



Clinical Practice

Pemeriksaan EEG untuk Diagnosis dan Monitoring pada Kelainan Neurologi

Aris Catur Bintoro

PENDAHULUAN

Elektroensefalografi (EEG) adalah rekaman aktifitas listrik neuron otak. Fluktuasi arus listrik tersebut didapatkan dari perbedaan voltase yang diukur dari elektrode yang ditempel di kulit kepala (*skalp*), langsung dipermukaan kortek serebri, atau di dalam jaringan otak.^{1,2,3}

Sejarah penggunaan alat EEG dimulai pada tahun 1924 dimana Hans Berger seorang ahli fisiologi dan psikiatri Jerman untuk pertama kali melakukan rekaman otak pada manusia.⁴ Penemuan ini dikonfirmasi dan dikembangkan oleh para ilmuwan berikutnya. Tercatat nama seperti Gibbs, Davis dan Lennox pada tahun 1935 menemukan gelombang inter ictal spike dan 3 Hz spike and wave complex pada *absence seizure*, serta Gibbs dan Jasper menemukan gelombang interiktal spike sebagai petunjuk epilepsi fokal.

Dengan berjalannya waktu dan semakin berkembangnya teknologi, maka mesin/teknik pemeriksaan EEG mengalami kemajuan. Semula mesin EEG menggunakan teknik pen yang langsung mencetak di atas kertas, saat ini dengan komputer yang data listrik otak bisa diolah langsung sehingga memungkinkan disusun dalam berbagai montage dalam satuan waktu yang sama.

EEG merupakan salah satu alat diagnostik dan monitoring penting di bidang Neurologi, yang berfungsi menilai neurofisiologi neuron otak. Interpretasi klinik temuan EEG harus dikaitkan dengan kondisi pasien seperti gejala klinis, pemeriksaan fisik, dan hasil pemeriksaan penunjang lain. Proses rekaman dan interpretasi hasil EEG ini membutuhkan supervisi dari seorang ahli elektroensefalografi.¹

PEMERIKSAAN EEG

Terkait dengan letak elektrode di kepala maka secara garis besar terdapat dua jenis pemeriksaan EEG yaitu (1) pemeriksaan dengan elektrode yang ditempel diatas permukaan kulit kepala (*skalp*) dan (2) pemeriksaan yang elektrodenya dimasukkan dalam intra kranial (EEG kortikal dan intra kranial).

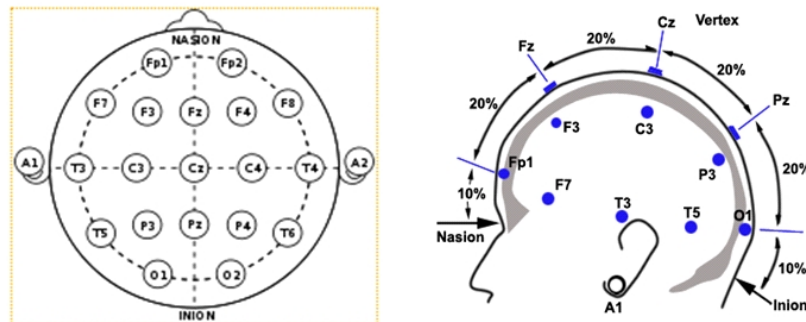
Pada pemeriksaan EEG skalp pemasangan elektrode menggunakan kaidah 10-20 system yang didasarkan pada rekomendasi komite federasi elektroensefalografi dan neurofisiologi klinik internasional (IFSECN).⁵ Teknik penempatan elektrode ini pada tahun 1991 telah dikembangkan dengan identifikasi dan lokasi spesifik untuk 75 posisi elektrode di skalp yang disebut 10-10 system.^{6,7} Penambahan titik yang lebih rapat ini bertujuan untuk mendapatkan lokasi yang lebih akurat dalam menentukan fokus epileptogenik.

