

STUDI KASUS PENGUKURAN OTOMATIS VOLUME PENDARAHAN STROKE HEMORAGIK MENGGUNAKAN VOLUME CALCULATION BERBASIS VOXEL DI INSTALASI RADIOLOGI PKU MUHAMMADIYAH BANTUL

Fahrur Rozi¹, Amril Mukmin², Muhamad Fa'ik³

Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta^{1,2,3}

e-mail: amrilmukminanis@unisayogya.ac.id

Diterima: 07/09/2026; Direvisi: 19/09/2026; Diterbitkan: 12/10/2026

ABSTRAK

Stroke hemoragik membutuhkan pengukuran volume perdarahan yang terstruktur untuk memberikan gambaran kuantitatif mengenai kondisi hematoma. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan prosedur pemeriksaan CT kepala serta penerapan pengukuran volume perdarahan berbasis *voxel* pada kasus stroke hemoragik di Instalasi Radiologi RSU PKU Muhammadiyah Bantul. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain studi kasus pada Mei–Juni 2026. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi terhadap empat kasus. Pemeriksaan dilakukan menggunakan protokol *Non-Contrast CT* (NCCT) dengan akuisisi aksial, *slice thickness* 5,0 mm dan *slice collimation* 1,0×16, kemudian direkonstruksi menjadi *slice thickness* 1,0 mm untuk proses *post-processing* pada *workstation*. Pengukuran dilakukan menggunakan fitur *volume calculation* berbasis *voxel* dengan *threshold* 50–80 *Hounsfield Unit* (HU). Tiga kasus menggunakan *ROI automatic*, sedangkan satu kasus memerlukan *manual cropping* karena hematoma berdekatan dengan struktur tulang. Volume perdarahan yang diperoleh sebesar 4,93 ml, 1,27 ml, 8,89 ml, dan 2,22 ml. Temuan menunjukkan bahwa metode berbasis *voxel* dapat digunakan untuk memperoleh informasi kuantitatif volume perdarahan dengan penyesuaian *ROI* pada kondisi anatomi tertentu. Penelitian selanjutnya perlu melibatkan lebih banyak kasus dan membandingkan metode ini dengan teknik volumetri lainnya.

Kata Kunci: *Head CT-Scan, Hemorrhagic Stroke, Volume Calculation, Hounsfield Unit.*

ABSTRACT

Hemorrhagic stroke requires structured measurement of bleeding volume to provide quantitative information regarding hematoma characteristics. This study aimed to describe the head CT examination procedure and the application of voxel-based hemorrhage volume measurement in hemorrhagic stroke cases at the Radiology Installation of RSU PKU Muhammadiyah Bantul. A descriptive qualitative approach with a case study design was conducted in May–June 2026. Data were obtained through observation, interviews, and documentation involving four cases. The examination used a Non-Contrast CT (NCCT) protocol with axial acquisition, a slice thickness of 5.0 mm, and slice collimation of 1.0 × 16, followed by reconstruction to a slice thickness of 1.0 mm for post-processing on a workstation. Volume measurement was performed using a voxel-based volume calculation feature with a threshold of 50–80 Hounsfield Unit (HU). Three cases used an automatic ROI, while one case required manual cropping because the hematoma was adjacent to the skull. The measured hemorrhage volumes were 4.93 mL, 1.27 mL, 8.89 mL, and 2.22 mL, respectively. The findings indicate that the voxel-based method can be used to obtain quantitative hemorrhage volume information, with ROI adjustment required in certain anatomical conditions. Further research

should involve a larger number of cases and compare this method with other volumetric techniques.

Keywords: *Head CT-Scan, Hemorrhagic Stroke, Volume Calculation, Hounsfield Unit.*

