

***Transcranial Doppler Ultrasonography:  
Diagnosis dan Monitoring Non Invasif pada Neuroanesthesia dan Neurointensive Care***

**Buyung Hartiyo Laksono**

Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya – RSUD. Dr Saiful Anwar Malang

**Abstrak**

Transcranial Doppler (TCD) adalah pemeriksaan ultrasonografi yang telah digunakan secara luas dibidang neuroanestesi dan perawatan intensif. Pada bidang perawatan intensif neurologi, pemeriksaan TCD sangat berguna untuk evaluasi dan monitoring perubahan sirkulasi pembuluh darah penting di otak, seperti arteri serebri media (*middle cerebral artery-MCA*), arteri serebri anterior (*anterior cerebral artery-ACA*), arteri carotis interna (*internal carotid artery-ICA*) cabang terminalis, arteri cerebri posterior (*posterior cerebral artery-PCA*), arteri vertebralis dan arteri basilaris. Selain kecepatan aliran, pemeriksaan ini juga dapat digunakan untuk evaluasi perubahan diameter pembuluh darah. TCD digunakan untuk pemeriksaan penunjang diagnostik perdarahan subarachnoid, monitoring vasospasme dan deteksi peningkatan tekanan intrakranial (TIK), evaluasi hemodinamik cerebral pada kasus trauma kepala, serta sebagai alat bantu penentuan kasus kematian otak. Pada tindakan pembedahan saraf atau neurosurgery, TCD sangat berguna dalam deteksi dini adanya mikroemboli.

**Kata kunci:** Neuroanestesi, Transcranial Doppler, Vasospasme

JNI 2017;6 (2): 124–31

**Transcranial Doppler Ultrasonography: Diagnosis and Monitoring non Invasive in  
Neuroanesth and Neurointensive Care**

**Abstract**

Transcranial Doppler (TCD) is ultrasound examination which is already widely used in the field of neuroanesthesia and intensive care. In the field of neurology intensive care, TCD examination is very useful for the evaluation and monitoring of significant changes in the circulation of main cerebral blood vessels, such as the middle cerebral artery (MCA), anterior cerebral artery (ACA), terminal branches of internal carotid artery (ICA), posterior cerebral artery (PCA), the vertebral artery and the basilar artery. In addition to the flow velocity, the examination can also be used to evaluate changes in the diameter of blood vessels. TCD is used for diagnostic investigation of subarachnoid hemorrhage, vasospasm monitoring and detection of elevated intracranial pressure (ICP), evaluation of cerebral hemodynamics changes in cases of head injury, as well as aids for determination of brain death cases. In neurosurgery, TCD is very useful in the early detection of microemboli .

**Key words:** neuroanesthesia, transcranial doppler, vasospasm

JNI 2017;6 (2): 124–31

## I. Pendahuluan

Prinsip Doppler pertama kali dikemukakan oleh Christian Johann Doppler, seorang ahli matematika, fisika dan astronomer. Transcranial Doppler ultrasonography (TCD) diperkenalkan tahun 1982 oleh Aaslid dan kawan-kawan sebagai tehnik non-invasif untuk monitoring kecepatan aliran darah (*blood flow velocity*-FV) pada arteri serebral basalis. Saat ini telah digunakan secara luas di bidang anestesi dan perawatan intensif, baik untuk penelitian maupun pelayanan medis.<sup>1</sup> Pemeriksaan TCD merupakan suatu perangkat diagnostik yang dapat digunakan untuk menilai perubahan hemodinamik serebral. Pemeriksaan ini tidak invasif, dapat dilakukan secara serial dan memiliki mobilitas tinggi. Penggunaan TCD paling umum adalah pada kondisi stroke. TCD dapat memberikan informasi akurat kondisi oklusi, reperfusi, stenosis, dan vasospasme pada stroke. Transcranial Doppler juga dapat mendeteksi adanya vasospasme pasca perdarahan subarachnoid (subarachnoid hemorrhage-SAH) dan peningkatan tekanan intrakranial (TIK) setelah kejadian trauma kepala. Keunggulan lain TCD adalah mobilitasnya yang tinggi.<sup>2</sup>