Untuk mendapatkan gambaran fluktuasi gelombang otak maka harus dihubungkan antara dua elektrode sehingga muncul selisih voltage dan arah gelombang (*up/down deflection*). Susunan hubungan antara elektrode ini disebut montage, yang dapat berbentuk bipolar (longitudinal, tranversa) atau monopolar/referen (vertex, ipsi aurikula).²

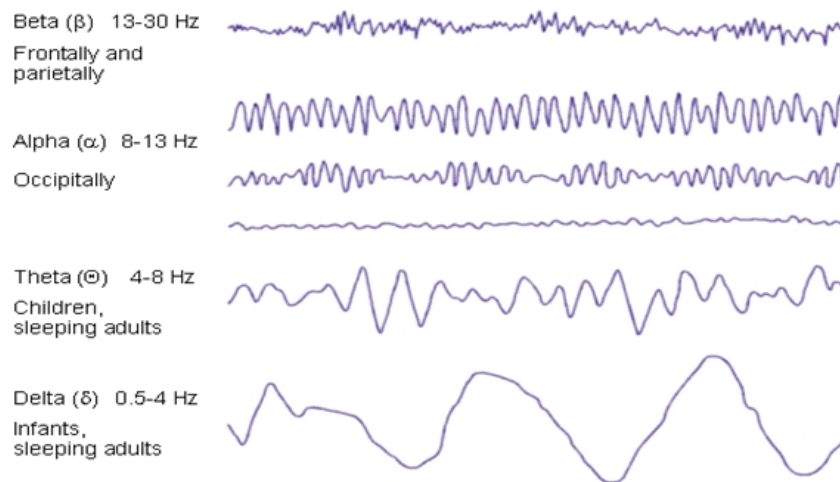
Aktifitas EEG ditunjukkan dengan ukuran Hertz untuk satuan frekuensi, milisecond untuk durasi, serta microvolt untuk amplitudo gelombang.¹ Agar gelombang yang dihasilkan terbebas dari artefak dan hanya merekam gelombang listrik otak saja maka selama proses rekaman dibutuhkan filter yang bisa mengontrol gelombang berfrekuensi tinggi (*high filter*), frekuensi rendah (*low filter*), dan frekuensi aliran listrik rumah (*notch*).

Saat perekaman EEG terdapat beberapa teknik aktivasi yang sering dilakukan yaitu stimulasi mental (*memori/ kalkulasi*), stimulasi photic dan hiperventilasi. Sebaiknya rekaman mencakup fase bangun dan tidur. Saat bangun penting untuk menilai frekuensi dan irama background, sedangkan saat tidur diperlukan melihat kemungkinan munculnya gelombang abnormal tertentu (*epileptiform misalnya*).⁸ Pada anak kadang diberikan obat sedasi (misal kloralhidrat) sebelum rekaman dimulai untuk memudahkan pemasangan elektrode.

Lama rekaman tergantung pada tujuan yang dicapai. Untuk melihat gambaran umum dapat dilakukan rekaman 'rutin' dengan waktu 20-30 menit, sedangkan untuk eksplorasi lebih jauh yang membutuhkan waktu lebih lama dilakukan '*longterm*'



Gambar 1. Penempatan elektrode skalp : 10-20 system



Gambar 2. Aktivitas EEG normal, dalam kelompok frekuensi⁹

monitoring' biasanya antara 3–7 hari. Pemeriksaan EEG longterm ini sering digunakan untuk mencari lokasi fokus/zona epileptogenik dalam bentuk 'onset of ictal' pada kasus epilepsi intractabel. yang akan dilakukan tindakan pembedahan.

HASIL REKAMAN EEG

Terdapat variasi hasil rekaman EEG yang bergantung pada beberapa kondisi yaitu¹:

- Usia : terdapat perbedaan pola gelombang antara neonatus, bayi, anak dan dewasa.
- Kesadaran : gelombang EEG yang muncul saat bangun (*awake*) tidak sama dengan saat tidur stadium I, II, III, IV dan REM.
- Medikasi : pemberian jenis obat tertentu memberi efek terhadap gelombang EEG.
- Status patologi.

