

Laporan Penelitian

Posisi elektroda intrakoklea dan ECAP sebagai pedoman pemetaan pada tuli sensorineural dengan implan koklea

***Semiramis Zizlavsky, *Ratna Dwi Restuti, **Jacob Pandelaki,
Muchtaruddin Mansyur, *Bambang Hermani, *Teguh Ranakusuma, *****Edrial
Eddin, *****Sarwono Waspadji**

*Departemen THT, **Departemen Radiologi, ***Departemen Kesehatan Komunitas,
****Departemen Neurologi, *****Departemen Fisika, *****Departemen Penyakit Dalam Fakultas
Kedokteran Universitas Indonesia-RS Cipto Mangun kusumo
Jakarta

ABSTRAK

Latar belakang: Implan koklea merupakan pilihan utama untuk rehabilitasi pendengaran dan berbicara pada anak tuli sensorineural berat bilateral. Pengaturan *comfortable dan threshold level* berdasarkan nilai *evoked compound action potential (ECAP)* direkam dengan *neural responses imaging (NRI)* saat pemetaan. **Tujuan:** Memperoleh nilai ECAP sebagai acuan pemetaan berdasarkan jarak elektroda intrakoklea ke modiolus, jarak terpanjang elektroda nomor satu dengan elektroda berhadapan, jarak *marker* dengan lubang kokleostomi dan faktor lainnya. **Metode:** Anak tuli sensorineural usia 2-10 tahun, menggunakan implan koklea dengan desain *contour* atau *straight* terdiri dari 16 elektroda, 120 *channel* sebagai subjek penelitian. Subjek penelitian sebanyak 46 telinga (39 anak), terpasang implan koklea diperoleh secara konsekutif dengan desain potong lintang. Perekaman ECAP elektroda 3-5, 8-10, 13-15 mewakili daerah apeks, medial dan basal. Hasil tomografi komputer resolusi tinggi koklea dengan program OsiriX dilakukan rekonstruksi 3D untuk menilai posisi dan jarak elektroda. Analisis data diawali dengan univariat dan uji korelasi Spearman 's pada bivariat. Kandidat faktor yang berperan disertakan pada regresi ganda untuk mendapatkan faktor determinan ECAP. *Comfortable zone* untuk populasi diperoleh dari analisis area pada distribusi normal menggunakan *comfortable level*. **Hasil:** Diperoleh persamaan yaitu: (rerata ECAP)=-21,19+5,87 rerata jarak elektroda ke modiolus (mm)+1.31, rerata *threshold level* (cu)+0.48 lama penggunaan implan koklea (bulan). (R square=0.60). *Comfortable zone* diperoleh dengan ECAP yang berada pada variasi 84-87,5% *comfortable level*. **Kesimpulan:** Jarak elektroda ke modiolus, lama penggunaan implan koklea dan *t level* merupakan faktor determinan ECAP. Nilai ECAP dapat digunakan untuk mengidentifikasi penyimpangan jarak elektroda dan memperoleh *comfortable zone*.

Kata kunci : ECAP, implan koklea, lokasi elektroda, tuli sensorineural

ABSTRACT

Background: Currently cochlear implant remains a preferred choice in hearing and speech habilitation in children with bilateral profound SNHL. *Comfortable and threshold level setting based on ECAP value is recorded by NRI during mapping.* **Purpose:** To obtain ECAP value as mapping guidance based on the distance between electrode to modiolus, the longest distance between electrode number one with the ones it faces, the distance between marker and cochleostomy and other factors. **Methods:** Research subject were children with SNHL, between 2-10 years old using CI with 16 electrodes, 120 channels. There were 46 ears (39 children) with CI chosen consecutively by cross sectional design. Using NRI, ECAP was recorded on electrode 3-5, 8-10, 13-15 that represent the apex, medial and basal area. Their cochlears were examined with HRCT then 3D reconstruction with OsiriX program to determine the electrode position and calculate the distance. Data analysis started with univariat

and bivariat with Spearman' correlation. Candidates' factor were analysed with multiregression test to gain ECAP determinant factor. Comfortable zone for population was gained from area analysis in normal distribution using comfortable level. **Results:** The equation found were: y (average ECAP) = $-21.19 + 5.87$ the average electrodes to modiolus distance (mm) $+ 1.31$, threshold level (cu) $+ 0.48$ CI length use (months). (R square = 0.60). Comfortable zone was acquired with ECAP between 84-87,5% comfortable level variation. **Conclusion:** The electrode to modiolus distance, duration of CI use and t level are ECAP determinant factor. The value of ECAP can be used as guidance to identify electrode distance deviation and to gain comfortable zone.