PENDAHULUAN

Stroke merupakan salah satu kondisi neurologis yang membutuhkan pengenalan dan penanganan secara cepat karena dapat menimbulkan gangguan fungsi neurologis dengan konsekuensi klinis yang serius. Stroke hemoragik terjadi ketika pembuluh darah di otak mengalami ruptur sehingga darah masuk ke jaringan otak atau ruang di sekitarnya dan menimbulkan kerusakan sekunder pada jaringan. Hipertensi menjadi salah satu faktor yang berkaitan erat dengan patomekanisme stroke, termasuk stroke hemoragik, sehingga identifikasi perdarahan secara dini memiliki arti penting dalam proses penatalaksanaan (Diontama et al., 2025). Dalam praktik klinis, pemeriksaan *Non-Contrast Computed Tomography* (NCCT) kepala digunakan untuk membantu membedakan stroke berdasarkan karakteristik densitas pada citra. Penelitian Fakhri et al. (2025) menunjukkan pemanfaatan hasil CT-Scan kepala non-kontras dalam identifikasi jenis stroke melalui keterkaitannya dengan Siriraj Score. Kondisi tersebut menempatkan CT-Scan bukan hanya sebagai sarana untuk memastikan keberadaan perdarahan, tetapi juga sebagai sumber informasi yang dapat digunakan untuk menggambarkan karakteristik lesi secara lebih objektif.

Informasi mengenai karakteristik dan ukuran perdarahan menjadi bagian penting dalam evaluasi stroke hemoragik karena volume hematoma dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai beban perdarahan. Hubungan antara volume perdarahan dan kondisi klinis telah diteliti, salah satunya oleh Pramadyanti et al. (2025) yang mengkaji hubungan volume perdarahan intraserebral pada hasil CT-Scan kepala dengan tingkat kesadaran pasien ketika pertama kali datang ke IGD. Temuan tersebut memperlihatkan relevansi informasi volumetrik dalam menggambarkan kondisi pasien, meskipun interpretasi volume tetap perlu ditempatkan dalam konteks pemeriksaan klinis secara menyeluruh. Di sisi teknis, kualitas citra menjadi faktor yang memengaruhi kemampuan pemeriksa dalam mengenali batas lesi dan melakukan pengukuran. Sari et al. (2025) menunjukkan bahwa perubahan parameter pemeriksaan CT-Scan, seperti penggunaan *pitch* rendah, menjadi bagian dari upaya memperoleh karakteristik citra yang sesuai dengan kebutuhan pemeriksaan. Oleh karena itu, proses kuantifikasi perdarahan memerlukan citra yang mampu memberikan delineasi lesi secara memadai tanpa mengabaikan efisiensi pemeriksaan pada kondisi akut.

Perkembangan teknologi pengolahan citra telah memperluas pendekatan pengukuran volume hematoma dari estimasi geometris menuju analisis berbasis data citra. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah formula ABC/2 atau Tada yang memperkirakan volume berdasarkan tiga dimensi utama hematoma, sedangkan metode berbasis *voxel* melakukan penghitungan berdasarkan elemen volume yang tersegmentasi pada keseluruhan citra. Perbedaan tersebut menjadi relevan ketika hematoma memiliki bentuk yang tidak beraturan sehingga asumsi geometri sederhana tidak selalu mampu menggambarkan bentuk sebenarnya. Lu et al. (2025) dalam penelitian komparatif terhadap 118 pasien menunjukkan bahwa pengukuran menggunakan 3D Slicer memiliki kesesuaian yang sangat tinggi dengan segmentasi manual pada citra CTA, sedangkan formula Tada menunjukkan bias yang lebih besar, terutama pada hematoma dengan bentuk tidak beraturan. Temuan tersebut memberikan dasar bahwa pendekatan volumetri berbasis segmentasi memiliki potensi untuk menghasilkan representasi volume yang lebih sesuai dengan bentuk aktual hematoma. Di sisi lain, Yüce et al.

(2025) mengembangkan model *3D U-Net* untuk segmentasi dan analisis volumetrik perdarahan intrakranial pada citra NCCT, dengan hasil yang menunjukkan bahwa pendekatan otomatis dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengukur berbagai tipe perdarahan.

Meskipun teknologi segmentasi otomatis berkembang, proses pemisahan perdarahan dari jaringan dan struktur lain pada citra CT tetap menghadapi tantangan. Nilai *Hounsfield Unit* (HU) dapat digunakan sebagai salah satu parameter untuk membedakan jaringan berdasarkan karakteristik atenuasinya, tetapi keberhasilan segmentasi tidak hanya bergantung pada ambang densitas. Schmitt et al. (2022) menunjukkan bahwa deteksi dan segmentasi otomatis *hyperdensities* yang dicurigai sebagai perdarahan pada NCCT dapat dilakukan melalui pendekatan komputasional, tetapi karakteristik citra tetap berpengaruh terhadap performa segmentasi. Penelitian Pradana dan Hartanti (2025) juga memperlihatkan pemanfaatan *Attention U-Net* untuk segmentasi perdarahan otak pada citra CT kepala, yang menunjukkan bahwa segmentasi merupakan bagian penting dalam memperoleh representasi area perdarahan secara lebih terarah. Sementara itu, Nawabi et al. (2025) mengembangkan segmentasi otomatis *multilabel* lintas institusi untuk perdarahan intraserebral akut, perdarahan intraventrikular, dan edema perihematoma pada CT. Perkembangan tersebut menunjukkan bahwa pemisahan komponen patologi pada citra CT merupakan persoalan yang kompleks dan membutuhkan strategi segmentasi yang mempertimbangkan karakteristik densitas maupun hubungan spasial antarstruktur.