Gambaran EEG yang dihasilkan akan dinyatakan normal bila tak ditemukan gelombang abnormal. Pada kondisi terjaga (*awake*) dan menutup mata maka irama background akan muncul di regio posterior berbentuk sinus berfrekuensi alfa dan gelombang beta yang maksimum di fronto sentral. Pada saat tidur maka akan

nampak beberapa gelombang petanda stadium;⁸

stadium1 : background menghilang, frekuensi gelombang melambat, artefak otot mulai berkurang, muncul POST, K kompleks dan vertex

stadium 2 : gelombang sleep spindle.

stadium 3 : gelombang delta mulai muncul

stadium 4 : gelombang delta dominan.

Apabila mendapatkan gelombang abnormal EEG hendaknya kita mendiskripsikan dalam bentuk/ morfologi, frekuensi, amplitudo, distribusi, irama gelombang, kuantitas dll. Selanjutnya diinterpretasikan apakah gelombang tersebut tergolong gelombang epileptik atau non epileptik, serta dapat dibuat suatu kesan terkait dengan klinis pasien. (10), berikut adalah contoh gelombang abnormal yang sering didapatkan pada hasil rekaman EEG.

Sebagai salah satu alat penunjang diagnostik, EEG mempunyai beberapa kelebihan dan keterbatasan.

Kelebihan:

- merupakan alat ukur untuk menilai fungsi otak, sebagai pelengkap pemeriksaan imaging
- menunjukkan langsung abnormalitas fungsi otak, contoh: gelombang epileptik

TABEL 1
Kategori EEG abnormal¹⁰

Epileptiform patterns	Special patterns
• Spikes (Sp) • Sharp wave (Sw) • Benign Epileptiform discharges of Childhood (BEDCH) • Spike-and-wave-complexes (SWC) • Slow Spike-and-wave-complexes (SSWC) • 3Hz spike-and-wave-complexes (3SWC) • Poly spike (PSP) • Photoparoxysmal response (PR) • Seizure pattern (EEG SZ) • Status pattern (EEG ST)	• Excessive fast (EF) • Asymmetry (AS) • Sleep-onset Rapid eye movement (SOR) • Periodic pattern (PP) • Triphasic wave (TW) • Periodic Lateralized epileptiform discharge (PLED) • Burst suppression (BUS) • Background Suppression (BS)
Epileptiform patterns	Special patterns
• Back ground slow (BS) • Intermittent slow (IS) • Continuous slow (CS)	• Alpha coma / stupor • Spindle coma / stupor • Beta coma / stupor • Theta coma / stupor • Delta coma / stupor

TABEL 2
Pola EEG abnormal periodik dan semi periodik¹³

Pola	Bentuk	Interval	Korelasi Klinis
Semi periodik Sharpwave general	Difasik atau Trifasik Sharpwave atau Spike	Biasanya < 1 detik	Creutzfeldt-Jakob disease,
Semi periodik sinkron bilateral dan slow-sharp wave	gelb lambat voltase tinggi iregular, atau sharp and slow wave complex	5-10 detik	Subacute slerosing panencephalitis
(semi)periodik lateralized epileptiform discharges (PLED)	Biphasic atau trifasik , spike, atau poli spike	Difus , aktifitas lambat abnormal,	Fase awal ensefalopati lateral berat, dapat berkorelasi dengan kejang fokal
(semi) periodik dengan glb lambat kompleks predominan temporal	Sharp wave atau triphasic, dpt paroksismal glb lambat	Lokalis atau lambat difus	Ensefalitis herpes simplek
Burst-suppression	Burst spike, glb lambat, dan sharp wave,	Variatif	Ensefalopati difus berat
Triphasic wave	Defleksi amplitudo tinggi, khs negatif-positif-negativ	Grup atau dalam 1,5-2,5 Hz	Ensefalopati toksik atau metabolik, utamanya hepatic

