambarpun. Kerjakanlah secara urut”. Janganlah memberi bantuan lagi kecuali bila perlu mengingatkan subjek untuk melanjutkan tugasnya sampai perintah untuk berhenti diberikan. Bila subjek menyelesaikan tugasnya sebelum batas waktunya lewat, catatlah waktu yang digunakan untuk menyelesaikan tugasnya.

Waktunya: 120 detik. Catatlah waktunya.

Penilaian: Buat setiap gambar yang diisi dengan tepat diberi nilai 1. Kelima buah gambar contoh tidak diberi nilai. Ada 45 gambar. Bagi subjek yang dapat menyelesaikan ke-45 soal itu dengan sempurna masih dapat diberikan nilai tambahan yang banyaknya sesuai dengan jumlah waktu (dalam detik) yang digunakan untuk menyelesaikan tugasnya.

Nilai maksimal = 50

MELENGKAPI GAMBAR (*PICTURE COMPLETION*)

Petunjuk: Sebelum kartu gambar yang pertama disajikan katakanlah: ”Saya akan memperlihatkan padamu beberpa gambar yang salah satu bagiannya hilang

/ kurang. Saya harap kamu lihat tiap-tiap gambar itu dengan seksama dan sebutkanlah bagiannya yang kurang. Nah, lihatlah gambar ini.”

Berikanlah kartu gambar no 1, ”Bagian yang manakah yang kurang?”

Bila dapat menjawab kartu gambar no 1 dengan betul, maka lanjutkan dengan gambar-gambar berikutnya sambil mengatakan, ”Nah, apa yang kurang pada gambar ini?”

Batas waktu untuk melihat tiap-tiap gambar adalah 15 detik.

Bila subjek dalam jangka waktu yang ditentukan itu tidak menunjukkan bagian yang kurang maka untuk soal tsb diberikan nilai 0 sebagai suatu kegagalan dan selanjutnya penguji menyajikan gambar berikutnya.

Bila subjek gagal dalam menemukan bagian yang kurang pada kartu gambar no 1, katakanlah: ”Coba lihat”, seraya menunjuk bagian yang hilang. Bila subjek gagal pada gambar no 2 dia masih dapat ditolong sekali lagi, jadi: ”Coba kau lihat, sebuah kakinya tidak ada.”

Mulai dengan gambar no 3 tidak boleh diberikan bantuan lagi. Ulangilah pertanyaannya: ”Nah bagian mana yang kurang pada gambar ini?”

Demikian selanjutnya pada tiap-tiap penyajian berikutnya. Kadang-kadang subjek menyebutkan suatu bagian yang tak ada / kurang tetapi yang kurang penting. Pada mulanya katakanlah: ”Ya, tetapi bagian penting yang mana yang tak ada?” tetapi janganlah diulangi komentar ini buat gambar-gambar berikutnya.

Hentikan: setelah gagal 4 (empat) kali berturut-turut.

Penilaian: Nilai 1 untuk setiap jawaban yang benar. Kebanyakan subjek memberikan jawaban dengan kata-kata untuk menunjukkan bagian yang kurang. Tetapi kadang-kadang subjek hanya akan menunjuk, bila menunjuk di tempat bagian yang tidak ada, ia diberi nilai. Penguji harus pasti bahwa subjek tahu bagian apa yang tidak ada pada beberapa soal yang sukar nama yang tepat dari bagian yang kurang tidak diketahui oleh subjek, maka subjek boleh menggunakan sinonimnya dari bagian tsb.