Selain metode segmentasi, parameter akuisisi dan rekonstruksi citra juga perlu diperhatikan dalam pengukuran volumetrik. Rekonstruksi *thin slice* dapat memberikan informasi spasial yang lebih rinci sehingga batas hematoma dapat divisualisasikan secara lebih baik, sedangkan penggunaan irisan yang lebih tebal dapat meningkatkan kemungkinan hilangnya detail pada struktur kecil akibat efek *partial volume*. Handi dan Anjani (2024) mendeskripsikan penerapan teknik pemeriksaan CT-Scan kepala non-kontras pada kasus CVA dan memperlihatkan pentingnya kesesuaian prosedur pemeriksaan dengan kondisi klinis pasien. Dalam konteks segmentasi dan volumetri, penggunaan citra dengan resolusi spasial yang memadai menjadi semakin relevan karena kesalahan dalam menentukan batas lesi dapat memengaruhi volume akhir yang dihitung. Zhou et al. (2026) memperlihatkan perkembangan lebih lanjut melalui pendekatan *multi-task learning* berbasis NCCT yang melakukan segmentasi hematoma dan edema sekaligus memprediksi perluasan hematoma. Hal ini memperlihatkan bahwa informasi volumetrik pada CT tidak berdiri sendiri, melainkan berkaitan dengan kemampuan sistem membedakan komponen patologi yang memiliki kedekatan anatomi.

Walaupun penelitian mengenai segmentasi otomatis dan volumetri hematoma telah berkembang, terdapat kesenjangan pada aspek penerapan praktis fitur *volume calculation* berbasis *voxel* pada *workstation* radiologi dalam kondisi pelayanan rutin. Penelitian Nawabi et al. (2025), Schmitt et al. (2022), dan Yüce et al. (2025) terutama menunjukkan perkembangan pendekatan komputasional dan otomatisasi segmentasi, sedangkan Lu et al. (2025) menempatkan perangkat lunak volumetri dalam kerangka validasi terhadap metode perbandingan. Namun, penerapan pengukuran pada fasilitas pelayanan tertentu dapat menghadapi kondisi yang berbeda, terutama dalam pemilihan *threshold*, rekonstruksi *thin slice*, serta kebutuhan koreksi manual ketika area perdarahan berada dekat struktur tulang. Dengan demikian, masih diperlukan kajian yang menggambarkan bagaimana parameter tersebut diterapkan secara nyata oleh radiografer dalam proses *post-processing*, termasuk bagaimana ROI otomatis dan *manual cropping* digunakan sesuai karakteristik lokasi perdarahan.