- memberi informasi spasial dan lokalisatorik
- biaya murah dan mudah diulang
- morbiditas kecil
- mudah dimobilisasi (*portable*)

Keterbatasan :

- mendeteksi disfungsi otak, namun jarang bisa menentukan penyebabnya
- sensitifitas dan spesifitas relative rendah
- sering didapatkan artefak fisiologis maupun elektrik
- gambaran EEG dipengaruhi oleh usia, kesadaran, obat, hipoglikemi.

- lesi yang kecil dan lokasi dalam sulit terdeteksi kelainannya
- lokalisasi zona epileptogenik dapat keliru (fals positif)

PERANAN EEG

Berikut ini akan disampaikan beberapa peran EEG di bidang Neurologi, seperti penggunaannya di ruang ICU dan peran penunjang diagnostik pada beberapa kelainan/penyakit seperti tumor, infeksi, stroke, degenerasi, dan epilepsi.

TABEL 3
Gambaran EEG pada beberapa kondisi khusus¹⁴

Kondisi	Temuan EEG
Delirium	- Dapat disebabkan oleh toksik, metabolik, vaskular, infeksi, pos operasi, trauma - Gelombang lambat abnormal mengikuti tingkat keberatan delirium - Pola EEG akan berbeda pada : delirium termsens, nonconvulsive status epileptiks (epileptiform), dan neuroleptik maligna (gelombang lambat difus ringan)
Demensia	- EEG bergantung pada tingkat keparahan (ringan 40%, sedang 65%) - Perlambatan non spesifik - Sering terdapat pada penyakit Alzheimer, disertai perubahan pola EEG - Perlambatan fokal dengan/ tanpa general pada multi infark dan hidrocefalus tekanan normal - Dengan atau tanpa perubahan ringan EEG pada penyakit Pick - Kompleks sharp - triphasic pada Crutzfeldt Jacob disease - EEG dapat membantu membedakan dengan gangguan kognitif pada pasien depresi.
Tumor	- Temuan EEG bergantung pada lokasi dan jenis/ ukuran tumor - Tumor lokasi dalam, menunjukkan frekuensi teta - Tumor superfisial lebih irregular, frekuensi delta, polimorfik, mensupresi irama latar belakang - Tumor dengan pertumbuhan lambat : sharp wave disertai gelombang lambat - Tumor dengan pertumbuhan cepat ; hanya gelombang lambat.

TABEL 4
Temuan EEG pada Epilepsi anak-anak¹

Epilepsi	Gambaran EEG
<i>West syndrome</i>	• Bangun : sulit diketahui irama dasar (<i>background</i>) • Bangun/tidur : gelombang lambat beramplitudo tinggi, irregular, dan spike yang tersebar di kedua hemisfer. Pola ini disebut hirsartmia.
<i>Lennox-Gastaut syndrome</i>	• Bangun : interiktal menunjukkan perlambatan latar belakang, dan <i>Slow spike and wave complex</i> difus atau multifokal • Tidur ; spike 10 Hz di regio anterior • Iktal : mendahului bangkitan dapat ditemukan amplitudo mendatar di regio anterior
<i>Benign epilepsy with centro temporal spike</i>	• Bangun : sering dalam batas normal • Tidur : spike di regio sentro-temporal, dapat di satu sisi atau kedua sisi.
<i>Childhood Absence</i>	• Bangun : background dalam batas normal • Saat hiperventilasi didapatkan gelombang <i>3HZ spike-and-wave complex</i> general maksimum daerah
<i>GTCS on awakening</i>	• Bangun : background dapat menunjukkan gelombang lambat abnormal • Aktivitas <i>spike and wave complex</i> terekam pada 40% kasus • HV yang dilakukan segera saat bangun dapat memunculkan epileptiform

