

MEMORI JANGKA-PENDEK :
PENERIMAAN, PENYIMPANAN DAN
PEMANGGILAN INFORMASI

*Dr. Indriani K. Sumadikarya, MS**

Abstract

Memory is the most essential cognitive process. For the largest part of this century, the neurologist categorized memory in psychology and phylosophy domains. Beginning in the last two decades, the neuroscientists acquired better insight about the relation between cognitive process and the structure of brain anatomy. However, phycological study on assessments of human brain activity during the memory process have not been done extensively. This report is a review on how the activity can be monitored/detected.

Memory is usually started with sensory impuls. Beginning within the sensory receptor, impuls will enter the memory circuit consisted of limbic system, diencephalon, basal forebrain cholinergic, cerebral cortex, and cerebelum. Impuls transmission and memory storage of short-term memory take place through limbic system while non-cognitive memory does not take place through this system. All of this processes involve the bioelectric activities that characterize the neuron activities. Thus the factor affected the neurotransmitter work as well as neuron activity would also affect the memory processes.

Bioelectric activity that happened during short-term memory process would bring about a potential fluctuation on the body surface. Such fluctuation may oftenly be tapped on the scalp surface, among others by electroencephalography. The result can be expected to be good parameters for monitoring/detecting the short-term memory process in human.

By comprehending the matters related to short-term memory process, it is expected that further study can be performed on (a) factors that affected memory, (b) factors that would disturbed memory, and (c) attemps to improve memory

* Dosen pada Departemen Fisiologi Fakultas Kedokteran Ukrida

Pendahuluan

Belajar dan mengingat atau memori merupakan dua sisi dari mata uang yang sama ¹⁾. Memori termasuk fungsi kognitif yang paling penting. Tanpa memori (dan proses belajar) sukses tidak dapat diulang dan kegagalan tak dapat dihindarkan. Oleh karenanya masalah gangguan memori perlu mendapat perhatian dari sisi medis maupun sosial ²⁾.

Namun pada pihak lain selama sebagian besar abad ini, para ahli neurobiologi berpendapat bahwa fungsi luhur seperti proses belajar, berpikir serta memori berada dalam ranah psikologi dan filsafat. Baru dalam dua dekade terakhir para ahli neurosains memperoleh wawasan yang lebih luas dalam memahami hubungan antara proses kognitif dengan organisasi anatomis otak ³⁾.

Pada pihak lain fisiologi manusia merupakan ilmu yang mempelajari proses/mekanisme yang berlangsung di dalam tubuh manusia dalam rangka mengadaptasi berbagai stimulasi yang masuk. Sampai sekarang sudah banyak kajian fisiologis tentang cara memantau kegiatan otak pada binatang. Namun pada manusia kajian tentang memori lebih banyak dirunut dari penderita yang mengalami kerusakan pada bagian-bagian otak. Sedangkan kajian fisiologi mengenai cara memantau kegiatan otak pada proses memori belum banyak dilakukan.

Untuk dapat memahami proses memori secara fisiologis perlu dikaji pola mekanisme yang terjadi selama proses memori. Perlu pula dibahas apakah proses yang berkaitan dengan memori dapat dipantau.

Tinjauan pustaka

Memori adalah kemampuan untuk mengingat peristiwa yang telah lalu pada tingkat sadar maupun tidak sadar ⁴⁾. J.F.Hall, Kandel dan Sherwood sama-sama mengemukakan unsur retensi atau penyimpanan pengetahuan yang telah diperoleh atau dipelajari ^{5), 6), 7)}.

Sampai sekarang belum ada terminologi baku untuk berbagai jenis memori ⁸⁾.

Menurut cara terbentuknya memori dapat dibedakan menjadi memori refleksif/*habit* dan memori deklaratif. Memori refleksif sering berupa memori tak sadar yang mendasari proses belajar nonasosiatif dan beberapa bentuk proses belajar asosiatif seperti *classical conditioning*. Memori ini tidak bergantung kepada proses kognitif dan menunjukkan kinerja yang semakin baik dengan pengulangan. Keterampilan motorik seperti naik sepeda atau mengendarai motor maupun keterampilan bahasa merupakan memori refleksif. Akan tetapi ketika pertama kali

MEMORI JANGKA-PENDEK

belajar naik sepeda, mengendarai mobil atau menggunakan tata bahasa maka prosesnya masih berlangsung melalui **memori deklaratif/eksplisit/kognitif**. Memori ini tergantung pada refleksi sadar, melibatkan evaluasi dan komparasi serta sering dibentuk hanya oleh satu kali asosiasi atau pengalaman ^{4), 6), 9)}.