Kesenjangan tersebut menjadi semakin relevan karena pendekatan berbasis *voxel* tidak hanya ditentukan oleh kemampuan perangkat lunak, tetapi juga oleh kualitas citra, pengaturan densitas, bentuk hematoma, dan ketepatan operator dalam melakukan delimitasi.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menggambarkan prosedur pemeriksaan CT-Scan kepala dan proses pengukuran volume perdarahan pada kasus stroke hemoragik menggunakan fitur *volume calculation* berbasis *voxel* di Instalasi Radiologi RSU PKU Muhammadiyah Bantul. Fokus penelitian diarahkan pada rangkaian proses mulai dari pemeriksaan NCCT, rekonstruksi citra menjadi *thin slice*, penetapan rentang HU, segmentasi area perdarahan, hingga penerapan ROI otomatis atau *manual cropping* ketika ditemukan kondisi yang berpotensi menimbulkan kesalahan segmentasi. Nilai baru penelitian terletak pada penggambaran penerapan proses volumetri berbasis *voxel* dalam praktik lapangan secara kontekstual, khususnya keterkaitan antara parameter teknis, karakteristik lokasi perdarahan, dan pilihan teknik ROI pada kasus yang diamati. Pendekatan tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih konkret mengenai faktor teknis yang perlu diperhatikan dalam penerapan pengukuran volume perdarahan berbasis *voxel* pada pemeriksaan CT-Scan stroke hemoragik. Dengan demikian, penelitian ini tidak sekadar mendeskripsikan keberadaan fitur otomatis pada *workstation*, tetapi juga mengkaji rangkaian tindakan teknis yang diperlukan untuk memperoleh hasil pengukuran yang sistematis dalam kondisi pelayanan radiologi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus deskriptif untuk memperoleh gambaran mengenai pelaksanaan pengukuran volume perdarahan pada pasien stroke hemoragik menggunakan fitur *volume calculation* berbasis *voxel* pada *workstation*. Penelitian dilaksanakan di Instalasi Radiologi RSU PKU Muhammadiyah Bantul pada Februari sampai Mei 2026. Subjek penelitian terdiri atas radiografer dan dokter spesialis radiologi yang terlibat dalam proses pemeriksaan serta pengolahan citra (*post-processing*) untuk pengukuran volume perdarahan. Objek penelitian berupa prosedur pengukuran perdarahan pada pasien dengan diagnosis klinis stroke hemoragik yang menjalani pemeriksaan *Computed Tomography* (CT) kepala non-kontras. Pemilihan kasus didasarkan pada keterlibatan pasien dalam pemeriksaan CT kepala non-kontras dengan temuan perdarahan yang selanjutnya dilakukan proses pengukuran volume menggunakan fitur *volume calculation* berbasis *voxel*.

Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung, wawancara, dan dokumentasi sebagai sumber data primer, sedangkan data sekunder berasal dari jurnal, buku, dan sumber tertulis lain yang relevan dengan fokus penelitian. Observasi dilakukan dengan mengikuti dan mencatat tahapan pemeriksaan CT kepala non-kontras serta proses pengukuran volume perdarahan pada *workstation*, termasuk pengaturan parameter densitas, penerapan rentang nilai *Hounsfield Unit* (HU), proses segmentasi, penggunaan ROI *automatic* maupun *manual*, dan hasil kalkulasi volume. Wawancara dilakukan kepada radiografer untuk memperoleh informasi mengenai pertimbangan teknis dalam menentukan rentang HU 50–80 serta tindakan yang dilakukan ketika terdapat potensi kesalahan pengukuran, seperti *overestimate* atau *partial volume averaging*. Dokumentasi digunakan untuk melengkapi hasil observasi melalui catatan penelitian dan tangkapan layar (*screenshot*) proses segmentasi serta hasil akhir pengukuran volume. Seluruh hasil observasi dan wawancara yang diperoleh dalam bentuk catatan maupun rekaman selanjutnya ditranskripsikan sebagai bahan analisis.

Analisis data dilakukan secara bertahap melalui reduksi data, pengodean terbuka (*open coding*), pengelompokan informasi berdasarkan fokus penelitian, dan penyajian hasil secara

naratif. Pada tahap reduksi, data yang terkumpul diseleksi dan difokuskan pada informasi yang berkaitan dengan prosedur pemeriksaan, pengaturan parameter densitas, proses segmentasi, penggunaan fitur *volume calculation*, serta hasil pengukuran volume perdarahan. Data yang memiliki keterkaitan kemudian dikelompokkan melalui *open coding* untuk mengidentifikasi informasi mengenai tahapan teknis dan pertimbangan operator selama proses pengukuran. Hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi selanjutnya dibandingkan untuk memperoleh gambaran yang konsisten mengenai pelaksanaan pengukuran di lapangan. Hasil analisis disajikan dalam bentuk narasi sistematis dengan menghubungkan tahapan pemeriksaan, pengaturan nilai HU, teknik ROI, proses kalkulasi berbasis *voxel*, dan volume yang dihasilkan. Instrumen penelitian meliputi pesawat CT-Scan dengan protokol non-kontras, *workstation post-processing* yang memiliki fitur *volume calculation*, lembar observasi, serta pedoman wawancara yang digunakan untuk mencatat alur pemeriksaan dan menggali pertimbangan teknis dalam penentuan parameter HU.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Paparan Kasus

