

Metode Pengukuran Volume Perdarahan Pemeriksaan MSCT Kepala Pada Kasus Intraserebral Hemorrhage

Siti Masrochah¹, Rinda Yuliana Lestar², Luthfi Rusyadi³

^{1,3}Poltekkes Kemenkes Semarang

²Radiografer RSUD Kudus

Corresponding Author: Siti Masrochah

e-mail: masrochah@yahoo.co.id

Received: January 14th, 2021; Revised: January 31st, 2021; Accepted: February 1st, 2021

ABSTRACT

Background: Intracerebral hemorrhage is bleeding in the brain parenchyma. An accurate measurement of bleeding volume to determine the appropriate medical action. This study to determine the method of measuring the volume of intracerebral hemorrhage in MSCT examination of the head and determine the advantages and disadvantages between the manual method (Broderick, ABC's, Ellipsoid) and the software method (automatic volume, otsu).

Methods: This type of descriptive qualitative research with the Literature Review. Data obtained by identifying problems then searching for keywords, looking for several journals sourced from databases such as Google Scholar, Science Direct, Springer. Data analysis by studying theoretically the method of measuring the volume of bleeding methods manually (Broderick, ABC's, ellipsoid) and using software methods (automatic volume, otsu).

Results: The results of measuring the volume of bleeding in the same patient with the manual method (Broderick) produce more bleeding volume (overestimate) that is 8750 mm³ from the 7960 mm³ automatic volume method. The manual method (Broderick, ABC's, Ellipsoid) uses the $ABC / 2$ formula and uses 5 mm slice thickness, the automatic volume software method uses 1 mm slice thickness segmentation and technique, while the otsu software method uses 2.5 mm segmentation and slice thickness techniques.

Conclusion: The advantages of the manual method (Broderick, ABC's, ellipsoid) take approximately 1 minute to determine the estimated outcome of the bleeding volume, the weakness is higher in irregular bleeding. The advantages of the software method (automatic volume, otsu) in the use of precise segmentation techniques for accurate volume results, weaknesses are too long in determining the estimated bleeding volume results.

Keywords: volume bleeding intracerebral; manual volume; Otsu; automatic volume; ellipsoid.

Pendahuluan

Perdarahan otak (*brain hemorrhage*) adalah salah satu jenis stroke. Stroke dapat disebabkan iskemik maupun hemoragik. Stroke hemoragik dikalsifikasikan lagi menjadi Perdarahan Intra Serebral (PIS) sebanyak 5 % - 15 % dan Perubahan *Sub Arachnoid* (PSA) sebanyak < 5 % (Warlow, 2008). Perdarahan intraserebral adalah perdarahan di parenkim otak yang dapat meluas kedalam ventrikel, dan pada kasus yang jarang dapat meluas ke ruang *subarachnoid*.

Kecepatan informasi volume perdarahan, lokasi perdarahan, pendesakan pada garis tengah otak (*midline shift*). Volume sangat berperan pada tindakan penatalaksanaan lanjutan, baik secara pembedahan (*trepansi*) maupun tanpa pembedahan (*konservatif*). Volume perdarahan

intraserebral menyebabkan tekanan dalam otak meningkat dan mempunyai efek terhadap asupan oksigen dan nutrisi (perfusi) jaringan otak serta aliran pembuluh darah. Gangguan pembuluh darah pada lokasi perdarahan karena efek mekanik langsung, menyebabkan *iskhemik* (kematian jaringan) gangguan perfusi sehingga terjadi kerusakan sel-sel otak (Japardi, 2003).

MSCT kepala merupakan salah satu pemeriksaan penunjang untuk penegakan diagnosa pada kasus perdarahan intraserebral (Moore, Agur, and Dalley 2014). Pemilihan parameter pemeriksaan yang tepat sangat mempengaruhi hasil pemeriksaan CT *Scan*. Parameter pemeriksaan yang diatur dalam pemeriksaan CT *Scan* diantaranya kV, mA, *pitch*, FOV, *slice thickness*, *table indexing*,

rekonstruksi algoritma, display window (Bontrager 2010).

Penghitungan volume perdarahan intraserebral dapat menggunakan berbagai cara dan metode. Ada beberapa metode yang digunakan yaitu Teknologi CT- Scan dewasa ini mengalami perkembangan yang sangat pesat dengan ditemukannya beberapa software pemeriksaan.