Diawali oleh Donald Hebb, para ahli membagi memori menurut dimensi waktu menjadi memori jangka-pendek dan memori jangka-panjang. **Memori jangka-pendek** ditandai oleh perubahan seluler sementara yang dapat berlangsung beberapa menit sampai beberapa jam bahkan sampai beberapa minggu ¹²⁾. **Memori jangka-panjang** dapat berlangsung sampai beberapa tahun bahkan sampai seumur hidup dan ditandai dengan perubahan struktural yang relatif tetap ^{1), 6), 7), 12)}.

Mekanisme pembentukan memori jangka-pendek

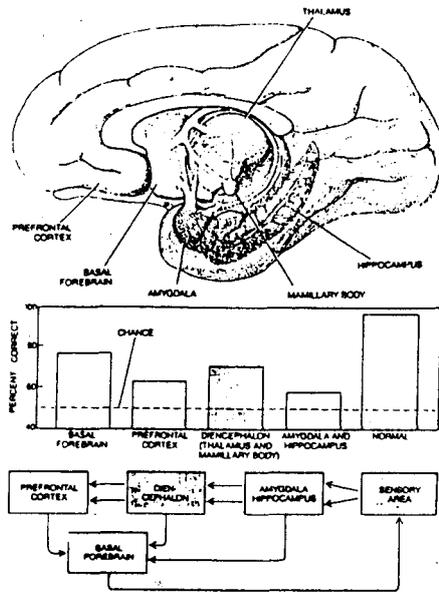
Otak manusia terdiri atas sekitar 100 milyar neuron dan merupakan struktur yang paling kompleks yang pernah dikenal di dunia. Sifat kompleks ini antara lain terletak pada keragaman bentuk saraf, struktur molekul serta ekspresi gen. Namun di balik keragaman tersebut juga terdapat hal-hal yang relatif seragam. Setiap neuron menghantar informasi dengan cara yang kurang lebih sama yaitu, dalam bentuk impuls listrik sepanjang akson atau yang biasa disebut potensial aksi. Dengan demikian kegiatan neuron tersebut ditandai oleh kegiatan biolistrik. Neuron-neuron yang mempunyai fungsi serupa berkelompok membentuk kolom. Seluruh neuron tersebut saling terkait dalam suatu jaringan yang membentuk inteligensi, kreativitas, kesadaran dan memori ¹⁰⁾. Memori merupakan suatu fungsi yang kompleks dan bergantung kepada kegiatan terpadu dari beberapa area otak ²⁾.

Proses penerimaan informasi

Memori paling sering berawal dari **impresi sensoris**. Stimulasi sensoris ditangkap oleh reseptor tubuh direlai ke korteks sensoris primer yang bersangkutan. Impuls kemudian diteruskan ke korteks sensoris sekunder dan akhirnya ke stasiun akhir asosiasi yang akan menimbulkan respons terhadap stimuli yang mengenai daerah lebih luas. Asetilkolin memegang peran penting dalam memori ¹¹⁾. Neuron pembentuk asetilkolin ini banyak tersebar di korteks serebri ⁴⁾.

Semua sistem sensoris korteks mempunyai hubungan timbal balik ekstensif langsung dengan **amigdala** atau kompleks amigdaloid, sehingga masukan sensoris berkonvergensi (gambar 1). Hubungan yang demikian menunjukkan peran penting dalam asosiasi berbagai memori yang dibentuk melalui alat indera yang berbeda ¹¹⁾.