Paparan kasus dalam penelitian ini mencakup pasien yang menjalani pemeriksaan *CT-Scan* kepala dengan indikasi klinis stroke hemoragik di Instalasi Radiologi RSU PKU Muhammadiyah Bantul. Data kasus diperoleh dari hasil observasi selama pelaksanaan pemeriksaan dan mencakup identitas pasien yang telah disamarkan, usia, jenis kelamin, alamat, serta kondisi klinis. Terdapat empat pasien yang menjadi paparan kasus, dengan variasi usia dan kondisi klinis yang berkaitan dengan perdarahan intrakranial. Rincian karakteristik dan kondisi klinis masing-masing pasien disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Paparan Kasus Pasien Pemeriksaan CT-Scan Kepala pada Kasus Stroke Hemoragik

No.	Nama Pasien	Umur	Jenis Kelamin	Alamat	Klinis
1.	Ny. Nxxxx	48 tahun	Perempuan	Gandu RT/RW xx/xx	<i>Intercerebral Hemmoragik</i>
2.	Ny. Sxxxx	59 tahun	Perempuan	Beji Kulon RT/RW xx/xx	<i>OBS Penkes dd SH HT Emergency</i>
3.	Ny. Sxxxxxx	74 tahun	Perempuan	Bakal Dukuh RT/RW xx/xx	<i>Intercerebral Hemmoragik, Bronchopneumonia</i>
4.	Tn. Sxxxx	68 tahun	Laki-laki	Gubar RT/RW xx/xx	<i>Hemiparese, Intracerebral Hemmoragik, Unspecified</i>

2. Prosedur Pemeriksaan CT-Scan kepala pada kasus stroke hemoragik di Instalasi Radiologi RSU PKU Muhammadiyah Bantul

Pemeriksaan *CT-Scan* kepala pada kasus stroke hemoragik di Instalasi Radiologi RSU PKU Muhammadiyah Bantul dilakukan secara sistematis sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) yang berlaku. Prosedur pemeriksaan mencakup persiapan alat dan bahan serta persiapan pasien sebelum pemeriksaan dilakukan. Selanjutnya, pemeriksaan dilaksanakan melalui teknik pemeriksaan dan pengaturan parameter pemindaian (*scan parameter*) sesuai

dengan kebutuhan klinis pasien.

a. Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum pemeriksaan dilaksanakan, seluruh peralatan dan bahan yang diperlukan disiapkan terlebih dahulu untuk memastikan proses akuisisi citra berjalan dengan baik. Peralatan yang digunakan meliputi pesawat *CT-Scan* sebagai perangkat utama untuk memperoleh citra kepala pasien. Selain itu, *straining strap* dan *head holder* disiapkan untuk membantu menjaga posisi kepala pasien tetap stabil selama proses pemindaian. *Printer CT-Scan* juga disiapkan untuk mencetak hasil citra pemeriksaan sesuai dengan kebutuhan dokumentasi dan evaluasi medis.

b. Persiapan Pasien

Persiapan pasien pemeriksaan *CT-Scan* kepala pada kasus stroke hemoragik di Instalasi Radiologi RSU PKU Muhammadiyah Bantul dilakukan mulai dari verifikasi identitas pasien yaitu nama, nomor rekam medis, tanggal lahir. Anamnesis singkat terkait kondisi klinis pasien. Pada pemeriksaan non-kontras, tidak diperlukan puasa atau persiapan khusus terkait zat kontras. Pasien atau keluarga diminta untuk melepaskan benda logam di area kepala dan leher, seperti jepit rambut, kacamata, gigi palsu, atau aksesoris lainnya yang dapat menimbulkan artefak pada citra.

c. Teknik Pemeriksaan

Teknik pemeriksaan *CT-Scan* kepala pada kasus stroke hemoragik di RSU PKU Muhammadiyah Bantul dilakukan menggunakan protokol non-kontras (*Non-Contrast Computed Tomography/NCCT*). Pemilihan protokol ini sesuai dengan standar gold standard pencitraan stroke hemoragik akut yang tidak memerlukan pemberian media kontras, sehingga mempercepat proses akuisisi citra dan mengurangi risiko efek samping pada pasien. Setelah protokol ditentukan, pasien diposisikan *supine head first* dengan sumbu panjang tubuh sejajar dengan *gantry*. Posisi pasien *supine head first* dalam pemeriksaan *CT-Scan* kepala tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi Pasien *Supine Head first* (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026)