Penghitungan volume perdarahan membutuhkan data yang *contiguous* (Zimmerman et al. 2006), dapat menggunakan berbagai cara dan metode. Ada 2 metode yang digunakan yaitu penghitungan menggunakan software dan penghitungan secara manual. Beberapa metode yang menggunakan software yaitu metode volume otomatis dan metode *otsu*, sedangkan metode yang menggunakan manual yaitu metode manual (Broderick, ABC's) dan metode *ellipsoid*.

Pada CT Scan lesi *hiperdens* mempunyai nilai HU rentang 40-90 HU. Metode manual banyak cara yang digunakan, salah satu diantaranya adalah ABC/2 (Kothari et al. 1996). Metode ini dengan menghitung diameter panjang (A) dan diameter lebar (B) dari suatu perdarahan yang terbesar, kemudian menghitung jumlah irisan dari mulai yang terdapat gambaran perdarahan hingga gambaran perdarahan yang terakhir dikaitkan dengan tebal irisan (C). Hasil perhitungannya perkalian panjang (A), lebar (B), tinggi/tebal irisan perdarahan (C) dibagi 2 (Kothari et al. 1996). Kelebihan dari metode manual ini hanya membutuhkan waktu kurang dari 1 menit dengan rumus simpel ABC/2, metode manual ini juga dipercaya lebih akurat dalam menentukan penghitungan volume perdarahan (Kothari et al. 1996).

Metode volume *otomatis* pada pesawat *siemens* merupakan pembatas area (segmentasi) di area obyek yang dihitung volumenya. Area yang sudah dibatasi akan dihitung jumlah *voxel* dengan rentang nilai HU dari nilai terendah sampai nilai tertinggi dari CT number perdarahan pada citra CT Scan, HU merupakan nilai koefisien serap jaringan (CT number) (Siemens, 2005). Kelemahan dari metode ini terkesan menjadi lebih lama karena melewati tahap rekonstruksi dan tahap pembatasan area (segmentasi). Metode *Otsu* merupakan metode segmentasi dengan menghitung luas objek pada setiap potongan gambar, penghitungan volume dilakukan dengan menjumlahkan luas objek pada setiap irisan kemudian hasilnya dikalikan dengan tebal irisan.

Kelemahan metode ini lebih lama karena menggunakan metode segmentasi yang diperoleh dari citra biner dan dilanjutkan dengan proses

morfologi. Metode *ellipsoid* menggunakan rumus $\frac{4}{3} \pi abc$, dimana a merupakan diameter perdarahan terbesar dikali $\frac{1}{2}$, b merupakan diameter terbesar 90 derajat terhadap garis a dikali $\frac{1}{2}$, c merupakan diameter yang diukur dari arah vertikal dikali $\frac{1}{2}$.

Metode

Jenis penelitian kualitatif deskriptif dengan pendekatan *Literature Review*. Data diperoleh dengan cara mengidentifikasi permasalahan kemudian menentukan kata kunci, dari beberapa jurnal bersumber dari basis data seperti Google Scholar, Science Direct, Springer. Analisa data dengan mengkaji secara teoritis metode pengukuran volume perdarahan metode secara manual (broderick, ABC's, ellipsoid) dan menggunakan metode software (volume otomatis, otsu) dan diolah secara deskriptif kemudian ditarik kesimpulan. Kata kunci yang digunakan adalah "Volume", "bleeding", "hemorrhage", "intracerebral", "computed tomography". Bahan pustaka dipilih dengan kriteria inklusi: berbahasa Indonesia/Inggris, diterbitkan pada tahun 2012 – 2020, artikel bukan berbayar (*free acces full text*) dan semua jenis bahan pustaka seperti penelitian asli, literatur atau tinjauan sistematis.