Pada bidang perawatan intensif neurologi, TCD digunakan sebagai alat diagnosis dan monitoring vasospasme pada pasien dengan SAH dan juga dapat digunakan untuk mendeteksi peningkatan TIK. Hal tersebut penting untuk monitoring efektivitas respon terhadap CO<sub>2</sub> dan kondisi autoregulasi otak, sehingga menjadi dasar bagi ahli perawatan intensif neurologi (neurointensivist) untuk mengoptimalkan tekanan perfusi cerebral (*cerebral perfusion pressure*/CPP) dan manajemen terapi ventilator pada setiap pasien. Transcranial Doppler juga mampu mendeteksi kondisi kematian otak (*brain death*) dan penting sebagai alat penapis (*screening*) dalam kondisi tersebut. Penggunaan TCD semakin penting pada pasien dengan kondisi trauma neurologic yang mengancam jiwa (*life threatening neurologic injury*).<sup>3</sup>

## II. Konsep Dasar

Konsep dasar dari TCD adalah tehnik non invasif yang memungkinkan kita untuk mengevaluasi

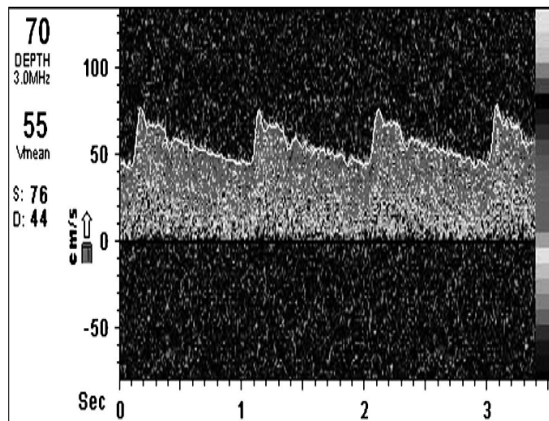
kecepatan, arah dan sifat aliran darah di arteri serebral dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Interpretasi hasil didasarkan pada perbedaan frekuensi suara yang diterima oleh penerima sinyal setelah gelombang tersebut dipantulkan oleh obyek tertentu. Transcranial Doppler menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi sekitar 2 MHz, gelombang tersebut melewati lapisan tulang tengkorak pada titik atau poin tertentu yang dikenal dengan *window* dan dipantulkan kembali oleh eritrosit yang bergerak didalam pembuluh darah. Dengan demikian terdapat perbedaan frekuensi antara sinyal yang ditransmisikan dengan sinyal yang diterima dan perbedaan ini, sebut "*Doppler shift*", dapat dinyatakan oleh rumus:<sup>1,4</sup>

$$\text{Doppler shift} = 2 \times V_f \times F_{src} \times \cos(\alpha)/V$$

Dimana:  $V_f$  adalah kecepatan aliran pada pembuluh darah (*velocity of blood flow*),  $F_{src}$  adalah frekuensi dari sinyal yang ditransmisikan oleh sumber,  $V$  adalah kecepatan rambatan sinyal pada jaringan lunak (1540 m/s),  $\alpha$  adalah sudut isonasi (sudut antara arah transmisi sinyal dari transduser dan arah aliran pembuluh darah).