Kepala pasien diletakkan pada headrest dan diimmobilisasi menggunakan strap pengikat untuk meminimalisir pergerakan selama proses *scanning*. Garis referensi (*scanogram/topogram*) dibuat dari *vertex* hingga dasar tengkorak (*skull base*) untuk menentukan area pemindaian yang mencakup seluruh isi kranial. Akuisisi citra dilakukan secara aksial (*axial scan*) dengan ketebalan irisan (*slice thickness*) 5,0 mm dan *slice collimation* 1.0×16. Penggunaan *slice thickness* ini dipilih sebagai keseimbangan antara resolusi spasial yang memadai untuk mendeteksi area perdarahan dan efisiensi waktu pemindaian, mengingat kondisi pasien yang bersifat kegawatdaruratan. Seri rekonstruksi

irisan tipis (*thin slice*) dengan ketebalan 1,0 mm selanjutnya dikirimkan ke *workstation* untuk keperluan *post-processing* pengukuran volume perdarahan menggunakan fitur *volume calculation*.

d. *Scan Parameter*

Pengambilan citra dilakukan secara aksial dengan ketebalan irisan (*slice thickness*) 5,0 mm, *slice collimation* 1.0×16 resolusi matriks spasial 512×512 piksel, dan jumlah irisan aksial sebanyak 19 irisan per pasien yang mencakup seluruh area kranial dari *verteks* hingga pangkal tengkorak (*skull base*).

3. Pengukuran Volume Perdarahan

Setelah proses akuisisi selesai, data citra *axial* dengan *slice thickness* 5 mm kemudian direkonstruksi menjadi *slice thickness* 1,0 mm dikirim ke *workstation* untuk keperluan *post-processing* pengukuran volume pendarahan menggunakan fitur *volume calculation* berbasis *voxel*. Tahap 1 Aktivasi fitur *volume calculation* : Radiografer mengaktifkan menu *volume calculation* pada perangkat lunak *workstation* yang tersedia di Instalasi Radiologi RSU PKU Muhammadiyah Bantul berikut ditampilkan di gambar 2 pada tanda panah.



Gambar 2. Aktivasi Fitur Volume Calculation (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026)

Tahap 2 Pemilihan Seri data : Radiografer memilih seri citra aksial dengan ketebalan irisan 5.0 mm pemilihan awal untuk rekontruksi sebelum pengukuran dan ketebalan irisan 1.0 mm untuk keperluan pengukuran volume pendarahan. Pemilihan ketebalan irisan tipis ini menjadi fondasi kualitas pengukuran karena secara langsung memengaruhi resolusi spasial dan meminimalisir efek *partial volume averaging* berikut ditampilkan gambar 3.



Gambar 3. Pemilihan Seri Data (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026)

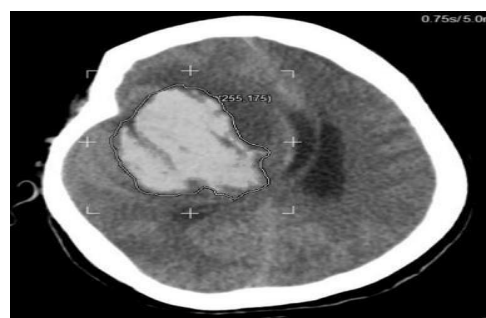
Tahap 3 Penetapan ambang batas densitas (*thresholding*) : Nilai *CT value range* diatur

pada rentang minimal 50 HU dan maksimal 80 HU. Tahap ini merupakan langkah paling kritis, karena rentang nilai tersebut secara selektif mengunci area yang memiliki karakteristik densitas darah akut, memisahkannya dari jaringan otak normal (20–40 HU) maupun tulang tengkorak (>400 HU). Penggunaan rentang HU yang terlalu luas berisiko menyebabkan *overestimate* akibat penyertaan jaringan edema atau tulang (Sun et al., 2024; Morotti et al., 2022). Penetapan rentang nilai CT tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan proses pengaturan ambang batas densitas (*thresholding*) pada citra CT.



Gambar 4. Penetapan Ambang Batas Densitas (*Thresholding*) (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026)

Tahap 4 *Manual Cropping* (Delimitasi Area) : Radiografer melakukan pembatasan area (*cropping*) secara manual pada massa hiperdens yang terdeteksi di setiap irisan citra. Langkah ini dilakukan terutama ketika area perdarahan berada berdekatan dengan struktur tulang frontal atau oksipital, sehingga batas lesi dapat ditentukan secara lebih terarah dan area yang bukan bagian dari perdarahan dapat dikeluarkan dari proses pengukuran volume.