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran Volume Perdarahan dengan Metode Manual (Broderick, ABC's)

Menggunakan data scanning pemeriksaan MSCT kepala dengan klinis perdarahan intraserebral dengan slice thickness 5 mm. dari data ini ditentukan besaran perdarahan terbesar, dihitung diameter panjang, lebar dan tebal dari perdarahan. Dihitung volumenya secara manual dengan persamaan :

$$\text{Volume} = A \times B \times C / 2 \quad 1$$

Keterangan :

A : diameter panjang perdarahan

B : diameter lebar perdarahan

C : tebal perdarahan

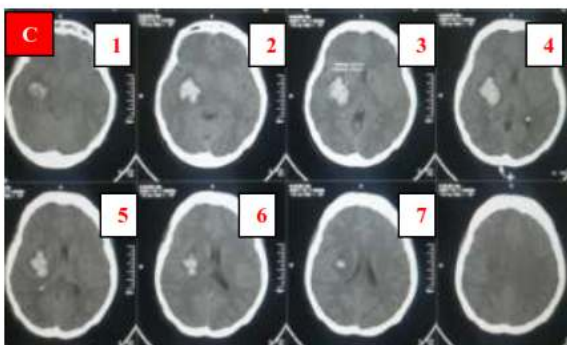
Prosesnya dengan menentukan citra yang mempunyai luas area perdarahan paling besar untuk menentukan besaran nilai A (diameter perdarahan yang panjang), B (diameter perdarahan yang lebar), C merupakan perkalian antara slice thickness (5 mm = 0,5 cm) dan banyaknya potongan axial yang terdapat perdarahan. Penghitungannya sebagai berikut :



Gambar 1. citra axial dengan perdarahan paling besar

Keterangan :

- A. diameter perdarahan yang panjang 25 mm
- B. diameter perdarahan yang lebar 20 mm



Gambar 2. citra axial 5 mm dengan jumlah irisan perdarahan

Keterangan :

- C. perkalian antara slice thickness 5 mm dengan banyaknya potongan axial perdarahan
- Persamaan penghitungan volume manual (broderich):
 $25 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times (5 \text{ mm} \times 7) / 2 = 8750 \text{ mm}^3$

Pengukuran Volume perdarahan dengan Metode Volume Automatik

Menggunakan data rekonstruksi dari data mentah (raw data) hasil scanning teknik spiral pada pemeriksaan MSCT kepala dengan klinis perdarahan intraserebral dengan slice thickness awal 5 mm, dilakukan rekonstruksi dengan slice thickness rekonstruksi 1 mm. data dengan slice thickness rekonstruksi 1 mm dilakukan penghitungan volume secara automatic (software volume valuation). Proses dengan mengaktifkan software volume evaluation pada tampilan menu evaluasi tiga dimensi. Akan tampak tampilan citra tiga dimensi axial, sagital, coronal. Dilakukan pembatasan objek perdarahan (segmentasi) dengan menggambar lingkaran pada objek perdarahan (ROI) pada batas superior dari perdarahan dan batas inferior perdarahan. Langkah selanjutnya dilakukan cek terhadap pembatasan (segmentasi) perdarahan dengan melihat satu persatu citra dengan tujuan agar seluruh area perdarahan dapat masuk (tercover)

kedalam ROI segmentasi. Proses pengecekan batas superior-inferior dan lateral-medial dapat dilakukan dengan garis panduan tiga dimensi. Kemudian ditentukan rentang HU dengan kisaran 50-90, dan selanjutnya mulai penghitungan (start evaluation) didapatkan volume perdarahan sebesar 7960 mm^3 .

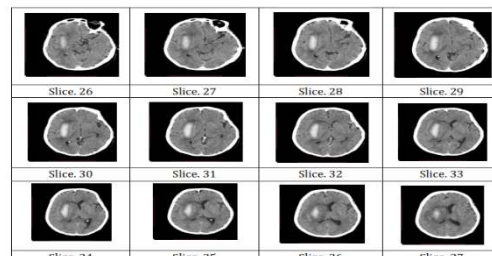


Gambar 3. metode penghitungan volume secara automatic (SVE)

Pengukuran Volume Perdarahan dengan Metode Otsu

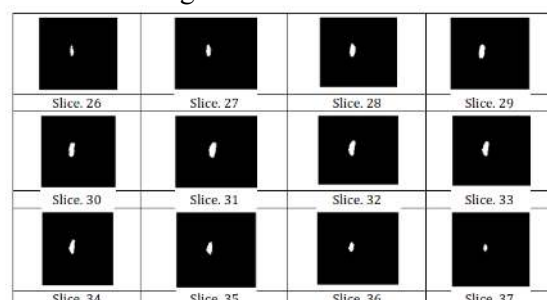
Beberapa langkah yang dilakukan yaitu :