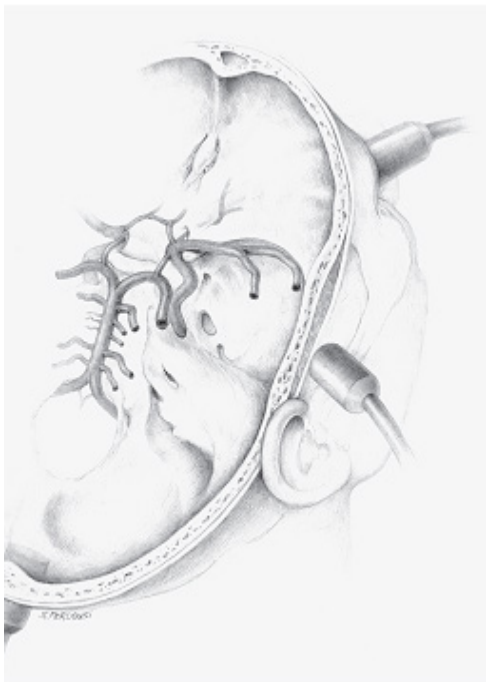
Mengingat frekuensi sinyal dari TCD dan kecepatan rambatan gelombang suara pada jaringan lunak adalah konstan maka nilai *Doppler shift* tergantung pada sudut isonasi dan kecepatan dari aliran pembuluh darah. Didalam pembuluh darah, eritrosit bergerak dengan kecepatan yang berbeda sehingga akan diperoleh sinyal dengan frekuensi yang berbeda pula sesuai pembuluh darah yang dilewati oleh eritrosit tersebut. Sinyal tersebut akan diterima oleh transduser dan diubah menjadi sinyal elektrik.<sup>4,5</sup> Analisis spektrum digunakan untuk menyajikan data tiga dimensi dalam format dua dimensi, dimana perubahan frekuensi atau kecepatan diwakili oleh skala vertikal, waktu pada skala horizontal dan intensitas sinyal diwakili oleh kecerahan warna. Gambaran yang terbentuk berupa spektrum yang menyerupai bentuk amplop (*spectral envelope*) sesuai dengan sinyal maksimum yang diterima disepanjang siklus jantung.<sup>4</sup>

Parameter yang dievaluasi melalui TCD adalah *velocity of flow* - sistolik, diastolik dan time-averaged mean values dapat dihitung dari bentuk gelombang flow velocity (tetapi mean velocity



**Gambar 1.** Gambaran TCD dari spektrum kecepatan arteri serebri media (Vmca). Tiap bentuk gelombang menyerupai kerucut yang ditutup dengan garis tebal berwarna putih disisi luar mewakili nilai kecepatan maksimum dari masing-masing siklus jantung.

Dikutip dari: Fodale 2007



**Gambar 2.** Penempatan probe pada 3 titik acoustic window .

Dikutip dari: Mounzer 2007

adalah parameter indikator yang terbaik). Selain itu *pulsatility index* (PI) digunakan untuk menilai resistensi pembuluh darah serebral, parameter

ini disampaikan oleh Gosling dan King dalam rumus perbandingan antara *systolic velocity* dan *diastolic velocity* dan *mean flow velocity*.<sup>4</sup>

$$PI = (FVs - FVd) / FV \text{ mean}$$

Rasio tersebut memiliki nilai normal dengan rentang 0,85-1,10, nilai PI tidak tergantung dengan sudut insonasi tetapi beberapa faktor yang berpengaruh adalah tekanan arteri, *compliance* pembuluh darah dan  $PaCO_2$ . Yang terakhir TCD dapat digunakan untuk menilai kemampuan autoregulasi dari pembuluh darah serebral dimana kemampuan tersebut dibutuhkan untuk mempertahankan CBF yang konstan pada kondisi CPP yang berubah. Salah satu test untuk menilai hal tersebut adalah *transient hyperemic response* (THR), pertama kali diperkenalkan oleh Giller. THR dilakukan dengan cara menilai respon *flow velocity* dari *middle cerebral artery* (MCA) setelah kompresi sesaat pada arteri (*carotis-carotis artery/CA*). Tindakan ini akan menyebabkan penurunan FV dan CPP, jika autoregulasi intact maka akan terjadi vasodilatasi pada MCA dan peningkatan FV sementara pada saat kompresi dilepaskan. Jika autoregulasi tidak ada, maka FV akan tetap tanpa respon episode hiperemia.<sup>4</sup>