Keywords: cochlear implant, ECAP, electrode location, sensoryneural hearing loss

Alamat korespondensi: Semiramis Zizlavsky, e-mail: miragipsy@yahoo.com, Departemen THT-FKUI RSCM JI Diponegoro no 71 Jakarta Pusat, 10430.

PENDAHULUAN

Manusia sebagai ciptaan Allah, merupakan makhluk sosial yang dalam kehidupannya selalu hidup bermasyarakat, sehingga perlu bisa berkomunikasi dengan baik. Salah satu faktor pendukung terjalannya komunikasi adalah memiliki pendengaran yang baik, yang merupakan modal sensoris utama untuk perkembangan berbicara dan berbahasa.

Tuli kongenital terjadi antara 1-3 per 1000 bayi lahir hidup. Angka kejadian bervariasi pada tiap negara dan berdasarkan Survei Kesehatan Indera Penglihatan dan Pendengaran yang dilakukan Departemen Kesehatan Republik Indonesia tahun 1993-1996 pada 7 provinsi di Indonesia, ditemukan tuli kongenital sebesar satu per 1000 bayi lahir hidup.¹ Pada periode Januari 2008 sampai dengan Desember 2011 di Divisi THT Komunitas Departemen THT RSCM terdapat 1161 kasus anak tuli dan sebanyak 176 kasus (15,16%) didiagnosis pada usia kurang dari satu tahun.²

Etiologi tuli kongenital multi-faktorial seperti yang ditetapkan oleh *Joint committee of infant hearing* (JCIH) 2000.³ Ketulian yang terjadi sejak lahir mempunyai dampak lebih besar sehingga dengan adanya deteksi dini maka intervensi dilakukan secara cepat dan tepat sebelum berusia 6 bulan dengan pemberian alat bantu dengar (ABD).^{3,4} Menurut Itano⁵ bayi yang mengalami tuli sensorineural

bila mendapat intervensi pada usia kurang dari 6 bulan, pada saat berusia 3 tahun mempunyai kemampuan untuk berkomunikasi seperti anak seusia yang memiliki pendengaran normal.

Anak yang mengalami ketulian mempunyai hak untuk memperoleh habilitasi maupun rehabilitasi seperti yang tercantum dalam UU No. 36 tahun 2009 tentang kesehatan.⁶ Pemakaian implan koklea (IK) sebagai alternatif apabila dengan alat bantu dengar (ABD) konvensional tidak atau sedikit sekali diperoleh manfaat dalam perkembangan mendengar maupun berbahasa pada anak dengan perkembangan kognitif yang baik.⁷

Keberhasilan IK dipengaruhi berbagai faktor dan dinilai dengan melihat kemampuan anak untuk berkomunikasi serta pemahamannya.^{8,9} Posisi elektroda memegang peran penting karena jika kurang atau tidak sesuai dengan tonotopik akan memengaruhi persepsi suara.¹⁰⁻¹² Dorman¹³ pada penelitiannya memperoleh adanya perbedaan bermakna antara kedalaman insersi dengan kemampuan persepsi bicara. Menurut Escude¹⁴ insersi sepanjang 20 mm pada koklea berukuran besar akan menghasilkan kelengkungan 10^0 sebaliknya pada koklea yang kecil kelengkungan 270^0 akan diperoleh dengan insersi sepanjang 15 mm. Insersi elektroda ke dalam koklea umumnya berkisar 22-30 mm dan ini memberikan dampak yang berbeda terhadap persepsi bicara. Bila kedalaman insersi kurang dari 27 mm maka elektroda paling apeks terletak kira-kira pada frekuensi 350 Hz,

sebaliknya insersi sekitar 22 mm menyebabkan posisi elektroda tersebut terletak pada frekuensi 800 Hz.

Pada tahap rehabilitasi, anak menjalani pemetaan dengan mengatur *comfortable (c) level* dan *threshold(t) level* pada setiap elektroda. Pemetaan pada anak merupakan tantangan bagi pemeriksa karena selama ini penentuan *c level* dan *t level* dilakukan berdasarkan *Electrically Evoked Compound Action Potentials (ECAP)* yaitu respons sejumlah neuron auditorius yang sinkron pada bidang jauh akibat adanya stimulasi listrik. Kenyataannya respons anak tidak selalu sesuai dengan nilai ECAP karena dipengaruhi

berbagai faktor. Apabila ECAP tidak dapat terekam atau mempunyai nilai ekstrim dibandingkan dengan elektroda di dekatnya maka timbul masalah saat menetapkan *c level* dan *t level*. Adanya masalah tersebut menimbulkan pertanyaan bagaimana posisi elektroda dan perannya terhadap ECAP yang dapat digunakan sebagai alternatif penetapan nilai *c level* dan *t level*.¹⁵

Tujuan penelitian ini yaitu diperolehnya acuan pemetaan berdasarkan perolehan faktor yang berperan terhadap ECAP berdasarkan jarak elektroda intrakoklea ke modiolus, jarak terpanjang elektroda nomor satu dengan elektroda berhadapan, jarak *marker* dengan lubang kokleostomi.