MEMORI JANGKA-PENDEK



Gambar 1. Peta Sistem Memori (Grafik di tengah menunjukkan skor rata-rata uji memori pada monyet setelah dirusak elemen spesifik dari sistem memori)

Hipokampus dan amigdala mengirim serat proyeksi ke talamus dan hipotalamus, yaitu suatu kumpulan nuklei diensefalon. Diensefalon dan sistem limbik ini membentuk suatu sirkuit memori. Hipotalamus yang berperan sebagai sumber respons emosional mempunyai hubungan timbal balik dengan amigdala ^{11), 12)}. Dalam struktur amigdala ini banyak terdapat neuron pembentuk neurotransmitter opioid (opiat endogen) yang pada neuron lain diduga mengatur sinyal saraf. Dapat diperkirakan bahwa neuron ini berfungsi sebagai penyaring dalam respons terhadap keadaan emosional yang dibangkitkan di hipotalamus ¹¹⁾.

Percobaan pada tikus menunjukkan bahwa hipokampus, juga termasuk struktur limbik, mempunyai hubungan saraf ekstensif tak langsung dengan bagian inferior lobus temporalis. Struktur ini memegang peran penting dalam memori terutama untuk relasi spasial ¹¹⁾. Peran hipokampus pada memori spasial mungkin sebagai penyaring untuk peristiwa sensoris yang telah mengalami proses di korteks serebri ¹⁾. Pada monyet, struktur ini mempunyai peran yang serupa. Namun proses non-kognitif berlangsung tanpa melalui sistem limbik ^{1), 11)}.

MEMORI JANGKA-PENDEK

Proses penyimpanan memori jangka-pendek

Memori disimpan paling sedikit melalui dua tahap yaitu, memori jangka-pendek dan memori jangka-panjang. Ada pula yang memasukkan memori segera sebagai tahap paling awal. Memori disimpan dalam bentuk konsep dan tidak dalam bentuk kata ⁷⁾. Konsep yang disimpan dalam memori merupakan versi yang telah dimodifikasi berdasarkan pengalaman ⁹⁾.

Memori jangka-pendek disimpan dalam bentuk perubahan sementara proses yang telah ada. Perubahan neural yang terlibat dalam retensi atau penyimpanan pengetahuan ini dikenal sebagai *memory trace* atau *engram*. Neuron yang terlibat dalam *memory traces* tersebar pada daerah subkortikal dan kortikal otak.

Memori jangka-pendek dapat bertahan beberapa detik sampai beberapa jam bahkan sampai beberapa minggu ¹²⁾. Informasi yang baru didapat biasanya disimpan dalam memori jangka-pendek dengan kemampuan jumlah dan waktu penyimpanan yang terbatas.

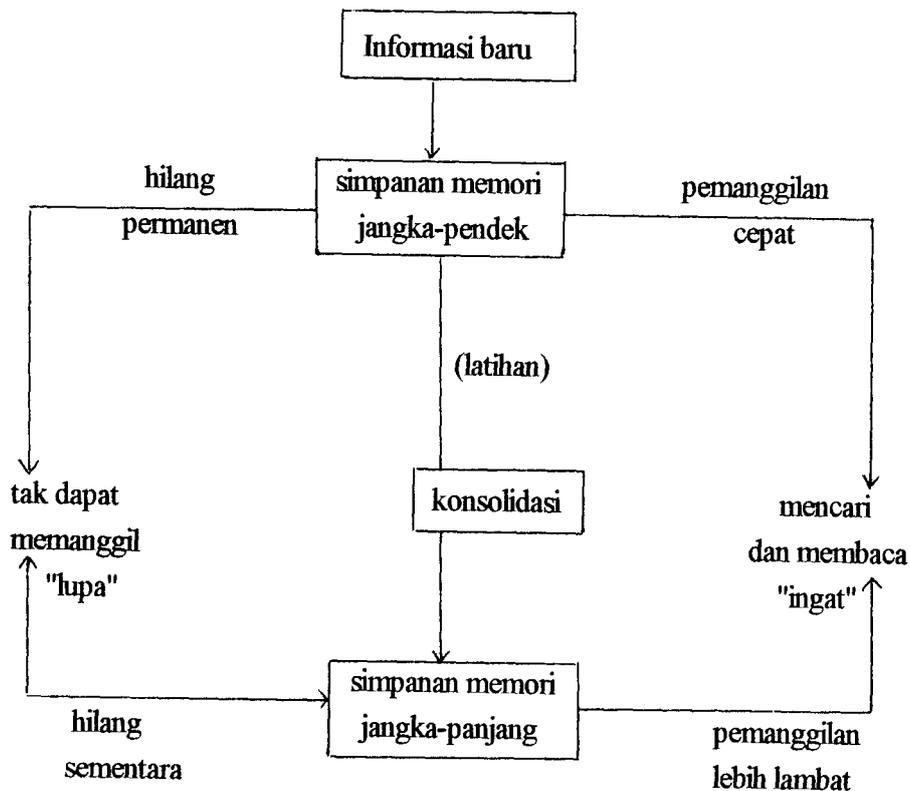
Memori jangka-pendek dapat hilang bila terjadi distraksi sebelum memori tersebut disimpan dalam bentuk yang lebih permanen ¹⁾.