Tehnik pemeriksaan TCD sama dengan prinsip pemeriksaan ultrasonografi. Probe TCD diletakkan di tulang tengkorak yang memiliki "*acoustic window*" untuk menilai hemodinamik pada berbagai sirkulasi serebral. Window transtemporal digunakan untuk menilai hemodinamik di arteri serebri media (*middle cerebral artery-MCA*), arteri serebri anterior (*anterior cerebral artery-ACA*), arteri carotis interna (*internal carotid artery-ICA*) cabang terminalis, dan arteri cerebri posterior (*posterior cerebral artery-PCA*). Window transorbital digunakan untuk menilai arah aliran dan kondisi hemodinamik di arteri oftalmika (*ophthalmic artery-OA*) dan arteri karotis interna (*internal carotid artery-ICA*).

Window oksipital atau foramina memberikan informasi tentang kondisi sirkulasi posterior {arteri vertebralis (*vertebral artery-VA*) dan arteri basilaris (*basilar artery-BA*)}. Window

**Tabel 1. Nilai normal TCD**

<i>Artery</i>	<i>Window</i>	<i>Depth (mm)</i>	<i>Direction</i>	<i>Mean Flow Velocity</i>
MCA	Temporal	30 to 60	Toward probe	55 ± 12 cm/s
ACA	Temporal	60 to 85	Away	50 ± 11 cm/s
PCA	Temporal	60 to 70	Bidirectional	40 ± 10 cm/s
TICA	Temporal	55 to 65	Toward	39 ± 09 cm/s
ICA (siphon)	Orbital	60 to 80	Bidirectional	45 ± 15 cm/s
OA	Orbital	40 to 60	Toward	20 ± 10 cm/s
VA	Occipital	60 to 80	Away	38 ± 10 cm/s
BA	Occipital	80 to 110	Away	41 ± 10 cm/s

TCD, transcranial Doppler; MCA, middle cerebral artery; ACA, Anterior cerebral artery; PCA, posterior cerebral artery, TICA, terminal internal carotid artery; ICA, internal carotid artery; OA, ophthalmic artery; VA, vertebral artery; BA, basilar artery

Dikutip dari: Mounzer 2007

submandibular untuk ekstrakranial ICA.<sup>2</sup>

### III. Indikasi TCD

Pemeriksaan TCD telah digunakan secara luas baik pada dewasa maupun anak-anak. Beberapa indikasi pemeriksaan TCD yang direkomendasikan oleh American Institute of Ultrasound Medicine bekerja sama dengan American College of Radiology (ACR), the Society for Pediatric Radiology (SPR), dan the Society of Radiologists in Ultrasound (SRU) adalah:<sup>6</sup> 1) deteksi dan *follow-up* stenosis atau oklusi pada arteri-arteri besar intrakranial di sirkulus Willis dan sistem vertebrobasiler, termasuk monitoring terapi trombolitik dan pasien stroke akut, 2) Deteksi vaskulopati serebral, 3) deteksi dan monitoring vasospasme pada pasien dengan SAH spontan atau traumatik, 4) evaluasi jalur-jalur kolateral dari aliran darah intrakranial, termasuk setelah tindakan intervensi, 5) deteksi mikroemboli sirkulasi cerebral, 6) deteksi *right-to-left shunts*, 7) penilaian reaktivitas vasomotor cerebral, 8) sebagai pemeriksaan tambahan untuk konfirmasi diagnosis klinis kematian otak, 9) monitoring embolisasi cerebral, thrombosis, hipoperfusi, dan hiperperfusi intraoperatif dan periprocedural, 10) evaluasi risiko stroke pada *sickle cell disease*, 11) penilaian malformasi arteriovenosa, 12) deteksi dan *follow-up* aneurisma intracranial, 13) evaluasi positional vertigo dan syncope, 14)

penilaian tekanan intrakranial dan hidrosefalus, 15) penilaian ensefalopati iskemik hipoksik, 16) penilaian patensi sinus venosus dura.