METODE

Penelitian ini merupakan studi potong lintang (*cross sectional study*) dilaksanakan di Divisi THT Komunitas, Divisi Otologi Departemen THT FKUI-RSCM, bekerja sama dengan Departemen Radiologi FKUI-RSCM dan RS Pantai Indah Kapuk. Besar subjek penelitian sebanyak 46.¹⁶

Kriteria penerimaan adalah anak tuli sensorineural sangat berat bilateral, prelingual berusia 2-10 tahun yang menggunakan

IK lebih dari 6 bulan mempunyai 16 elektroda dan 120 *channel* dengan desain IK melengkung (*contour*) atau lurus (*straight*). Subjek ditolak bila terdapat kelainan kognitif, kelainan anatomi koklea, neuropati auditori, kelainan sentral.

Pada penelitian ini akan dilihat faktor yang memengaruhi ECAP dengan menghitung jarak elektroda terhadap modiolus, jarak terpanjang elektroda nomor satu dengan elektroda yang berhadapan serta jarak lubang kokleostomi ke *marker* menggunakan program Osirix dengan terlebih dahulu menentukan posisi potongan yang diinginkan (*cochlear view*) setelah pemeriksaan tomografi komputer resolusi tinggi (TKRT) *dual source* Somatom Definition AS 128 produksi Siemens. Pemeriksaan ECAP direkam dengan program *Neural Response Imaging (NRI)* pada elektroda yang telah ditentukan dan mempunyai nilai impedans yang baik.

Data yang diperoleh dicatat dalam formulir penelitian dan hasilnya disajikan dalam bentuk tabel. Hipotesis penelitian dianalisis menggunakan uji Spearman untuk melihat korelasi jarak elektroda terhadap ECAP. Perbedaan kemaknaan pada analisis statistik ini dinilai berdasarkan nilai probabilitas (*p-value*) < 0,05. Selanjutnya dengan uji regresi ganda pada analisis multivariat diperoleh faktor determinan dan besarnya kontribusinya terhadap ECAP.

HASIL

Jumlah telinga yang diteliti sebanyak 46 telinga sebagai unit analisis berasal dari 39 orang anak pengguna implan koklea sebagai subjek. Unit analisis yang diikuti-sertakan pada penelitian ini berasal dari telinga anak yang terpasang implan koklea minimal 6 bulan dan menjalani pemetaan program di RS PIK dan RSCM antara bulan Desember 2012 hingga April 2013. Di antara subjek penelitian terdapat 6 orang anak yang menggunakan

implan pada kedua telinga dengan jenis implan yang sama sedangkan satu orang anak menggunakan jenis implan yang berbeda di kedua telinganya.

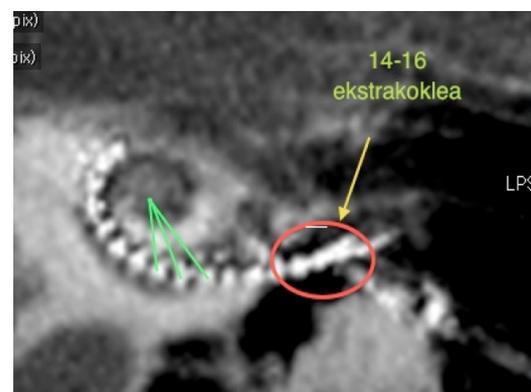
Data karakteristik menurut jenis kelamin menunjukkan penelitian ini terdiri atas 22 anak laki-laki dan 17 anak perempuan. Usia saat ketulian terdeteksi bervariasi dari usia 1-59 bulan (median 12,5 bulan). Berdasarkan kategori usia deteksi ketulian jumlah terbesar ditemukan pada kelompok usia lebih dari 12 bulan sebanyak 25 (54,3%) subjek penelitian. Jenis implan koklea baik jenis *straight* maupun *contour*, masing-masing sebanyak 23 buah. Implan koklea terbanyak dipasang pada sisi telinga kanan sebanyak 34 (79,3%) unit analisis penelitian. Ambang pendengaran rerata pada telinga yang dioperasi antara 80 dB sampai lebih dari 110 dB dengan median 106,5 dB.