- a. Memilih citra CT Scan kepala dengan format bitmap yang dibaca oleh matlab.
- b. Semua slice dari hasil citra pada kasus perdarahan intraserebral



Gambar 4. Hasil citra pada kasus perdarahan intraserebral

- c. Citra yang dipilih di segmentasi dengan metode otsu pada tiap slice, diikuti oleh operasi yang bertujuan untuk memperbaiki hasil segmentasi dan menghilangkan noise yang muncul dengan hasil citra segmentasi citra biner



Gambar 5. Hasil segmentasi citra biner

- d. area perdarahan dihitung dari output proses morfologi, penghitungan area menggunakan persamaan dibawah ini :

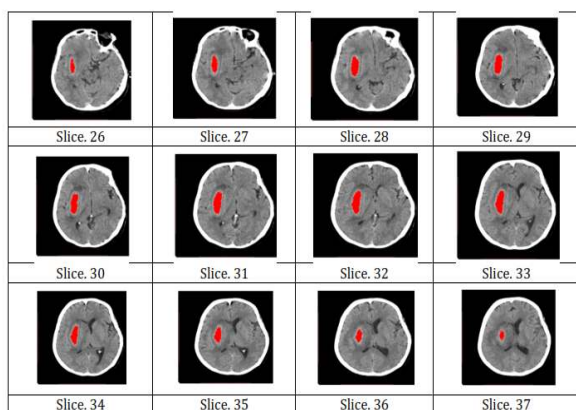
$$Area = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f(i,j)}{r^2} \quad 2$$

dengan image spasial resolusi 2,7380 pixel/mm. nilai area total diperoleh setelah dibagi dengan spasial resolusi bisa diperoleh nilai 4012,4 mm².

- e. Volume didapatkan dari total area perdarahan dikalikan dengan tebal irisan dengan nilai 2.5 mm, menggunakan persamaan :

$$Volume = \sum_{k=1}^W A(k) \times s \quad 3$$

Didapatkan volume perdarahan intraserebral 10031 mm³.



Gambar 6. Hasil Segmentasi citra CT Scan kepala yang tervisualisasi

Metode pengukuran volume perdarahan pada pemeriksaan MSCT kepala kasus intraserebral hemorrhage

Jurnal pertama Kiswoyo (2018) berjudul “Penghitungan Volumetrik Perdarahan dengan Metode Volume Automatik (*Software Volume Evaluation*) dan Metode (*Broderick*) pada MSCT Kepala” yang diterbitkan oleh JImed, tujuan jurnal ini untuk mengetahui perbedaan penghitungan volumetrik perdarahan dengan metode volume automatic (*software volume evaluation*) dan metode manual (*Broderick ABC’s*) pada MSCT kepala. Kelebihan metode volume otomatis (SVE) menggunakan rekonstruksi *slice thickness* 1 mm, dan menurut Cui Wei dkk (2004) penggunaan *slice thickness* yang tipis akan menghasilkan volume yang akurat. Kelemahan metode volume otomatis ini adalah pada perdarahan dengan bentuk teratur (regular) memiliki nilai volume yang lebih tinggi (*overestimate*). Sedangkan kelebihan metode

manual (ABC/2) pada penelitian ini memiliki proses waktu yang lebih cepat jika dibandingkan dengan metode volume otomatis. Kelemahan metode manual (ABC/2) pada penelitian ini yaitu hasil penghitungan volume yang lebih rendah (*underestimate*) pada perdarahan subdural kronis.

Jurnal kedua Broderick, dkk(2017), berjudul “*Volume Intracerebral Hemorrhage A Powerful and Easy-to-Use Predictor of 30-Day Mortality*”, diterbitkan oleh *American Heart Association*, tujuan jurnal ini untuk menentukan mortalitas 30 hari dan morbiditas dari perdarahan intraserebral pada populasi metropolitan yang besar dengan metode *ellipsoid*. Kelebihan metode *ellipsoid* pada penelitian ini merupakan metode yang simple dan mudah dalam estimasi pengukuran perdarahan dalam jangka waktu kurang lebih 1 -2 menit dan mampu memperkirakan mortalitas 30 hari yang hampir sama baiknya hasilnya dari metode analisis citra yang terkomputerisasi. Kelemahan metode *ellipsoid* pada penelitian ini adalah terkadang kesulitan dalam pengukuran volume perdarahan intraventrikular secara akurat.