Nilai maksimal = 20

		0	116	0	7	6	50.3	1.82	1.90	.67	14.42	13.30	6	4	10	5	3	8	27	9	35
20	M. Adib	0	110	1	9	4	51.4	.79	1.84	.85	16.99	12.30	6	3	9	4	3	7	27	5	28
21	M. Rofin	0	119	1	8	5	51.0	.95	.84	.35	15.38	14.90	4	4	8	5	3	8	33	3	34
22	Mukhoriah	0	112	0	6	4	50.5	.57	.67	.07	16.04	12.00	4	3	7	4	4	8	28	5	41
23	Nola Anggraini	0	114	0	7	4	50.5	1.87	1.45	1.43	13.52	13.80	5	4	9	5	3	8	31	7	43
24	Nur Fauziyah	0	110	0	6	6	49.2	1.44	2.50	.83	16.51	11.40	4	2	6	5	2	7	31	2	34
25	Nur Khotimah	0	116	0	9	4	51.4	1.46	1.67	.14	15.23	13.20	7	5	12	7	4	11	30	8	35
26	Priya Zulis S	0	104	1	8	5	51.5	1.05	.90	.55	14.86	12.40	4	3	7	5	3	8	24	7	28
27	Rio Agus	0	116	1	6	5	50.1	.70	.95	.11	16.09	11.90	5	4	9	6	3	9	35	9	36
28	Roro Qotrinnida	0	109	0	5	7	51.0	1.86	1.57	1.25	13.59	13.00	4	4	8	6	4	10	49	8	56
29	Sahrul Wibowo	0	116	1	6	6	51.3	.75	.95	.06	15.98	10.60	4	3	7	7	3	10	29	5	38
30	Syifa Millati	0	116	0	4	4	51.6	1.56	1.82	.15	15.15	13.80	7	4	11	6	3	9	25	8	36
31	Sindy Ayu A	0	114	0	7	6	53.9	1.40	.27	.97	19.93	13.70	5	3	8	7	4	11	43	5	43
32	Siti Arum M	0	106	0	8	5	51.1	1.57	1.44	.75	14.24	13.00	7	5	12	8	4	12	36	6	43
33	Surya Majid R	0	99	1	8	4	53.1	.03	.15	.13	15.93	13.20	5	3	8	6	3	9	24	8	27
34	Toib Jumari	0	102	1	7	5	51.6	1.31	1.84	.04	15.48	12.00	5	3	8	6	3	9	30	7	33
35	Yuliana Ayu L	0	118	0	7	5	48.8	2.21	2.25	1.10	13.77	14.80	4	3	7	5	3	8	22	7	35
36	Agung Rahmanto	0	117	1	6	4	50.8	.68	.86	.05	16.02	12.70	7	4	11	8	5	13	35	8	46
37	Abdur Rohman	1	119	1	6	6	51.0	1.75	2.29	.11	15.31	12.80	5	3	8	5	2	7	41	10	39
38	Ahmad Adibur R	1	113	1	5	7	50.2	2.00	1.74	1.40	13.70	12.50	6	3	9	6	3	9	30	7	32
39	Ahmad Fauza A	1	118	1	8	4	51.0	.95	1.12	.09	15.76	14.50	6	3	9	7	3	10	32	9	53

		1	118	1	5	5	50.0	.68	.95	.13	16.22	13.20	5	2	7	5	3	8	30	5	41
61	M. Sofyan Rauf	1	112	1	5	6	50.5	-	-	.30	15.99	12.90	5	3	8	5	3	8	29	9	35
62	Munirul Huda	1	110	1	4	6	48.6	-	-	-	13.81	12.90	5	3	8	6	4	10	30	10	35
63	Nabila Salisa M.	1	107	0	7	4	49.4	.98	.94	.04	15.36	11.10	7	5	12	8	6	14	40	2	65
64	Nada Faridhatul	1	107	0	9	5	51.0	-	-	.14	15.89	13.00	5	4	9	4	4	8	30	12	43
65	Nur Hamdan	1	114	1	9	4	51.2	1.09	.97	.52	15.06	13.40	5	3	8	4	3	7	24	7	25
66	Rahma Atika	1	110	0	7	5	51.4	-	-	.66	16.39	11.80	5	3	8	6	3	9	32	7	41
67	Rahmatun Niswah	1	110	0	3	8	50.5	-	-	.03	15.33	14.00	7	4	11	7	4	11	30	13	44
68	Shafna Zakia	1	114	0	6	4	52.0	.57	1.46	1.03	17.62	13.60	5	3	8	6	3	9	31	9	34
69	Susiyanti	1	118	0	7	4	50.0	-	-	.24	17.00	12.60	4	3	7	5	3	8	32	8	48
70	Umniatur Rohmah	1	114	0	5	6	49.3	-	-	.54	14.74	10.90	6	3	9	6	3	9	28	8	34
71	Yuli Alfinah	1	117	0	5	5	49.9	-	-	.61	14.31	12.70	7	3	10	7	3	10	33	9	50
72	Anita Sari	1	112	0	7	4	50.5	-	-	.18	15.86	13.50	5	2	7	6	5	11	31	5	41
73	Zyan Husnul Abidin	1	113	1	8	4	50.0	-	-	-	13.92	12.60	5	3	8	6	4	10	33	6	37