Sebagian informasi akan terlupakan, sebagian lain akan ditransfer ke dalam memori jangka-panjang yang lebih permanen melalui latihan atau pengulangan aktif (gambar 2).

Memori tidak disimpan secara eksklusif di dalam sirkuit¹⁾. Kemungkinan besar memori disimpan dalam korteks yang sama dengan tempat pembentukan impresi ¹¹⁾. Stimulasi pada otak penderita yang menjalani bedah otak menunjukkan bahwa korteks terutama berkaitan dengan fase penyimpanan memori verbal jangka-pendek⁸⁾.

Hipokampus juga berperan mengkonsolidasi memori baru. Nukleus talamus mengirim proyeksi serat ke struktur limbik yang kemudian juga mengirim seratnya ke korteks prefrontal ¹¹⁾. Pada manusia bila lobus frontalis rusak maka penderita tidak dapat menyimpan informasi baru dalam memori. Diduga korteks prefrontal berperan dalam penyimpanan memori sementara. Simpanan memori ini terbagi atas banyak ranah memori, masing-masing khusus untuk informasi yang berbeda (memori lokasi, bentuk, ukuran, dan lain-lain). Pada manusia berperan juga dalam pengetahuan semantik dan matematik ³⁾. Di sini realitas dalam cermin perubahan tuntutan lingkungan serta informasi baru dalam memori.

MEMORI JANGKA-PENDEK



Gambar 2. Penyimpanan memori.

Striatum menerima serat dari korteks sensoris dan meneruskannya ke struktur pengendali gerak. Struktur ini diduga merupakan tempat pembentukan *habit*. Secara neuroanatomi hubungan yang demikian sesuai untuk hubungan langsung antara stimuli dengan respons implisit atau *habit*. Kerusakan striatum pada monyet ternyata menyebabkan gangguan pembentukan *habit* ¹¹⁾.

Proses Pemanggilan Memori

Proses mengingat adalah proses pemanggilan informasi spesifik dari simpanan memori. Sebaliknya lupa adalah suatu ketidakmampuan untuk memanggil memori yang tersimpan ⁷⁾

Pengenalan akan terjadi bila kumpulan neuron dalam sirkuit memori direaktivasi oleh peristiwa sensoris yang serupa dengan peristiwa yang membentuknya. Pada saat

MEMORI JANGKA-PENDEK

dibutuhkan, maka memori¹⁾ akan dipanggil dan dikonversi ke dalam kata-kata sendiri⁹⁾

Korteks prefrontal dibutuhkan untuk pemanggilan hasil belajar asosiatif. Struktur ini berfungsi mengeksitasi atau menghambat aktivitas neuron lain. Anne Marie Thierry dan Jacques Glowinski (Paris), Brigitte Berger (Paris), Thomas Hokfelt (Swedia), dll, menemukan bahwa pada rodentia, korteks prefrontal penuh katekolamin antara lain dopamin. Bukti-bukti menunjukkan bahwa dopamin merupakan salah satu pengatur aktivitas sel yang paling penting berkaitan dengan memori kerja³⁾. Korteks serebri berperan langsung hanya pada memori yang melibatkan bahasa, informasi spasial kompleks, serta berbagai ketrampilan lain yang diintegrasikan pada tingkat kortikal⁷⁾

Hasil pemanggilan memori deklaratif tidak merupakan reproduksi penuh dari simpanan memori. Pemanggilan ini melibatkan suatu proses yang menggunakan pengalaman masa lalu untuk membantu otak merekonstruksi peristiwa lampau dalam konteks sekarang. Selama berlangsung rekonstruksi ini terjadi berbagai proses kognitif seperti komparasi, inferensi serta dugaan untuk membentuk gambaran yang konsisten dan koheren⁹⁾.