Gambar 5. *Manual Cropping* (Delimitasi Area) (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026)

Tahap 5 Kalkulasi dan Dokumentasi Hasil : Sistem secara otomatis mengakumulasi seluruh *voxel* dalam ruang tiga dimensi yang memenuhi kriteria ambang batas densitas, kemudian menampilkan hasil akhir berupa nilai volume dalam satuan mililiter (ml). Hasil pengukuran selanjutnya didokumentasikan sebagai bagian dari informasi pemeriksaan radiologi yang dapat digunakan oleh dokter spesialis sebagai salah satu pertimbangan dalam menentukan penatalaksanaan pasien, baik secara operatif maupun konservatif. Proses kalkulasi volume dan dokumentasi hasil pengukuran tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kalkulasi dan Dokumentasi Hasil (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026).

Berdasarkan hasil observasi dan dokumentasi pemeriksaan *CT-Scan* kepala pada pasien stroke hemoragik di Instalasi Radiologi RSU PKU Muhammadiyah Bantul, diperoleh hasil pengukuran volume perdarahan menggunakan fitur *volume calculation* berbasis *voxel* pada *workstation*. Proses pengukuran dilakukan melalui tahapan penentuan nilai ambang densitas (*threshold*), segmentasi area perdarahan, hingga kalkulasi volume otomatis dalam satuan mililiter (ml). Hasil visualisasi citra menunjukkan bahwa area perdarahan dapat teridentifikasi dengan jelas setelah dilakukan pengaturan rentang nilai Hounsfield Unit (HU) serta proses *manual cropping* untuk meminimalisir kesalahan segmentasi.

Keempat gambar di bawah (Gambar 7–10) menampilkan hasil segmentasi dan kalkulasi volume perdarahan secara otomatis menggunakan fitur *volume calculation* berbasis *voxel* pada *workstation*. Area hiperdens yang teridentifikasi pada citra aksial merepresentasikan massa perdarahan akut dengan rentang densitas 50–80 *Hounsfield Unit (HU)*



Gambar 7. ROI Automatic Volume Calculation 4.93 ml, 60.1 HU (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026)



Gambar 8. ROI Automatic Volume Calculation 1.27 ml, 56.5 HU (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026)



Gambar 9.ROI Manual Volume Calculation 8.89 ml, 63.8 HU (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026)



Gambar 10. ROI Automatic Volume Calculation 2.22 ml, 57.1 HU (RS PKU Muhammadiyah Bantul, 2026)

Hasil kalkulasi pada empat kasus menunjukkan volume dan nilai HU masing-masing 4,93 ml (60,1 HU), 1,27 ml (56,5 HU), 8,89 ml (63,8 HU), dan 2,22 ml (57,1 HU). Pengukuran dilakukan melalui penetapan ambang batas densitas 50–80 HU dan proses manual *cropping* per irisan pada hematoma yang berdekatan dengan tulang. Area perdarahan

pada masing-masing kasus dapat teridentifikasi dan tersegmentasi oleh sistem setelah pengaturan rentang nilai HU diterapkan.

Pembahasan

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pengukuran volume perdarahan pada pemeriksaan *Non-Contrast Computed Tomography* (NCCT) tidak hanya ditentukan oleh keberadaan massa hiperdens, tetapi juga oleh rangkaian parameter teknis yang digunakan sejak akuisisi hingga *post-processing*. Pada penelitian ini, pemeriksaan dilakukan dengan ketebalan irisan aksial 5 mm dan citra direkonstruksi menjadi 1 mm sebelum digunakan dalam proses *volume calculation* berbasis *voxel*. Penggunaan rekonstruksi dengan irisan yang lebih tipis memberikan lebih banyak informasi spasial untuk proses penelusuran batas lesi dibandingkan hanya mengandalkan irisan awal yang lebih tebal. Temuan tersebut sejalan dengan Miu et al. (2023) yang menunjukkan bahwa variasi *increment* dapat memengaruhi informasi citra CT kepala pada kasus stroke, sehingga pemilihan parameter rekonstruksi perlu dipertimbangkan ketika citra akan digunakan untuk analisis lebih lanjut. Hasil penelitian Zasneda et al. (2022) juga menunjukkan bahwa protokol *fast stroke* memiliki karakteristik *noise* tertentu pada pemeriksaan CT otak, sehingga kualitas citra menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari proses interpretasi dan pengolahan citra. Dengan demikian, penggunaan *thin slice* pada penelitian ini dapat dipahami sebagai bagian dari upaya menyediakan representasi spasial yang lebih sesuai untuk proses pengukuran, bukan sebagai bukti bahwa ketebalan tertentu secara universal menghasilkan pengukuran yang paling akurat.