### IV. Penggunaan TCD pada Perawatan Intensif Neurologi (*Neuro Intensive Care*)

*Perdarahan Subarachnoid (SAH) dan Vasospasme*  
 Transcranial Doppler pada kasus perdarahan subarachnoid (subarachnoid haemorrhage-SAH) digunakan untuk mengetahui perubahan diameter pembuluh darah dan perubahan aliran darah. Pada kasus dimana kecepatan aliran tidak berubah, pemeriksaan ini dapat digunakan untuk mengetahui perubahan diameter pembuluh darah yang dapat menyebabkan penurunan aliran darah.<sup>1</sup> Vasospasme serebral merupakan proses vasokonstriksi dari pembuluh darah yang diakibatkan adanya kontak antara dinding pembuluh darah dan produk darah setelah terjadinya SAH. Vasospasme arteri cerebral yang terjadi sekitar 50% pasien dengan SAH akibat pecahnya aneurisma. Vasospasme umumnya mulai terjadi pada 3 hari setelah kejadian SAH, puncaknya pada hari ke 6 sampai 8. Sekitar seperempat dari pasien akan mengalami defisit neurologis pada hari ke 14 akibat dari vasospasme yang terjadi. Kejadian vasospasme meningkatkan mortalitas pasien SAH. Penyebab terjadinya SAH sebagian besar karena pecahnya aneurisma pembuluh darah otak. Penyebab lain

**Tabel 2. Kriteria Vasospasme berdasarkan hasil pengukuran FV MCA dengan TCD**

Severity of Vasospasm	MFV Value cm/s	MCA/ICA Ratio
Normal	<85	<3
Mild	<120	<3
Moderate	120 to 150	3 to 5.9
Severe	151 to 200	>6
Critical	>200	>6

TCD, transcranial Doppler; MFV Value, *mean flow velocity*; MCA, *middle cerebral artery*; ICA, *internal carotid artery*

Dikutip dari: Mounzer 2007

adalah trauma dan iatrogenik karena tindakan neurologis. Frekuensi kejadian vasospasme pada pecahnya aneurisma otak diatas 40% dan 15% sampai 20% berisiko stroke maupun kematian.<sup>3,7</sup>

Kejadian vasospasme ini pertama kali dikemukakan oleh Eckerd dan Riemenschneider melalui gambaran angiografi. Pemeriksaan angiografi serebral merupakan baku emas (gold standard) untuk diagnosis vasospasme. Tetapi prosedur angiografi adalah prosedur invasif dengan resiko emboli serebral, sobeknya pembuluh darah ataupun pecahnya aneurisma. Apalagi jika kondisi pasien tidak dapat dilakukan mobilisasi karena dalam ventilator dan kondisi buruk. Sejak 20 tahun yang lalu, TCD mulai digunakan sebagai alat diagnostik untuk kejadian vasospasme serebral. Dasar diagnosis kejadian vasospasme adalah kecepatan aliran darah pada arteri berbanding terbalik dengan besarnya diameter lumen. Transcranial Doppler dapat menjadi alat penapis bahkan dapat dikatakan mampu menggantikan angiografi.<sup>2,3,7</sup>

Pada tingkat yang paling mendasar, data TCD dapat dijadikan dasar analisis kecepatan aliran darah, dengan nilai *cut-off* untuk mendiagnosis vasospasme sekitar 120–140 cm s-1. Jika nilai ini digunakan, hasil TCD dari arteri cerebri media memiliki nilai spesifisitas yang tinggi (85–100%) tapi sensitivitasnya rendah (59–94%) dibandingkan angiografi (misal, jika diagnosis vasospasme berdasarkan pemeriksaan TCD, maka kemungkinan benar, tapi hasil negatif tidak dapat

menyingkirkan adanya vasospasme). Kecepatan aliran darah arteri cerebri media yang tinggi (>200 cm s-1) berhubungan dengan buruknya derajat SAH yang terlihat dari hasil pemeriksaan CT-Scan dan dapat berpengaruh pada prognosis yang buruk. Namun, hasil pemeriksaan negatif palsu bisa terjadi. Perdarahan subarachnoid yang berat berhubungan dengan rendahnya aliran darah cerebral dan rendahnya kecepatan aliran darah arteri cerebri media. Kecepatan aliran darah arteri cerebri media yang sangat tinggi tidak dapat terukur. Lesi yang terletak di proksimal (misal pada arteri carotis interna) dapat mengaburkan gambaran klinis vasospasme distal.<sup>2,3,7</sup>