Pada monyet, dalam memperantarai memori pengenalan visual hipokampus dan amigdala memegang peran yang sama besar dan dapat saling menggantikan. Kerusakan pada salah satu struktur hanya memberikan sedikit efek pada kemampuan pengenalan. Derajat gangguan memori yang dapat terjadi bervariasi, sesuai dengan jumlah proporsi kerusakan pada kedua struktur¹¹⁾.

Hipokampus dan amigdala memberi proyeksi ekstensif ke basal *forebrain cholinergic system*, yang kemudian juga memberi proyeksi saraf ke korteks dan sistem limbik dengan asetilkolin sebagai neurotransmitter utama. Asetilkolin, tampaknya memegang peran vital dalam memori. Aktivasi sirkuit memori subkortikal oleh rangsang sensoris akan memicu pelepasan asetilkolin dari basal *forebrain* ke daerah sensoris. Asetilkolin, dan mungkin beberapa neurotransmitter lain yang terpicu melalui cara yang sama, akan mengawali serangkaian peristiwa seluler yang akan memodifikasi sinap pada jaringan sensorik. Namun Donald L. Price, Mahlon R. Se-Long, Aigner dan Mishkin dalam percobaan pada monyet menemukan bahwa, gangguan pengenalan memori pada kerusakan basal *forebrain* tidak seberat kerusakan bagian lain sirkuit memori¹¹⁾

Selama pembentukan refleks bersyarat, hipokampus hanya menunjukkan sedikit kegiatan saraf, bahkan kelinci tanpa hipokampus dapat membentuk refleks bersyarat. Diduga pembentukan *habit* berlangsung di striatum yang menerima proyeksi dari berbagai area korteks, termasuk sistem sensoris. Namun Thompson mendapatkan

kegiatan saraf yang masih di hipokampus kelinci tersebut, kemudian diberikan ujian refleksi bersyarat yang lebih kompleks.

Sadapan Kegiatan Biolistrik

Proses yang berlangsung pada memori jangka-pendek tersebut ditandai oleh berbagai kegiatan biolistrik pada berbagai regio otak. Oleh karena tubuh merupakan konduktor ruang, maka diharapkan medan listrik yang terbentuk akan sampai ke permukaan tubuh antara lain ke permukaan kulit kepala, sehingga dapat disadap antara lain dengan elektroensefalografi.

Sama seperti neuron lainnya, neuron kortikal mempunyai potensial membran istirahat dan menunjukkan potensial aksi bila ada kegiatan saraf. Potensial pascasinaptik eksitatoris dari lapisan korteks yang lebih dalam, atau potensial pascasinaptik inhibitoris dari lapisan kortikal superfisial akan menimbulkan fluktuasi potensial positif pada permukaan kortikal. Sebaliknya potensial pascasinaptik inhibitoris yang berlawanan dari berbagai kedalaman korteks serebri akan menimbulkan fluktuasi potensial negatif.

Fluktuasi potensial saraf yang sinambung dapat dicatat melalui kulit kepala yang utuh, antara lain dengan elektroensefalografi (EEG).

Pembahasan

Dari uraian di atas dapat kita lihat bahwa pada proses memori refleksif dan memori deklaratif, memori psikomotor serta memori kognitif maupun memori jangka-pendek serta memori jangka-panjang kesemuanya memperlihatkan kegiatan biolistrik. Demikian juga dengan tahap-tahap penerimaan informasi, penyimpanan memori jangka-pendek maupun pemanggilannya memperlihatkan adanya kegiatan biolistrik sebagai ciri kegiatan neuron.