T-Test Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower
WAZ	Equal variances assumed	1.796	.185	-.160	71	.873	-.02820	.17632	-.37977	.32338
	Equal variances not assumed			-.159	64.497	.874	-.02820	.17704	-.38181	.32542
HAZ	Equal variances assumed	.225	.637	.695	71	.490	.11505	.16564	-.21523	.44532
	Equal variances not assumed			.693	69.402	.490	.11505	.16592	-.21593	.44602
Hb anak	Equal variances assumed	.422	.518	-.584	71	.561	-.14685	.25144	-.64820	.35451
	Equal variances not assumed			-.584	70.660	.561	-.14685	.25158	-.64853	.35484
pretest symbol	Equal variances assumed	6.569	.012	-.131	71	.896	-.161	1.224	-2.602	2.281
	Equal variances not assumed			-.130	57.169	.897	-.161	1.232	-2.628	2.307
melengkapi gambar	Equal variances assumed	1.690	.198	-1.235	71	.221	-.747	.605	-1.953	.459
	Equal variances not assumed			-1.231	66.594	.223	-.747	.607	-1.958	.464

Mann-Whitney Test

	HOME_SF	BLT	BMI	lingkar kepala	WHZ	pretest digitspan forward	pretest digitspan backward	pretest digitspan
Mann-Whitney U	609.500	597.500	550.000	573.000	514.000	594.000	492.000	630.500
Wilcoxon W	1312.500	1263.500	1216.000	1276.000	1180.000	1260.000	1195.000	1333.500
Z	-.638	-.789	-1.280	-1.027	-1.677	-.832	-2.232	-.402
Asymp. Sig. (2-tailed)	.523	.430	.201	.304	.093	.405	.026	.687

a. Grouping Variable: macam kelompok

Wilcoxon Signed Ranks Test

(Kelompok Perlakuan)

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
postest digitspan forward - pretest digitspan forward	Negative Ranks	4(a)	8.50	34.00
	Positive Ranks	17(b)	11.59	197.00
	Ties	16(c)		
	Total	37		
postest digitspan backward - pretest digitspan backward	Negative Ranks	1(d)	7.00	7.00
	Positive Ranks	13(e)	7.54	98.00
	Ties	23(f)		
	Total	37		
postest digitspan - pretest digitspan	Negative Ranks	5(g)	10.00	50.00
	Positive Ranks	23(h)	15.48	356.00
	Ties	9(i)		
	Total	37		
postest symbol - pretest symbol	Negative Ranks	4(j)	12.13	48.50
	Positive Ranks	33(k)	19.83	654.50
	Ties	0(l)		
	Total	37		

- a postest digitspan forward < pretest digitspan forward
b postest digitspan forward > pretest digitspan forward
c postest digitspan forward = pretest digitspan forward
d postest digitspan backward < pretest digitspan backward
e postest digitspan backward > pretest digitspan backward
f postest digitspan backward = pretest digitspan backward
g postest digitspan < pretest digitspan
h postest digitspan > pretest digitspan
i postest digitspan = pretest digitspan
j postest symbol < pretest symbol
k postest symbol > pretest symbol
l postest symbol = pretest symbol

Test Statistics(b)

	postest digitspan forward - pretest digitspan forward	postest digitspan backward - pretest digitspan backward	postest digitspan - pretest digitspan	postest symbol - pretest symbol
Z	-2.995(a)	-3.153(a)	-3.625(a)	-4.574(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003	.002	.000	.000

- a Based on negative ranks.
b Wilcoxon Signed Ranks Test

Wilcoxon Signed Ranks Test

(Kelompok Kontrol)

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
postest digitspan forward - pretest digitspan forward	Negative Ranks	9(a)	14.61	131.50
	Positive Ranks	20(b)	15.18	303.50
	Ties	7(c)		
	Total	36		
postest digitspan backward - pretest digitspan backward	Negative Ranks	12(d)	10.00	120.00
	Positive Ranks	6(e)	8.50	51.00
	Ties	18(f)		
	Total	36		
postest digitspan - pretest digitspan	Negative Ranks	12(g)	14.33	172.00
	Positive Ranks	16(h)	14.63	234.00
	Ties	8(i)		
	Total	36		
postest symbol - pretest symbol	Negative Ranks	5(j)	8.90	44.50
	Positive Ranks	30(k)	19.52	585.50
	Ties	1(l)		
	Total	36		