Indeks Lindegaard (FV MCA/FV ICA) digunakan untuk memprediksi vasospasme. Rasio kurang dari 3 jarang ditemukan pada pasien dengan vasospasme, dan rasio lebih dari 6 dapat digunakan untuk membedakan vasospasme arteri cerebri media yang sedang dan berat. Sensitivitas dan spesifisitas hampir sama dengan pengukuran kecepatan aliran darah arteri cerebri media sendiri.<sup>3</sup>

Pengulangan pemeriksaan pada semua pembuluh darah yang dapat dilakukan dapat memperbaiki sensitivitas dan meningkatkan kemampuan deteksi dini terjadinya vasospasme. Peningkatan kecepatan aliran darah yang cepat (>65 cm s-1 selama 24 jam) berhubungan dengan prognosis yang buruk, dan direkomendasikan sebagai indikasi awal pemberian terapi hemodilusi, hipertensi dan hiperventilasi (terapi triple “H”).<sup>1</sup> Pemeriksaan TCD pada kasus SAH dimulai pada hari ke 2 atau hari ke 3 setelah onset. Pada pustaka yang lain dituliskan sebaiknya dilakukan sedini mungkin bahkan jika memungkinkan hari ke 0 setelah onset. Pemeriksaan dilakukan pada seluruh arteri serebralis bagian proksimal, data tersebut dijadikan data dasar untuk pemeriksaan selanjutnya.

Monitoring dilanjutkan setiap hari atau berdasarkan pertimbangan khusus. Untuk interval pemeriksaan dimulai hari ke 4 sampai 14 pasca onset SAH, ada juga yang merekomendasikan hari ke 3 sampai hari ke 10. Akurasi dari pemeriksaan TCD dalam mendiagnosis kejadian vasospasme serebral,

dapat ditingkatkan dengan memperhitungkan variabel index Lindegaard, yaitu menghitung perbandingan MFV antara MCA, ACA dan ICA ipsilateral (VMCA/VICA atau VACA/VICA).<sup>3,5</sup>

B. *Traumatic Brain Injury* (TBI): Tekanan Intrakranial (TIK) dan Tekanan Perfusi Serebral (*Cerebral Perfusion Pressure*-CPP)

Pengukuran dan manajemen dari perubahan TIK dan CPP direkomendasikan dalam penatalaksanaan kasus TBI. Pada umumnya pengukuran TIK memerlukan tindakan invasif berupa pemasangan monitor TIK. Tindakan tersebut mempunyai risiko infeksi, perdarahan, malfungsi, obstruksi, dan malposisi. Sehingga TCD mempunyai tempat sebagai monitoring non invasif dari TIK dan CPP. Beberapa cara dikembangkan untuk mencari hubungan antara variabel TCD dengan TIK dan CPP. Chan dkk, meneliti pada 41 kasus cedera kepala berat menyimpulkan ada hubungan antara peningkatan TIK, penurunan CPP dan penurunan kecepatan aliran pembuluh darah otak. Pertama kali variabel yang mengalami perubahan adalah kecepatan aliran pada fase diastolik. Pada nilai CPP < 70 mmHg terjadi peningkatan progresif TCD pulsality index ( $pulsality\ index = (peak\ systolic\ velocity - end\ diastolic\ velocity) / time\ mean\ velocity$ ) ( $r = -0.942, p < 0.0001$ ). Hal ini terjadi pada kondisi peningkatan TIK karena penurunan CPP dan penurunan dari tekanan darah. Klingelhofer dkk, dalam penelitiannya menunjukkan peningkatan TIK dicerminkan oleh perubahan dari Pourcelot index ( $peak\ velocity - end\ diastolic\ velocity / peak\ systolic\ velocity$ ) dan *mean flow velocity* (MFV). Pada penelitian yang sama, didapatkan juga adanya korelasi antara TIK dan nilai (MAP X Pourcelot index/MFV) pada 13 pasien subyek penelitian ( $r = 0.873; p < 0.001$ ). Homburg dkk menemukan pulsality index berubah 2.4% per 1 mmHg TIK.<sup>3</sup>