Rekaman EEG di ICU

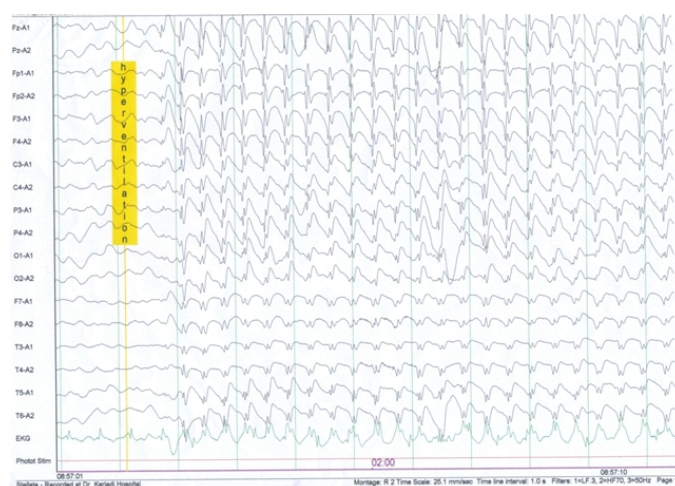
Ada beberapa pertimbangan sehingga EEG kontinyu / monitor diperlukan dalam pelayanan di ICU¹¹ :

- EEG sangat terkait dengan metabolisme otak
- EEG sensitif terhadap penyebab jejas otak seperti iskemi dan hipoksi
- EEG mendeteksi disfungsi neuron saat masih dalam tingkat reversibel

- EEG mendeteksi kerusakan dan perbaikan neuron, yang belum teramati secara klinis
- EEG merupakan metode terbaik yang ada dalam mendeteksi aktifitas epileptik
- EEG kontinyu dapat memberikan informasi yang dinamis.



Gambar 3. EEG Inreiktal : sentro temporal spike, pada epilepsi rolandik (BEDCh)¹⁶



Gambar 4. EEG iktal : 3Hz spike-and-wave complex, pada epilepsi Absence¹⁶

Pada beberapa kasus yang dirawat di ICU seperti tersebut dibawah ini, pemeriksaan EEG kontinyu mempunyai peran penting:

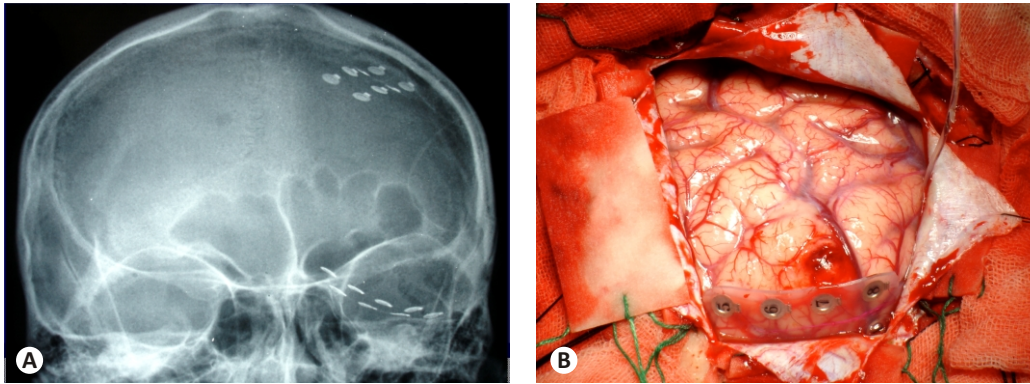
- Insiden *non convulsive seizure* (NCS) dan *non convulsive status epilepticus* (NCSE) cukup tinggi pada cedera otak akut. Tanpa adanya fasilitas EEG kontinyu maka NCSE sering terlambat diketahui dan berpotensi meningkatkan angka kematian dibanding dengan *generalized convulsive status epilepticus* (GCSE).
- Pada kasus stroke perdarahan sub arahnoid (PSA) pemeriksaan EEG kontinyu selain mendeteksi terjadinya komplikasi berupa vasospasme juga berperan memonitor efek terjadinya iskemi otak.
- Pada pasien koma EEG kontinyu dapat memberikan informasi diagnostik tentang jenis dan keparahan koma serta bagaimana prognostiknya.¹²