Jurnal ketiga Amelia, dkk(2017) berjudul “*Calculation of the Cerebral Hemorrhage Volume Using Analysis of Computed Tomography Image*”, diterbitkan oleh IJIRAE, tujuan jurnal ini untuk mengetahui proses setelah deteksi pada perdarahan intraserebral serta penentuan luas dan volume perdarahan. Kelebihan metode *otsu* pada penelitian ini adalah hasil segmentasi dapat digunakan untuk penentuan area perdarahan sehingga volume perdarahan dapat terukur dengan baik. ukuran volume perdarahan juga dapat digunakan oleh dokter untuk perawatan medis lebih lanjut. Kelemahan metode *otsu* pada penelitian ini yaitu waktu yang relative lama dalam menentukan pengukuran volume perdarahan.

Jurnal keempat Kothari dkk (1996) berjudul “*The ABCs of Measuring Intracerebral Hemorrhage Volumes*”, diterbitkan oleh *ResearchGate*, tujuan jurnal ini untuk mengetahui volume perdarahan intraserebral menggunakan metode ABC. Kelebihan metode ABC/2 (manual) pada penelitian ini adalah pengukuran volume intraserebral diperkirakan menghasilkan volume yang akurat dalam waktu kurang dari 1 menit bahkan bisa 38 detik. Kelemahan metode manual pada penelitian ini yaitu menghasilkan pengukuran volume perdarahan yang *overestimate* dengan volume perdarahan $1,5 \pm 1,3 \text{ cm}^3$.

Berdasarkan pengamatan penulis, metode manual (Broderick,ABC’s,ellipsoid) memiliki hasil penghitungan volume yang lebih rendah (*underestimate*) pada perdarahan subdural kronis

dan memiliki kecenderungan lebih tinggi/ banyak (*overestimate*) pada perdarahan yang tidak teratur (*irregular*) dan perdarahan yang lebih dari satu tempat (*multilobar*) seperti pada jurnal kiswoyo(2018) metode manual broderich menghasilkan volume 8750 mm³ sedangkan metode volume otomatis menghasilkan volume 7960 mm³. Berdasarkan pengamatan penulis untuk melihat perdarahan secara teknis dan akurat menggunakan teknik segmentasi pada CT Scan seperti metode volume otomatis dan metode otsu karena semakin presisi teknik segmentasi hasil penghitungan volume semakin akurat (Siemens, 2005), dengan rekonstruksi *slice thickness* tipis karena *slice thickness* yang lebih tipis akan menghasilkan volume yang lebih akurat (Cui Wei, dkk, 2004) serta untuk menghindari hasil penghitungan volume perdarahan yang *underestimate* maupun *overestimate* sebaiknya pengaturan segmentasi harus presisi yang berarti lebih selektif lagi dalam melakukan ROI (*Region Of Interest*) pada objek yang ada perdarahannya, untuk area yang bukan perdarahan tidak masuk pada ROI.

Kelebihan dan kelemahan metode manual (Broderick, ABC's), volume otomatis, otsu, ellipsoid pada pemeriksaan MSCT kepala kasus intraserebral hemorrhage

Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kelemahan diantaranya:

a. Metode Manual Broderick (Kiswoyo,2018)

Kelebihan metode manual Broderick yaitu memiliki waktu yang lebih cepat jika dibandingkan dengan metode volume otomatis. Kelemahannya yaitu hasil volume pada metode manual broderick memiliki nilai volume yang lebih tinggi (*overestimate*) jika dibandingkan dengan volume automatic, karena pada penelitian di jurnal (Kiswoyo,2018) perdarahannya tidak teratur (*irregular*) dan terlihat lebih rumit menurut data dan perhitungan.

b. Metode Volume Otomatis (Kiswoyo, 2018)

Kelebihan metode volume otomatis yaitu menggunakan teknik segmentasi dengan *freehand* ROI, semakin presisi teknik segmentasi hasil penghitungan volume semakin akurat. Kelemahannya yaitu memiliki proses waktu yang lebih lama jika dibandingkan dengan metode manual Broderick, karena proses pembuatan segmentasi area perdarahan dan penentuan nilai HU sesuai area perdarahan.