#### *Penilaian Respon CO<sub>2</sub> dan Autoregulasi Otak*

Transcranial Doppler dapat digunakan sebagai alat untuk menilai respon otak terhadap CO<sub>2</sub> dan kemampuan autoregulasinya. Perubahan kecepatan MCA berkorelasi kuat dengan perubahan aliran darah serebral (*cerebral blood flow*/CBF). Kegagalan otak dalam merespon perubahan CO<sub>2</sub>

dan autoregulasi akan mengakibatkan prognosis neurologis yang jelek pada pasien cedera kepala.<sup>3</sup>

#### *Kematian Otak (Brain Death)*

Hasil pemeriksaan TCD dapat membantu penegakkan diagnosis kematian otak meliputi: 1) aliran sistolik yang singkat atau lonjakan (*spike*) sistolik dan aliran balik diastolik, 2) aliran sistolik yang singkat atau lonjakan (*spike*) sistolik dan tidak ada aliran diastolik, atau 3) tidak ada aliran yang nampak, dimana pada pemeriksaan TCD sebelumnya didapatkan adanya aliran.

Baru-baru ini De Frietas dan Andre melakukan telaah terhadap 16 penelitian yang menggunakan TCD untuk mengevaluasi diagnosis klinis kematian otak. Dihilangkan kesimpulan nilai sensitivitas TCD sebesar 88% dengan spesifisitas 98% dan nilai negatif palsu sebesar 7%. Validitas pemeriksaan TCD dalam mendiagnosis kematian otak tergantung dari waktu antara terjadinya mati otak dengan pemeriksaan TCD dilakukan, pemeriksaan TCD ulangan dapat dilakukan jika diperlukan. Efikasi TCD dalam mendeteksi cerebral circulatory arrest untuk konfirmasi penentuan kematian otak pada literatur dituliskan klasifikasi evidens kelas II dan rekomendasi kuat tipe B.<sup>1,9</sup>

#### **V. Penggunaan TCD Dalam Pembedahan Otak (Neurosurgery)**

Transcranial Doppler banyak berguna pada beberapa kasus pembedahan otak dan neuroanestesi. Pemeriksaan TCD dapat mendeteksi dengan baik adanya emboli mikro, yang dapat berpengaruh pada tindakan pembedahan maupun anestesi. Kecepatan aliran darah pasca pembedahan juga dapat dievaluasi dengan TCD, sehingga manajemen hemodinamik pasca pembedahan vaskuler dapat dilakukan dengan tepat. Beberapa tindakan pembedahan tumor dan aneurisma diperlukan tindakan pemotongan atau oklusi sementara arteri carotis interna. Adanya respon perubahan kecepatan aliran darah MCA pada tindakan oklusi manual arteri carotis merupakan prediktor toleransi yang baik pada tindakan pemotongan atau oklusi.<sup>1,8,10</sup>

## VI. Kelebihan dan Keterbatasan TCD

Transcranial Doppler merupakan modalitas pemeriksaan yang relatif murah, tidak invasive, praktis dan cukup mudah digunakan. Pemeriksaan ini memungkinkan untuk dilakukan berulang-ulang dan dapat digunakan untuk monitoring secara terus-menerus. Deteksi perubahan hemodinamik pembuluh darah otak dapat dilakukan seketika atau segera. Pada pusat kesehatan yang tidak memiliki alat diagnostik canggih seperti MRI atau bahkan tidak memiliki sorang spesialis saraf, pemeriksaan TCD memungkinkan penentuan apakah pasien harus segera dirujuk ke pusat kesehatan yang spesialis untuk evaluasi dan penanganan lebih lanjut. Selain itu, pada pasien yang menolak tindakan intervensi, TCD dapat menjadi pemeriksaan yang baik untuk monitoring identifikasi lesi dan evaluasi efektivitas pengobatan.<sup>5</sup>