- Pada kasus kematian otak (*brain death*) pemeriksaan EEG akan menunjukkan tidak adanya potensial gelombang otak, yang dapat berbentuk inaktifitas elektroserebral ($<2\mu V$) yang diistilahkan dengan gelombang iso elektrik, flat, *electrocerebral silence*.¹²
- Pada trauma kapitis EEG membantu memonitor pemberian barbiturat dosis tinggi terhadap terjadinya NCSE, target perfusi serebral pada kenaikan TIK, serta deteksi awal terhadap perkembangan efek massa intra kranial.¹¹

Contoh hasil pemeriksaan EEG pada sebagian kasus di bidang Neurologi sbb :

ABSES OTAK

Gambaran EEG yang tampak pada abses otak sama dengan yang terjadi pada tumor. Aktifitas delta polimorf fokal paling sering ditemukan, dan cenderung sangat



Gambar 3. A. X foto kranium dengan elektrode intra kranial di temporal dan frontal
B. Rekaman EEG dengan penempatan electrode intracranial durante operasi¹⁷

lambat (0,5-2 Hz) dengan voltase tinggi. Sebagaimana pada tumor perubahan EEG yang terjadi bukan akibat lesi semata tapi juga karena efek massa. Gelombang epileptik sering terjadi dan banyak ditemukan di sekitar abses otak, dan kejang terjadi pada $\frac{3}{4}$ kasus. Aktivitas epileptiform saat dilakukan diagnosis dan pengobatan tak bisa memprediksi epilepsi dikemudian hari. Sebagian besar perubahan EEG akan hilang setelah tindakan operasi.

MIGREN

Selama terjadi aura visual klasik gambaran EEG dapat normal, menunjukkan aktifitas delta di posterior, atau background alfa yang menghilang. Sewaktu terjadi migren hemiplegik terdapat aktifitas delta kontra lateral. Pada serangan migren basilar yang sering terjadi pada anak-anak dengan klinis konfusi, kadang menunjukkan aktifitas gelombang lambat terutama di regio posterior.

ENSEFALITIS VIRUS

Temuan EEG pada ensefalitis virus khususnya Herpes Simplex tipe 1 dapat berupa aktifitas gelombang lambat fokal atau difus, epileptiform discharges fokal, PLED atau BiPLED dan amplitudo background yang menurun. Lesi di otak ini terjadi akibat nekrosis perdarahan di lobus temporalis bagian inferior dan mesial, serta bagian orbita dari lobus frontal.

PERAN PADA EPILEPSI

Pada saat pertama mendapati pasien dengan kejang seorang dokter harus menentukan apakah ini kejang epileptik atau kejang yang lain. Meski diagnosis epilepsi lebih didasarkan atas gambaran klinis saat terjadi bangkitan (semiologi), namun temuan pemeriksaan EEG dengan interpretasi yang didukung data klinis sering dapat membantu diagnosis.

Diantara temuan EEG yang memiliki kemaknaan tinggi pada kasus epilepsi adalah gelombang *interictal epileptiform discharges* (IED), yaitu gelombang epileptik yang muncul diantara bangkitan.

Terdapat konsensus mengenai IED yaitu¹⁵:

- Bersifat paroksismal
- Terdapat perubahan yang tiba-tiba pada polaritas
- Spike bila durasi <70 msec, sharp wave dengan durasi 70–200 msec.
- Memiliki bentuk fisiologis yang melibatkan lebih dari 1 elektrode.