Berdasarkan pengamatan penulis, untuk pemeriksaan cito atau pemeriksaan yang

membutuhkan tindakan cepat dan tipe perdarahan beraturan sebaiknya menggunakan metode manual karena penghitungan volume bisa dilakukan dengan cepat. Untuk tipe perdarahan tidak beraturan sebaiknya menggunakan metode penghitungan volume otomatis, karena menggunakan teknik segmentasi yang memperhatikan presisi.

c. Metode Otsu (Amelia, 2017)

Kelebihan pada metode otsu yaitu metode segmentasi yang cukup akurat untuk mendapatkan area objek yang tersegmentasi menggunakan citra biner. Kelemahannya waktu yang lebih lama sekitar 6 menit karena melalui beberapa proses yaitu dengan menghilangkan noise terlebih dahulu kemudian mengubah menjadi citra biner, mendapatkan area yang tersegmentasi kemudian volume perdarahan bisa dikalkulasikan.

Berdasarkan pengamatan penulis, pada jurnal ini menggunakan *slice thickness* 2,5 mm, sebaiknya penggunaan *slice thickness* menggunakan 1 mm, karena penggunaan *slice thickness* yang lebih tipis akan menghasilkan pengukuran volume yang lebih akurat (Cui Wei, dkk, 2004). Penggunaan metode otsu juga lebih dikhususkan untuk kasus perdarahan yang terjadi di ventrikel.

d. Metode Ellipsoid (Broderick, dkk, 2017)

Kelebihan metode ellipsoid yaitu metode yang kuat dan mudah digunakan untuk prediktor 30 hari untuk kasus mortalitas dan morbiditas pada pasien dengan kasus perdarahan intraserebral yang spontan. Kelemahannya yaitu kurang akurat dalam penghitungan volume perdarahan intraventrikular pada perdarahan yang tidak beraturan.

Berdasarkan pengamatan penulis, metode ellipsoid lebih baik digunakan pada kasus perdarahan yang beraturan dan pada kasus mortalitas dan morbiditas pada pasien perdarahan intraserebral spontan.

e. Metode Manual ABC's (Kothari, 1996)

Kelebihan metode manual ABC's yaitu membutuhkan waktu cepat, kurang lebih 1 menit dalam menentukan estimasi hasil volume perdarahan dengan rumus yang sederhana ABC/2. Kelemahannya yaitu hasil pengukuran volume perdarahan cenderung kurang akurat untuk kasus perdarahan yang tidak beraturan, karena untuk menentukan panjang dan lebar dari suatu perdarahan tidak bisa tepat, bisa saja nilainya lebih tinggi

(*overestimate*) maupun lebih rendah (*underestimate*) dalam menentukan hasil pengukuran volume perdarahan.

Berdasarkan pengamatan penulis, metode manual ABC/2 lebih baik digunakan pada kasus yang membutuhkan tindakan penanganan darurat dengan tipe perdarahan yang beraturan.

Simpulan

Metode pengukuran perdarahan pada pasien yang sama dengan menggunakan metode manual terlihat lebih tinggi (*overestimate*) jika dibandingkan dengan metode volume otomatis. Perbedaan pengukuran volume perdarahan metode manual (Broderick, ABC's, ellipsoid) dan metode software (volume otomatis, otsu) terlihat dari teknik pengukurannya. Pada metode manual (Broderick, ABC's, ellipsoid) menggunakan rumus sedangkan metode yang menggunakan software (volume otomatis, otsu) menggunakan teknik segmentasi. Penggunaan *slice thickness*, pada metode manual (Broderick, ABC's, ellipsoid) menggunakan *slice thickness* 5 mm, pada metode yang menggunakan software untuk metode volume otomatis menggunakan *slice thickness* 1 mm sedangkan pada metode otsu menggunakan *slice thickness* 2,5 mm.