Usia saat pemakaian ABD antara 5 bulan sampai 71 bulan dengan median 24 bulan. Berdasarkan klasifikasi usia terbanyak ditemukan antara 12-36 bulan sebanyak 32 (69,6%) telinga. Lama pemakaian ABD rerata sebelum dilakukan operasi IK antara 3-98 bulan dengan median 19 bulan. Berdasarkan klasifikasi lama pemakaian ABD terbanyak ditemukan 30 (65,2%) telinga pada lebih dari 12 bulan. Usia saat operasi pada penelitian ini sangat bervariasi dari 13 bulan sampai 120 bulan dengan median 50 bulan. Berdasarkan klasifikasi usia saat operasi, jumlah terbanyak didapati pada kelompok usia lebih dari 5 tahun sebanyak 20 (54,3%) telinga, diikuti usia 1-3 tahun pada 15 (32,6%) telinga. Pada penelitian ini lama pemakaian IK antara 6-63 bulan dengan median 22,5 bulan. Berdasarkan kelompok lamanya pemakaian IK, tidak terdapat perbedaan antara kelompok usia 6-12 bulan dan lebih dari 36 bulan, masing-masing sebanyak 16 (34,8%) telinga.

Posisi dan jarak elektroda pada penelitian ini diukur pada gambaran TKRT koklea dengan parameter yang telah ditentukan. Pemilihan elektroda dibagi atas 3 bagian yaitu elektroda 3-5 di daerah apeks yang mewakili frekuensi 500-900 Hz, elektroda 8-10 di daerah medial mewakili frekuensi 1000-1700 Hz dan elektroda 13-15 berada di daerah basal mewakili frekuensi 2000-4000 Hz. Jarak median (min-maks) elektroda ke modiolus pada elektroda daerah apeks, medial dan basal masing-masing antara lain 2,23 mm (1,64-3,36 mm), 2,41 mm (1,36-3,92 mm) dan 3,28 mm (2,08-7,71 mm). Dari penelitian ini diperoleh jarak terpanjang antara elektroda nomor satu dengan elektroda berhadapan yang melalui modiolus paling banyak pada elektroda 1-9 didapati pada 17 (37%) telinga, diikuti oleh elektroda 1-8 sebesar 16 (34,8%) telinga. Jarak elektroda 1-11 terdapat pada 1 (2,2%) telinga.

Pada penelitian ini ditemukan posisi elektroda ekstrakoklea pada subjek penelitian nomor 38 berdasarkan gambaran TKRT adalah elektroda 14 sampai 16 (gambar 1). Pada subjek penelitian ini juga diperoleh jarak terpanjang adalah antara elektroda 1-11.

Panjang jajaran elektroda yang masuk ke dalam koklea dan jenis implan koklea mempunyai dampak terhadap derajat kelengkungan yang berbeda.



Gambar 1. Posisi elektroda ekstrakoklea.

Sebaran nilai median (min-maks) panjang linier pada jenis *straight* adalah 20 mm (13,6-22,9) sedangkan pada jenis *contour* 18,1 mm (13,5-21,5). Nilai median (min-maks) derajat kelengkungan pada jenis *straight* 332° (216°-401°) sedangkan pada jenis *contour* 365° (258°-399°).

Korelasi antara ECAP dengan jarak elektroda.

Jumlah unit analisis tidak berdistribusi normal sehingga untuk melihat adanya korelasi digunakan uji Spearman's. Hasil uji korelasi Spearman's antara ECAP dan jarak elektroda ke modiolus pada elektroda 3, elektroda 4, elektroda 5, elektroda 13 dan elektroda 15 menunjukkan hubungan bermakna secara statistik ($p < 0,05$) yang mempunyai korelasi dengan kekuatan sedang. Korelasi lemah terdapat antara ECAP dengan jarak elektroda ke modiolus pada elektroda 8, elektroda 10, elektroda 14 dan secara statistik bermakna ($p < 0,05$). Antara ECAP dan jarak elektroda 9 ke modiolus tidak ditemukan adanya korelasi dengan ECAP.

Jarak elektroda nomor satu dan elektroda berhadapan yang melalui modiolus dengan ECAP elektroda 3, elektroda 4, elektroda 5, elektroda 8, elektroda 9, elektroda 10, elektroda 13 dan elektroda 15 bermakna secara statistik ($p < 0,05$) dan mempunyai korelasi sedang. Antara jarak elektroda nomor satu dan elektroda berhadapan yang melalui modiolus dengan ECAP elektroda 14 secara statistik bermakna ($p = 0,007$) dan mempunyai korelasi dengan kekuatan lemah ($r = 0,39^*$).

Uji Spearman's pada penelitian ini tidak didapatkan korelasi antara ECAP dengan jarak *marker* ke lubang kokleostomi.

Korelasi antara ECAP dengan berbagai faktor lain.

Pada penelitian ini terdapat hubungan bermakna secara statistik ($p = 0,004$) antara lama pemakaian implan koklea dan jenis implan

koklea dengan ECAP rerata dan mempunyai hubungan korelasi sedang ($r = 0,42^{**}$).