Beberapa contoh temuan pemeriksaan EEG pada pasien Epilepsi dapat dilihat pada tabel.

Tampak bahwa perbedaan tipe gelombang epileptik interiktal (IED) ini sesuai dengan tingkat usia antara neonatus dan anak, dimana hubungan kemaknaan ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya usia. Untuk memutuskan kemaknaan temuan gelombang epileptik ini dibutuhkan pertimbangan dari tipe gelombang, usia serta kondisi pasien.¹⁵

Gelombang EEG iktal adalah gelombang EEG epileptik yang muncul saat terjadi bangkitan (*seizure*). Bentuk gelombang, irama dan distribusi yang timbul memberi petunjuk pada epilepsi yang bersifat general atau parsial, serta penentuan jenis epilepsi yang mana. Seorang ahli epilepsi selanjutnya akan dapat memberi kesan hasil rekaman EEG tersebut setelah menggabungkan dengan bentuk klinis kejang yang terjadi (semiologi).

BEDAH EPILEPSI

Tindakan pembedahan pada epilepsi diindikasikan untuk kasus intraktabel, yaitu epilepsi yang dengan pemberian obat anti epilepsi (OAE) tidak ada perbaikan. Terdapat beberapa jenis epilepsi yang mempunyai outcome/prognosis baik (bebas kejang) setelah menjalani tindakan pembedahan. Kelompok ini disebut sebagai *Surgical remediable epilepsy*, diantaranya adalah Epilepsi lobus temporalis yang disebabkan oleh sklerosis hipokampus.³

Tujuan evaluasi pre operatif adalah mendeteksi zona epileptogenik, yaitu area di korteks yang berperan penting dalam menimbulkan kejang klinis. Evaluasi ini

mencakup semiologi, interiktal dan iktal pada EEG scalp, disamping pemeriksaan penunjang lain seperti MRI, PET scan, SPECT, MEG dan fMRI.³

EEG Interiktal

Mengingat sebgaiian besar epilepsi fokal yang dilakukan tindakan pembedahan adalah epilepsi lobus temporal, maka untuk pemeriksaan EEG scalp di pasang elektrode tambahan yang ditempatkan di daerah pipi (T1/T2), sphenoid dan foramen ovale.

Sering EEG rutin kurang memberi cukup materi untuk pertimbangan lokasi fokus, mengingat saat rekaman berdurasi 20-30 menit ini jarang mendapatkan iktal. Untuk itu pemeriksaan EEG Longterm Monitoring dengan video menjadi salah satu pemeriksaan penting dimana lokasi fokus yang terekam saat iktal onset (dengan melihat frekuensi, amplitudo, distribusi dan morfologi) memberi petunjuk garis besar tentang lokasi zona epileptogenik.³

Apabila setelah mempertimbangkan semua hasil pemeriksaan penunjang (semiologi, EEG iktal, MRI) masih dijumpai keraguan maka hendaknya pemeriksaan lain perlu dilaksanakan seperti PET, SPECT, MEG atau EEG intra kranial, sesuai dengan kemampuan pusat layanan bedah epilepsi tersebut.

Pemeriksaan EEG intra kranial merupakan pemeriksaan invasiv. Jenis elektrode yang digunakan tergantung kebutuhan regio dan luas daerah otak yang akan diperiksa. Beberapa elektrode yang digunakan adalah elektrode *strip* (4-8 elektrode), *subdural grid* (16,20,24,48,64 elektrode) dan *depth* untuk lokasi otak yang dalam.

Rekaman EEG intra kranial dilakukan dengan tujuan mendapatkan lokasi onset iktal sebagai petunjuk zone epileptogenik yang sulit didapatkan dengan EEG scalp. Perekaman dilakukan di ruang EEG Longterm monitoring selama 1-10 hari hingga ditemukan iktal. Bila tujuan pemasangan elektrode hanya untuk menentukan daerah kortikal yang iritatif atau tidak, maka rekaman cukup dilakukan durante operasi yang dikenal EEG kortikal.