Berbagai struktur otak ikut terlibat dalam proses memori jangka-pendek ini. Korteks sensoris dengan asetilkolinnya berfungsi sebagai penerima informasi sekaligus sebagai tempat penyimpanan memori jangka-pendek (korteks asosiasi). Dari struktur ini impuls terbagi ke dua arah, impuls yang berkaitan dengan memori psikomotor akan berjalan ke striatum, sedangkan impuls yang berkaitan dengan memori deklaratif berjalan melalui sistem limbik. Korteks prefrontal yang mempunyai fungsi kognitif tentunya membutuhkan asosiasi berbagai informasi, sehingga dapat diperkirakan bahwa penyimpanan memori jangka-pendek di sini berlangsung melalui mekanisme asosiasi pra-pasca. Hipokampus yang merupakan

MEMORI JANGKA-PENDEK

bagian dari jalur memori deklaratif juga cocok untuk mekanisme asosiasi pra-pasca. Sedangkan reverberasi antara talamus dengan prefrontal akan sangat berperan dalam proses berpikir, yang tentunya membutuhkan banyak informasi baru dari memori jangka-pendek.

Memori deklaratif berlangsung melalui sistem limbik, sedangkan memori nonkognitif atau psikomotor berlangsung tanpa melalui sistem limbik. Jalur striatum dan serebelum yang merupakan sistem motorik memang sesuai untuk memori psikomotor ini. Dengan demikian dapat diperkirakan bahwa selain mekanisme asosiasi pramodulator, maka habituasi dan sensitisasi juga berlangsung di striatum dan serebelum.

Proses yang berlangsung pada memori jangka-pendek tersebut ditandai oleh berbagai kegiatan biolistrik pada berbagai regio otak. Oleh karena tubuh merupakan konduktor ruang, maka tentunya medan listrik yang terbentuk akan sampai ke permukaan tubuh antara lain ke permukaan kulit kepala, sehingga dapat disadap antara lain dengan elektroensefalografi.

Kesimpulan

1. Kegiatan biolistrik memegang peran penting dalam memori jangka-pendek.
2. Kegiatan biolistrik yang terjadi pada memori jangka-pendek tersebut dapat dipantau.

Kepustakaan

1. Bloom FE, Lazerson A., *Brain, Mind, and Behavior*, 2nd edition., W.H Freeman and Company, New York, 1988.
2. Salmaso D., *Memory and Aging : Components and Processes*, *Functional Neurology* 1993; 8: 165-182
3. Goldman-Rakic PS., *Working Memory and the Mind*, *Scientific American* ,1992; (Sep): 73-9.
4. Ganong WF., *Review of Medical Physiology*, 15th edition., California : Appleton & Lange, 1991.
5. Hall JF., *Learning and Memory*, 2nd edition, Boston : Allyn and Bacon, 1989.
6. Kandel ER, Hawkins RD., *The Biological Basis of Learning and Individuality*, *Scientific American* 1992; (Sep): 53-60

MEMORI JANGKA-PENDEK

7. Sherwood L., *Human Physiology, from Cells to Systems*, 1st edition., St Paul : West Publishing Company, 1989.
8. Ojemann GA, Creutzfeldt O, Lettich E, Haglund MM, *Neuronal Activity in Human Lateral Temporal Cortex Related to Short-term Verbal Memory, Naming and Reading*, *Brain*, 1988; 111 : 1383-1403.
9. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM., *Principles of Neural Science*, 3rd edition., New York : Elsevier, 1991.
10. Fischbach GD., *Mind and Brain*, *Scientific American*, 1992; (Sep): 24-33.
11. Mishkin M, Appenzeller A., *The Anatomy of Memory*., *Scientific American*, 1987; (Jun): 62-71.
12. Guyton A., *Textbook of Medical Physiology*, 8th edition., Philadelphia : W.B. Saunders Company, 1991.
13. Brachman DA, Arbit J., *Memory and the Hippocampal Complex*. *Archives of Neurology*, 1966, 15 (Jul): 52-61.
14. Russell P., *The Brain Book*, New York : Hawthorn Books Inc., 1979.
15. Schwartz BL, et al., *Glycine Prodrugs Facilitates Memory Retrieval in Humans*, *Neurology*, 1991; 41 : 1341-3.
16. Petersen RC, et al., *Memory Function in Normal Aging*., *Neurology*, 1992; 42 : 396-4013.