Secara statistik hubungan bermakna ($p = 0,000$) juga ditemukan antara *t level* rerata dan ECAP rerata dengan korelasi sedang ($r = 0,58^{**}$) sedangkan korelasi kuat ($r = 0,70^{***}$) didapati antara *c level* dan *dynamic range* dengan ECAP rerata. Data juga memperlihatkan bahwa ECAP setiap elektroda yang dinilai tidak mempunyai korelasi dan secara statistik tidak bermakna dengan usia deteksi tuli, ambang dengar rerata sebelum operasi, lama pemakaian ABD, usia operasi dan jarak linier.

Analisis lebih lanjut adalah melakukan analisis multivariat dengan cara melakukan seleksi variabel yang terdapat pada analisis bivariat yang mempunyai nilai $p < 0,25$ atau secara teoritis mempunyai hubungan kuat dengan ECAP. Variabel dengan nilai $p < 0,25$ dianalisis menggunakan regresi ganda dengan metode Enter. Dengan metode ini dimungkinkan untuk menyertakan beberapa faktor dalam bentuk kombinasi agar tercapai nilai koefisien determinan (R^2) yang besar dan nilai kemaknaan yang terbaik. Nilai jarak elektroda satu dengan elektroda berhadapan yang melalui modiolus mempunyai kesempatan untuk memiliki nilai kemaknaan yang sama dengan jarak elektroda rerata ke modiolus pada kombinasi dengan variabel yang lain. Kombinasi variabel yang mengikut sertakan kedua jenis jarak ini menghasilkan nilai yang tidak bermakna karena merupakan suatu hubungan kolinearitas sehingga diputuskan untuk memilih salah satu jenis jarak tersebut yaitu jarak elektroda ke modiolus. Hal yang sama terjadi dengan *t level*, *c level* dan *dynamic range* sehingga dengan berbagai kombinasi variabel maka dipilih *t level* sebagai faktor determinan ECAP. Variasi terbaik diperoleh dengan kombinasi antara jarak elektroda rerata ke modiolus, *t level* rerata dan lama pemakaian implan koklea rerata yang mempunyai nilai *constant* -21,19 dan koefisien determinan ($R^2 = 0,60$) yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Faktor yang berperan pada nilai ECAP

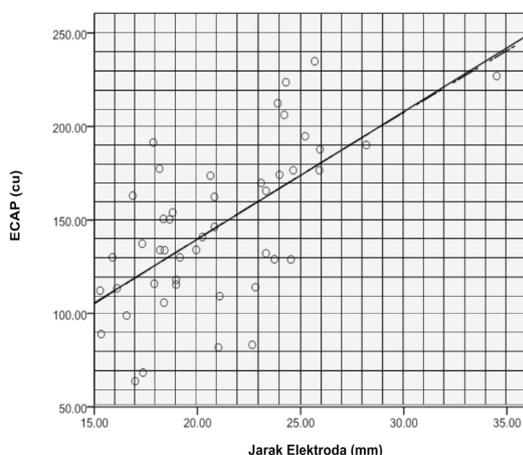
Faktor yang berperan pada nilai ECAP	r	p
Jarak elektroda ke modiolus	5,87	0,000
Lama pemakaian implan koklea	0,48	0,037
Threshold level	1,31	0,000

Dari perolehan hasil analisis multivariat yang melibatkan ketiga faktor determinan di atas menghasilkan suatu persamaan:

$$y = -21,19 + 5,87 \text{ jarak elektroda rerata ke modiolus (mm)} + 1,31 \text{ Threshold level rerata (cu)} + 0,48 \text{ lama pemakaian implan koklea rerata (bulan)}$$

Keterangan : y = ECAP rerata
Constanta = -21,19

Persamaan ini hanya berlaku pada jenis implan koklea yang digunakan dalam penelitian ini, karena belum diuji pada jenis implan koklea lainnya. Selanjutnya dilakukan analisis *curve estimation* sehingga jenis kurva yang paling tepat untuk hubungan antara ECAP dengan faktor determinan yang diperoleh.¹⁷ Jarak elektroda ke modiolus dipilih sebagai faktor yang berperan terhadap ECAP dengan melihat kurva *linear* dan *quadratic* yang stabil dengan *R square* pada kedua grafik=0,40 (grafik 1)



Grafik 1 : Jarak elektroda ke modiolus dengan ECAP
(o : *observed* ; — : *linear* ; --- : *quadratic*)