a postest digitspan forward < pretest digitspan forward

b postest digitspan forward > pretest digitspan forward

c postest digitspan forward = pretest digitspan forward

d postest digitspan backward < pretest digitspan backward

e postest digitspan backward > pretest digitspan backward

f postest digitspan backward = pretest digitspan backward

g postest digitspan < pretest digitspan

h postest digitspan > pretest digitspan

i postest digitspan = pretest digitspan

j postest symbol < pretest symbol

k postest symbol > pretest symbol

l postest symbol = pretest symbol

Test Statistics(c)

	postest digitspan forward - pretest digitspan forward	postest digitspan backward - pretest digitspan backward	postest digitspan - pretest digitspan	postest symbol - pretest symbol
Z	-1.966(a)	-1.641(b)	-.722(a)	-4.437(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	.049	.101	.470	.000

a Based on negative ranks.

b Based on positive ranks.

c Wilcoxon Signed Ranks Test

Tests of Normality

macam kelompok		Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
delta_digit	kelompok kontrol	.143	36	.059	.951	36	.115
	kelompok perlakuan	.203	37	.001	.921	37	.012
delta_fwd	kelompok kontrol	.245	36	.000	.917	36	.010
	kelompok perlakuan	.253	37	.000	.872	37	.001
delta_back	kelompok kontrol	.277	36	.000	.858	36	.000
	kelompok perlakuan	.359	37	.000	.702	37	.000
delta_sym	kelompok kontrol	.112	36	.200(*)	.986	36	.920
	kelompok perlakuan	.080	37	.200(*)	.986	37	.913

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

T-Test Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference		95% Confidence Interval of the Difference		
							Lower	Upper	Lower	Upper	Lower
delta_sym	Equal variances assumed	1.802	.184	-1.553	71	.125	-2.31381	1.48952	-5.28382	.65620	
	Equal variances not assumed			-1.559	66.818	.124	-2.31381	1.48380	-5.27563	.64801	

Mann-Whitney Test

Test Statistics(a)

	delta digit	delta fwd	delta back
Mann-Whitney U	515.000	663.000	410.000
Wilcoxon W	1181.000	1329.000	1076.000
Z	-1.708	-.035	-3.149
Asymp. Sig. (2-tailed)	.088	.972	.002

a. Grouping Variable: macam kelompok

macam kelompok		Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
HOME_SF	kelompok kontrol	.218	36	.000	.905	36	.005
	kelompok perlakuan	.143	37	.054	.946	37	.074
BLT	kelompok kontrol	.229	36	.000	.816	36	.000
	kelompok perlakuan	.249	37	.000	.848	37	.000
lingkar kepala	kelompok kontrol	.097	36	.200(*)	.979	36	.725
	kelompok perlakuan	.119	37	.200(*)	.917	37	.009
WAZ	kelompok kontrol	.100	36	.200(*)	.946	36	.076
	kelompok perlakuan	.112	37	.200(*)	.975	37	.571
HAZ	kelompok kontrol	.073	36	.200(*)	.986	36	.916
	kelompok perlakuan	.082	37	.200(*)	.967	37	.339
WHZ	kelompok kontrol	.112	36	.200(*)	.939	36	.048
	kelompok perlakuan	.108	37	.200(*)	.971	37	.450
BMI	kelompok kontrol	.117	36	.200(*)	.907	36	.005
	kelompok perlakuan	.095	37	.200(*)	.966	37	.320
Hb anak	kelompok kontrol	.137	36	.085	.966	36	.318
	kelompok perlakuan	.160	37	.018	.941	37	.050
pretest digitspan forward	kelompok kontrol	.225	36	.000	.864	36	.000
	kelompok perlakuan	.259	37	.000	.870	37	.000
pretest digitspan backward	kelompok kontrol	.289	36	.000	.848	36	.000
	kelompok perlakuan	.415	37	.000	.666	37	.000
pretest digitspan	kelompok kontrol	.186	36	.003	.940	36	.050
	kelompok perlakuan	.211	37	.000	.864	37	.000
posttest digitspan forward	kelompok kontrol	.211	36	.000	.909	36	.006
	kelompok perlakuan	.220	37	.000	.905	37	.004
posttest digitspan backward	kelompok kontrol	.337	36	.000	.804	36	.000
	kelompok perlakuan	.365	37	.000	.750	37	.000
posttest digitspan	kelompok kontrol	.180	36	.005	.935	36	.036
	kelompok perlakuan	.180	37	.004	.923	37	.014
pretest symbol	kelompok kontrol	.142	36	.063	.949	36	.098
	kelompok perlakuan	.138	37	.072	.963	37	.259
posttest symbol	kelompok kontrol	.088	36	.200(*)	.974	36	.559
	kelompok perlakuan	.149	37	.038	.937	37	.037
melengkapi gambar	kelompok kontrol	.117	36	.200(*)	.967	36	.343
	kelompok perlakuan	.151	37	.033	.960	37	.209