SIMPULAN

Pemeriksaan EEG sudah lama menjadi bagian penting dalam menunjang diagnosis dan monitoring di bidang Neurologi. Peranan EEG tak hanya terbatas di penyakit epilepsi saja namun juga gangguan lain di otak seperti penurunan kesadaran, koma, peningkatan intra kranial, vaso spasme, dll. Informasi yang diberikan sering mendahului sebelum perubahan klinis terjadi.

Namun EEG juga memiliki keterbatasan, dimana pemeriksaan yang dihasilkan menggambarkan keadaan fungsional otak. Selain tak bisa menentukan jenis patologi kelainan yang ada, EEG juga jarang mendeteksi lesi yang kecil dan dalam dari bagian otak.

Dengan memahami teknik perekaman dan morfologi gelombang otak, seorang ahli EEG dapat membantu memberi kesan gangguan fungsional otak dikaitkan dengan kondisi klinis pasien, sehingga akan membantu klinisi dalam penatalaksanaan gangguan otak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Manford M. Practical Guide to epilepsy. Butterworth Heinemann. Burlington. 2003
2. Hughes JR. EEG in clinical practice, 2nd ed. Butterworth-Heinemann, 1994
3. Baca CB, Stern JM. Scalp EEG in the epilepsy surgery evaluation. In : The treatment of epilepsy, edited by Shorvon S, Perucca E, Engel J. 3rd ed. Wiley-Blackwell. 2009
4. Niedermeyer E. and da Silva F.L. Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. Lippincott Williams & Wilkins, 2004
5. Jasper HH. The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1958;10:371-373
6. Nuwer MR. Recording electrodes site nomenclature. *J Clin neurophysiol* 1987;4:121-133
7. Pernier J, Perrin F, Bertrand O. Scalp current density fields: concepts and properties. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1988;69:385-389
8. Abou-Khalil B, Misulis KE. Atlas of EEG & seizure semiology. Butterworth Heinemann. 2006
9. Haas LF. "Hans Berger (1873-1941), Richard Caton (1842-1926) and electroencephalo-graphy". *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2003; 74 (1): 9.
10. Lüders HO, Noachtar S. Atlas and classification of Electroencephalography. WB Saunders co. Philadelphia. 2000.
11. Jordan KG, Bleck TP. Continuous EEG monitoring in intensive care unit. In *Current practice of clinical electroencephalography* edited by Ebersol JS, Pedley TA. 3rd ed. Lippincott William & Wilkins. 2003
12. Chatrian GE, Turella GS. Electrophysiological evaluation of coma, other states of diminished responsiveness, and brain death. In *Current practice of clinical electroencephalography* edited by Ebersol JS, Pedley TA. 3rd ed. Lippincott William & Wilkins. 2003
13. Zifkin G, Crasco RQ. An orderly approach to the abnormal electroencephalogram. In *Current practice of clinical electroencephalography* edited by Ebersol JS, Pedley TA. 3rd ed. Lippincott William & Wilkins. 2003
14. Markand ON, Bunner RS. Organic brain syndrome and Dementia. In *Current practice of clinical electroencephalography* edited by Ebersol JS, Pedley TA. 3rd ed. Lippincott William & Wilkins. 2003
15. Walczak TS, Jayakar P, Mizrahi EM. Interictal electroencephalography. In *Epilepsy a comprehensive textbook*, edited Engel J, Pedley TA. 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia. 2008
16. Bintoro AC. Rekaman EEG RSUP Dr Kariadi Semarang. 2009 (tak dipublikasikan)
17. Gambar rekaman EEG intracranial di RSUP Dr Kariadi Semarang (tak dipublikasikan)