Program pemetaan yang baik membutuhkan kerja sama dengan subjek yang menggunakan implan koklea untuk menentukan *t level* dan *c level*. Jenis implan koklea yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai *threshold level* yang sudah ditetapkan yaitu 10 % dari nilai *comfortable level*. Peningkatan *c level* terhadap ECAP berbeda pada setiap elektroda, oleh karena itu posisi *comfortable level* terhadap ECAP ditentukan dengan memperhitungkan *comfortable zone*. Transformasi data terlebih dahulu dilakukan pada nilai ECAP dan *comfortable level* untuk mendapatkan distribusi normal kemudian dilihat nilai *Mean*, *Standard Deviation* (SD) serta *Confidence Interval*. Data transformasi ECAP mempunyai nilai *mean*=2,15, nilai SD=0,13 dan *confidence Interval* 2,11-2,19. Data transformasi *comfortable level* mempunyai nilai *mean*=2,34, nilai SD=0,12 dan *confidence Interval* 2,30-2,38. Dari rumus yang digunakan *Comfortable Zone* diperoleh berdasarkan nilai ECAP bagi populasi dengan variasi 84-87,5% terhadap pengaturan nilai *comfortable level*.

DISKUSI

Pada karakteristik subjek penelitian dari jenis kelamin tidak ada perbedaan. Usia deteksi ketulian terbanyak di atas 12 bulan sebanyak 25 (54,3%) subjek penelitian. Ini kurang sesuai dengan tujuan skrining pendengaran sejak bayi baru lahir yang dianjurkan oleh *American Joint Committee of Infant Hearing Screening*, bahwa gangguan fungsi sel rambut luar sudah dapat dideteksi pada seorang bayi umur 2 hari. Pada penelitian ini ambang pendengaran rerata terbanyak lebih dari 90-110 dB ditemukan pada 29 (63%) unit analisis penelitian, yang merupakan indikasi pemakaian implan koklea. Berdasarkan klasifikasi usia saat pemakaian ABD terbanyak ditemukan lebih dari 12-36 bulan sebanyak 32 (69,6%) unit subjek penelitian. Pada penelitian ini terlihat bahwa intervensi dini seperti yang dianjurkan

JCIH tidak terlaksana sehingga pengenalan bunyi menjadi terlambat yang akan berakibat kepada perkembangan berbicara. Usia operasi pada penelitian ini terbanyak pada usia lebih dari 3 tahun sebanyak 31 (78,2%) subjek penelitian. Hal ini kurang menguntungkan bagi perkembangan bicara seorang anak termasuk pemahamannya karena periode emas untuk proses belajar berbicara adalah sebelum usia 3 tahun.

Pemilihan sisi telinga yang dioperasi terbanyak pada telinga kanan sebanyak 34 (79,3%) unit analisis penelitian. Alasannya alur stimulus auditori secara kontralateral lebih kuat dibandingkan ipsilateral. Pada sisi kiri baik planum temporal maupun girus Heschl's lebih luas dibandingkan sisi kanan yang menggambarkan hemisfer kiri lebih dominan. Perbedaan ini mempunyai kontribusi terhadap pendengaran melalui kedua telinga (binaural) yang berperan pada perkembangan bahasa. Daerah yang berperan terhadap stimulus auditori adalah lobus temporal, terdiri atas korteks auditori primer (*cochleotopic*) dan asosiasi korteks auditori (*noncochleotopic*). Bagian tengah korteks auditori primer pada hemisfer kiri berperan pada tonotopik yang penting untuk persepsi bicara. Bagian posterior mengatur frekuensi rendah sedangkan frekuensi tinggi diatur oleh bagian anterior.¹⁸ Alasan lain yaitu memudahkan pemakaian atau pengalihan program pemetaan.

Penelitian Hughes yang dikutip Brown¹⁹ memperoleh nilai ECAP stabil antara 3-6 bulan lama pemakaian implan koklea. Dalam penelitian ini lama pemakaian implan koklea antara 6 sampai 63 bulan dengan median 22,5 bulan. Analisis multivariat pada penelitian ini memperoleh lama pemakaian implan koklea merupakan salah satu faktor yang berperan terhadap ECAP dengan korelasi sedang ($r=0,48$) dan bermakna secara statistik ($p=0,037$). *Curve estimation* dengan nilai $R\ square=0,19$ pada kurva