Transcranial Doppler merupakan pilihan modalitas diagnostik kelainan pembuluh darah intracranial yang merupakan kontraindikasi pemeriksaan radiografik lainnya. Pemeriksaan TCD merupakan *blind procedure*, akurasi data hasil pemeriksaan tergantung pada pengetahuan dan pengalaman dari teknisi yang terlatih dan interpreter. Pemeriksaan ini memiliki keterbatasan dalam mendeteksi dan evaluasi cabang distal dari pembuluh darah intracranial. Pada 5–10% kasus, penetrasi yang cukup dari window tulang tidak dapat dicapai untuk mendapatkan paparan gelombang ultrasonik yang memadai.<sup>5</sup>

## VII. Simpulan

Pemeriksaan TCD memiliki banyak keunggulan dibandingkan pemeriksaan yang lainnya. Pemeriksaan TCD non invasif, mempunyai mobilitas yang tinggi dan dapat digunakan pada semua kondisi. Analisa terhadap hemodinamik serebral penting sekali untuk mendeteksi dini kejadian vasospasme pada kasus SAH, sehingga dapat menurunkan angka mortalitas kasus tersebut. Penentuan nilai CPP dan ICP digunakan pada kasus-kasus cedera kepala. TCD juga dapat digunakan sebagai alat bantu penentuan kematian batang otak. Dalam kasus neurosurgery, TCD

juga dapat digunakan sebagai alat monitoring dan diagnostik kejadian thrombus dan emboli, penilaian FV pada CEA dan monitoring hemodinamik serebral paska pembedahan. Masih banyak pengembangan yang dilakukan untuk memaksimalkan penggunaan TCD dalam neuroanesthesia dan neurointensive care, maka penting bagi setiap neurointensivist untuk mempelajari dan memahami penggunaan TCD.

## Daftar Pustaka

1. Moppett IK, Mahajan RP. Transcranial doppler ultrasonography in anaesthesia and intensive care. *Br. J Anaesth* 2004; 93(5): 710-24.
2. Pinzon R. Transcranial Doppler untuk deteksi perubahan hemodinamik serebral pada stroke akut. *CDK* 2011;38(4): 253-56.
3. Saqqur M, Zygun D, Demchuk A. Role of transcranial doppler in neurocritical care. *Crit Care Med* 2007; 35(5); 216-23.
4. Fodale V, Schifilliti D, Conti A, Lucanto T, Pino G, Santamaria B. Transcranial doppler and anesthetics. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007; 51: 839-47.
5. Mounzer Y. Transcranial doppler: An introduction for primary care physicians. *J Am Board Fam Med* 2007; 20: 65-71.
6. Anonymuos. Transcranial doppler ultrasound examination for adult and children. *AIUM Practice Guideline* 2012. ([www.aium.org](http://www.aium.org))
7. Nakae R, Yokota H, Yoshida D, Teramoto A. Transcranial doppler ultrasonography for diagnosis cerebral vasospasme after aneurysmal SAH: Mean blood flow velocity ratio of ipsilateral and contralateral MCA. *Neurosurgery* 2011; 69(4): 876-83
8. Sloan MA. Assessment: Transcranial doppler ultrasonography. *Neurology* 2004; 62: 1468-81.

9. Andrei V. Practice Standards for Transcranial doppler (TCD) ultrasound. *J Neuroimaging* 2012; 22: 215–24.
10. Pong RP, Lam AM. Anesthetic management of cerebral aneurysm surgery. Dalam: Cottrel JE, Young W, eds. *Cottrel and Young's Neuroanesthesia*. Edisi 5. USA: Mosby Inc; 2010:13: 218–4