* This is a lower bound of the true significance.
a Lilliefors Significance Correction

LAMPIRAN 8
CONTOH GERAKAN SENAM OTAK

Diambil dari: Dennison PE, Dennison GE. Brain Gym, Senam Otak buku panduan lengkap. Edisi Indonesia I. Jakarta: PT Grasindo;2002.



Gerakan Burung Hantu



Gerakan Luncuran Gravitasi



Gerakan Pompa Betis



Gerakan Saklar Otak



Gerakan Pasang Telinga



Gerakan Menguap Berenergi



Gerak Kait Relaks



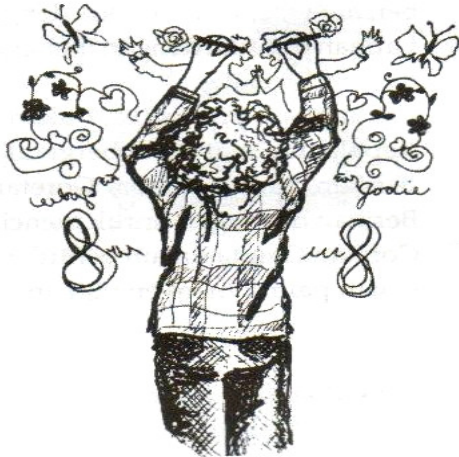
Gerak *Cross Crawl*



Gerakan Delapan Malas



Gerakan Gajah



Gerakan Coretan Ganda

LAMPIRAN 9
PEMERIKSAAN KRITERIA EKSKLUSI

Kriteria eksklusi

1. Mempunyai riwayat trauma kepala
 - a. Menanyakan kepada orang tua apakah anak pernah jatuh atau kecelakaan hingga kesadarannya menurun
 - b. Memeriksa fisik kepala anak adakah bekas jejas trauma kepala
2. Mempunyai kelainan dismorfik
 - a. Memeriksa fisik anak adakah tanda-tanda dismorfik seperti hipertelorisme, *upslanting eyes*, telinga letak rendah, *flat nasal bridge*, labiognatopalatoschizis, webbed neck, batas rambut rendah.
3. Mempunyai kelainan palsi serebralis
 - a. Memeriksa fisik anak adakah kelainan gerak dan postur
4. Mempunyai penyakit / riwayat epilepsi dan atau mendapat pengobatan anti epilepsi jangka panjang
 - a. Menanyakan orang tua apakah anak mempunyai penyakit epilepsi dan meminum obat epilepsi
 - b. Menanyakan orang tua apakah anak mempunyai riwayat kejang tanpa demam
5. Mempunyai gejala dan tanda penyakit tiroid
 - a. Menanyakan orang tua apakah anak mempunyai penyakit gondok
 - b. Memeriksa fisik anak tanda-tanda hiper atau hipotiroid
6. Mempunyai riwayat infeksi intrakranial
 - a. Menanyakan orang tua apakah anak pernah sakit meningoensefalitis atau ensefalitis
 - b. Menanyakan orang tua apakah anak pernah sakit berat hingga dirawat di RS dan terdapat gejala kejang dan penurunan kesadaran
7. Mempunyai kelainan indera mata, telinga atau gangguan fungsi motorik pada ekstremitas atas sehingga mengganggu pengukuran memori.

- a. Memeriksa fisik anak adakah gangguan penglihatan, pendengaran dan fungsi motorik ekstremitas atas sehingga mengganggu pengukuran tes memori seperti tidak dapat melihat jelas jarak baca, tidak dapat mendengar jelas jarak 1 meja, menulis sangat lambat.
8. Anak sakit, cemas yang tidak dapat diredakan atau tidak masuk saat dilakukan pengukuran fungsi memori.
- a. Anak tidak masuk saat pengukuran
 - b. Anak terlihat lemas, lesu, pucat dan saat pemeriksaan fisik terdapat tanda penyakit infeksi seperti panas
 - c. Anak terlihat cemas dan tidak dapat ditenangkan saat pengukuran fungsi memori