quadratic menunjukkan ECAP meningkat seiring dengan lama pemakaian implan koklea. Peningkatan ECAP secara linier mencapai titik tertentu dan menurun pada 50 bulan lama pemakaian implan koklea, oleh karena itu ECAP harus dievaluasi secara berkala. Adanya perubahan yang terjadi di dalam koklea maupun elektroda dapat dinilai dengan perubahan ECAP.¹⁹ Nilai ECAP dipengaruhi oleh etiologi, sisa saraf yang berfungsi, sisa pendengaran, lamanya pemakaian ABD, lamanya pemakaian implan koklea, impedansi dan desain alat implan koklea. Perubahan nilai ECAP pascaimplantasi disebabkan oleh pembentukan fibrosis pada permukaan elektroda atau osifikasi yang dapat mengubah jumlah arus yang dibutuhkan untuk stimulasi. Faktor ini tidak bergantung pada jarak elektroda dari modiolus dan sisa sel ganglion spiralis.²⁰ Salah satu faktor yang menyebabkan timbulnya fibrosis adalah akibat trauma yang terjadi saat insersi elektroda berupa rusaknya lamina spiralis atau robeknya membran basilar sebagai akibat masuknya elektroda ke skala vestibuli sehingga endolimfe bercampur dengan perilimfe yang menyebabkan hilangnya sisa pendengaran.²¹ Pada anak yang belum pernah mendengar, ECAP menjadi acuan untuk menentukan T dan C level setiap elektroda yang dilakukan secara bertahap sehingga *dynamic range* (jarak antara *threshold* dan *comfortable level*) yang diperoleh cukup bagi stimulus suara yang masuk sehingga anak dapat belajar untuk mendeteksi dan mengenali suara. *Dynamic range* harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu sempit karena suara yang didengar terbatas. Sebaliknya bila terlalu lebar akan menyebabkan suara yang didengar terlalu banyak sehingga anak menjadi sulit untuk mengerti pembicaraan.

Pada penelitian ini posisi dan jarak elektroda dinilai dengan TKRT yang telah direkomendasikan berbagai penelitian. Pemeriksaan TKRT pascaimplantasi dilakukan apa-

bila dicurigai adanya kerusakan pada elektroda dengan tidak terekamnya ECAP atau curiga insersi elektroda berada di luar koklea, reimplantasi akibat kerusakan alat implan koklea, atau infeksi telinga tengah dengan adanya kolestom.²¹ Penilaian posisi elektroda tetap masih ada keterbatasan mengingat adanya artefak akibat metal, akan tetapi dapat diatasi dengan adanya rekonstruksi multi planar potongan *cochlear view* yang ada pada perangkat lunak OsiriX.

Jarak elektroda ke modiolus sangat penting. Menurut van Wermeskerken¹² keberhasilan maupun kegagalan implantasi koklea sangat bergantung pada pengiriman stimulus sinyal dari elektroda ke serabut saraf auditorius, karena itu desain alat maupun teknik operasi yang berkembang saat ini bertujuan untuk memperbaiki mekanisme pengiriman stimulus. Lokasi elektroda memengaruhi pola bidang listrik yang dihasilkan untuk menstimulasi neuron.²² Pada penelitian ini terlihat bahwa jarak elektroda ke modiolus di daerah apeks mempunyai jarak terpendek, ini berhubungan dengan bentuk anatomi koklea.^{23,24} Jarak elektroda ke modiolus pada daerah apeks mempunyai hubungan korelasi sedang dengan ECAP bermakna secara statistik ($p=0,000$). Jarak elektroda pada daerah medial dan basal mempunyai korelasi lemah dengan ECAP dan secara statistik bermakna ($p<0,05$). Saat melakukan insersi posisi elektroda pada daerah basal masih mendekati modiolus, akan tetapi kelengkungannya menjauh pada daerah medial dan kembali mendekat di bagian apeks. Jarak elektroda ke modiolus merupakan faktor yang sangat berperan terhadap ECAP, dibuktikan tetap stabil baik secara *linear* maupun *quadratic* pada *curve estimation*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai ECAP meningkat dengan makin jauhnya jarak elektroda ke modiolus. Apabila ECAP sulit diperoleh saat perekaman atau mempunyai nilai

yang ekstrim pada satu atau beberapa elektroda didekatnya perlu curiga adanya penyimpangan jarak dan posisi elektroda ke modiolus atau terjadi *kinking* pada jajaran elektroda. Pada subjek 38 didapati nilai ECAP yang ekstrim dan setelah dilakukan TKRT ternyata didapati elektroda tidak terinsersi seluruhnya. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya tahanan saat insersi, tertarik keluar atau panjang jajaran elektroda alat implan koklea yang digunakan tidak sesuai dengan anatomi koklea.²⁵

Kesimpulan pada penelitian ini bahwa jarak elektroda ke modiolus merupakan faktor determinan nilai ECAP dan bersama lamanya pemakaian implan koklea dan *t level* diperolehnya suatu persamaan. Nilai ECAP dapat digunakan untuk mengidentifikasi penyimpangan jarak elektroda untuk memperoleh *comfortable zone*. Pada keadaan ini diperlukan *CT scan* pasca-implan untuk melihat posisi elektroda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sirlan F, Suwento R. Hasil survei kesehatan indera penglihatan dan pendengaran Departemen Kesehatan RI Ditjen Pembinaan Kesehatan Masyarakat Direktorat Bina Upaya Kesehatan Puskesmas. Jakarta: 1998
2. Data sekunder. Kunjungan pasien tuli sensorineural di Sub Divisi THT Komunitas Departemen THT RSCM; 2012
3. Joint Committee on Infant Hearing Year 2000 position statement: Principles and guidelines for early detection and intervention programs. *Pediatrics* 2000; 120:798-817.
4. Year 2007 position statement: principles and guidelines for early hearing detection and intervention programs joint committee on infant hearing. *Pediatrics* 2007; 120:898-921.
5. Itano YC, Sedey AL, Coulter DK, Mehl AL. Language of early and later identified children with hearing loss. *Pediatrics* 1998; 102(5):1161-71.