Dari beberapa metode pengukuran volume perdarahan dapat dilihat kelebihan dan kelemahan sebagai berikut:

- a. Metode Manual (Broderick, ABC's, Ellipsoid)
Kelebihan metode manual (Broderick, ABC's, ellipsoid) dari segi waktu yang lebih cepat dibanding metode yang lain, yang membutuhkan waktu kurang lebih 1 menit dalam menentukan estimasi hasil volume perdarahan. Sedangkan kelemahan metode manual (Broderick, ABC's, ellipsoid) yaitu hasil pengukuran volume lebih tinggi (*overestimate*) dalam menentukan hasil pengukuran volume perdarahan yang tidak beraturan (*irregular*).
- b. Metode Software (Volume Otomatis dan Otsu)
Kelebihan pada volume otomatis dan metode *otsu* yaitu sama-sama menggunakan teknik segmentasi dimana semakin presisi teknik segmentasi hasil penghitungan volume semakin akurat. Kelemahan dari metode tersebut adalah memiliki proses waktu yang lebih lama karena proses pembuatan segmentasi area perdarahan.

Untuk pemeriksaan cito atau pemeriksaan yang membutuhkan tindakan cepat dan tipe perdarahan

beraturan sebaiknya menggunakan metode manual (Broderick, ABC's, ellipsoid) karena penghitungan volume bisa dilakukan dengan cepat. Untuk tipe perdarahan tidak beraturan sebaiknya menggunakan metode penghitungan software (volume otomatis, otsu) karena menggunakan teknik segmentasi yang memperhatikan presisi. Penggunaan *slice thickness* pada metode otsu sebaiknya menggunakan 1 mm, karena penggunaan *slice thickness* yang lebih tipis akan menghasilkan pengukuran volume yang lebih akurat.

Untuk menghindari hasil penghitungan volume perdarahan yang *underestimate* maupun *overestimate* sebaiknya pengaturan segmentasi harus presisi yang berarti lebih selektif lagi dalam melakukan ROI (*Region Of Interest*) pada objek yang ada perdarahannya, untuk area yang bukan perdarahan tidak masuk pada ROI.

Daftar Pustaka

- Ballinger. 2012. *Merrils Atlas of Radiographic Positions and Radiologic Procedures*. Tenth. St Louis Missouri: Mosby Inc.
- Batticaca, F. B. (2008). *Asuhan Keperawatan Klien dengan gangguan sistem persarafan*. Jakarta: Salemba Medica.
- Bontrager, Kenneth L. 2010. *Text Book of Radiographic Positioning and Related Anatomy*. Fifth. Toronto: Mosby Inc.
- Broderick, Joseph P, Thomas G Brott, John E Duldner, Thomas Tomsick, and Gertrude Huster. 2017. "Volume of Intracerebral Hemorrhage A Powerful and Easy to Use Predictor of 30-Day Mortality." *Ahajournals.Org* 24 (7).
- Bushberg, Jerrold T. 2012. *The Essential Physics of Medical Imaging*. Second. USA: Philadelphia.
- Data, Tinon Marastra, and dr lina Choridah. 2012. "Perbandingan Volume Perdarahan Intrakranial Perhitungan Digital Dan Manual Pada Multislice Computed Tomography." *Repository.Ugm.Ac.Id*. <http://repository.ugm.ac.id/id/eprint/100121>.
- Duran, A. H., Duran, M. N., Masood, I., Maciolek, L. M., & Hussain, H. (2019). The Additional Diagnostic Value of The Three-Dimensional Volume Rendering Imaging In Routine Radiology Practice. *Cureus*, 11(9). <https://doi.org/10.7759/cureus.5579>
- KISWOYO, AGUS SETYO, GATOT MURTI WIBOWO, AND WIDIANA FERRIASTUTI. 2018. "PENGHITUNGAN VOLUMETRIK PERDARAHAN DENGAN METODE

VOLUME AUTOMATIK (SOFTWARE
VOLUME EVALUATION) DAN METODE
MANUAL (BRODERICK) PADA MSCT
KEPALA.” *JIMED* 3 (2).

- Kothari, Rashmi U, Thomas Brott, Joseph P Broderick, William G Barsan, Laura R Sauerbeck, Mario Zuccarello, and Jane Khoury. 1996. “The ABC’s of Measuring Intracerebral Hemorrhage Volumes.” *Ahajournals.Org* 27.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1161/01.STR.27.8.1304>.
- Tarwoto, Wartonah, & Suryati. (2007). *Keperawatan Medical Bedah Gangguan Sistem Persyarafan*. Jakarta: Sagung Seto.
- Seeram, Euclid. 2016. *Computed Tomography, Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control*. USA: Saunders Elsevier.