6. Undang Undang Kesehatan. Undang Undang Republik Indonesia Nomor 36 tahun 2009 tentang kesehatan dan penjelasannya.
7. Clark G. Electrophysiology. In: Beyer RT, editors. Cochlear implants fundamental and application. New York: Springer-Verlag; 2003. p.199-295
8. Verbist BM, Joemai RMS, Briaire JJ, Teeuwisse WM, Veldkamp WJH, Frijns JHM. Cochlear coordinates in regard to cochlear implantation: A clinically individually applicable 3 dimensional CT-Based method. *Otol Neurotol* 2010; 31:738-44.
9. Clark G. Preoperative selection. In: Beyer RT, editors. Cochlear implants: Fundamental and application. New York: Springer-Verlag; 2003. p.550-4
10. Lane JI, Driscoll CLW, Witte RJ, Primak A, Lindell EP. Scalar localization of the electrode array after cochlear implantation: A cadaveric validation study comparing 64-Slice multidetector computed tomography with microcomputed tomography. *Otol Neurotol* 2007; 28:191-4.
11. Grayden DB, Clark GM. Implant design and development. In: Cooper HR, Craddock LC, editors. Cochlear implants. a practical guide 2nd. London and Philadelphia: Whurr Publishers; 2006. p.1-20
12. Van Wermeskerken GKA, van Olphen AF, Graamans K. Imaging of electrode position in relation to electrode functioning after cochlear implantation. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2009; 266(10):1527-31.
13. Dorman MF, Loizou PC, Rainey D. Simulating the effect of cochlear implant electrode insertion depth on speech understanding. *J Acoust Soc Am* 1997; 102(5):2993-6.
14. Escude B, James C, Deguinedl O, Cochard N, Eter E, Fraysse B. The size of the cochlea and predictions insertion depth angles for cochlear implant electrodes. *Audio Neurotol* 2006; 11(1):27-33.
15. Koch DB, Overstreet EH. Neural response imaging: measuring auditory neural responses from cochlea with HiResolution bionic ear system. Advanced Bionics Corp. Valencia California; 2003
16. Statistic Calculators. A-priori sample size calculator for multiple regression. [Cited 2012 July 14]. Available from: www.danielsoper.com/statcalc3/calc.aspx?id=1
17. Polgar S, Thomas SA. Standard scores and the normal curve. In: Introduction to research in health sciences. 3th ed. Churchill Livingstone: 1995. p.223-35
18. Bellis TJ. Mechanisms of selected auditory and related processes. In: Esperty CL ed. Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational setting. From science to practice. 2nd ed. London: Thomson Delmar Learning; 2003. p.51-139
19. Brown CJ, Abbas PJ, Etler CP, O'Brien S, Oleson JJ. Effects of long-term use of a cochlear implant on the electrically evoked compound action potential. *J Am Acad Audiol* 2010; 21(1):5-15.
20. Marrinan MS, Roland JT, Reitzen SD, Waltzman SB, Cohen LT, Cohen NL. Degree of modiolar coiling, electrical thresholds and speech perception after cochlear implantation. *Otol Neurotol* 2004; 25:290-4.
21. Lane JI, Driscoll CLW, Witte RJ, Primak A, Lindell EP. Scalar localization of the electrode array after cochlear implantation: a cadaveric validation study comparing 64-Slice multidetector computed tomography with microcomputed tomography. *Otol Neurotol* 2007; 28:191-4.
22. Monedero RM, Niparko JK, Aygun N. Cochlear coiling pattern and orientation differences in cochlear implant candidates. *Otol Neurotol* 2011; 32:1086-93.
23. Mills JH, Khariwala SS, Weber PC. Anatomy and Physiology of Hearing. In: Bayley BJ, Head and Neck Surgery Otolaryngology. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publisher; 1998. p.1883-903

24. Adunka OF, Buchman CA. Anatomi in the inner ear. In: *Otology, Neurotology, and Lateral Skull Base Surgery. An Illustrated Handbook*. Stuttgart-NewYork: Thieme; 2011.p.16-8
25. Rebscher SJ, Hetherington A, Bonham B, Wardrop P, Whinney D, Leake PA. Considerations for design of future cochlear implant electrode arrays: Electrode array stiffness, size, and depth of insertion. *J Rehabil Res Dev* 2008; 45(5):731-48.