Aspek kualitas citra tersebut berkaitan dengan pengaturan parameter pemeriksaan dan kebutuhan menjaga keseimbangan antara kualitas informasi diagnostik dengan paparan radiasi. Zasneda et al. (2023) membahas optimasi dosis radiasi pada pemeriksaan CT-Scan *brain* dengan klinis stroke, sehingga parameter pemeriksaan perlu dipertimbangkan secara keseluruhan dan tidak hanya diarahkan pada peningkatan detail citra. Dalam konteks penelitian ini, pengukuran volume dilakukan setelah citra tersedia pada *workstation*, sehingga perubahan parameter akuisisi maupun rekonstruksi dapat memengaruhi kualitas batas lesi yang selanjutnya diproses oleh sistem. Hubungan antara parameter citra dan proses segmentasi juga tampak pada penelitian Payon (2024), yang membandingkan pendekatan *K-Means clustering* dan *thresholding* untuk segmentasi citra CT-Scan stroke dan melaporkan adanya perbedaan hasil segmentasi berdasarkan metode serta nilai ambang yang digunakan. Temuan tersebut memperkuat bahwa segmentasi berbasis intensitas tidak dapat dilepaskan dari pemilihan parameter yang tepat. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses pengukuran volume perlu dipandang sebagai rangkaian yang dimulai dari pembentukan citra, bukan hanya sebagai proses kalkulasi setelah citra berada di *workstation*.

Pada tahap pengukuran, penelitian ini menggunakan rentang 50–80 *Hounsfield Unit* (HU) untuk membantu membatasi area hiperdens yang diproses oleh fitur *volume calculation*. Penggunaan nilai HU sebagai dasar segmentasi menunjukkan bahwa karakteristik densitas merupakan salah satu informasi utama dalam membedakan area yang akan dimasukkan ke dalam perhitungan volume. Namun, nilai densitas hematoma tidak selalu bersifat homogen sehingga penerapan satu rentang ambang perlu disesuaikan dengan karakteristik citra dan area yang diamati. Wu et al. (2025), misalnya, melakukan kuantifikasi perbedaan HU pada hematoma heterogen menggunakan segmentasi semi-otomatis dan menunjukkan bahwa perubahan karakteristik densitas pada hematoma dapat memberikan informasi tambahan mengenai kondisi hematoma dan luaran pasien. Penelitian tersebut menggunakan analisis

kuantitatif yang jauh lebih besar, yaitu 261 pasien, sehingga temuannya tidak dapat langsung digeneralisasikan terhadap empat kasus dalam penelitian ini. Akan tetapi, hasil tersebut memberikan konteks bahwa HU bukan sekadar angka teknis pada *workstation*, melainkan dapat merepresentasikan variasi karakteristik internal hematoma yang perlu diperhatikan ketika menentukan area segmentasi. Dengan demikian, rentang 50–80 HU pada penelitian ini lebih tepat dipahami sebagai parameter operasional yang digunakan pada kasus yang diamati, bukan sebagai batas universal untuk seluruh hematoma intrakranial.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa fitur *volume calculation* berbasis *voxel* memungkinkan volume dihitung berdasarkan kumpulan elemen volume yang telah disegmentasi pada citra tiga dimensi. Pendekatan tersebut berbeda secara prinsip dari estimasi geometris yang menggunakan dimensi panjang, lebar, dan tinggi sebagai dasar perhitungan. Rahmadhani et al. (2025) membandingkan teknik ABC/2 dengan metode volumetrik menggunakan perangkat lunak Philips Access CT V2.0 pada kasus *subdural hematoma*, sehingga memberikan konteks bahwa kedua pendekatan tersebut memang dapat digunakan untuk memperoleh estimasi volume, tetapi memiliki mekanisme pengukuran yang berbeda. Pada penelitian ini, fitur berbasis *voxel* digunakan secara langsung pada *workstation* untuk mengakumulasi volume area yang memenuhi kriteria segmentasi. Pendekatan berbasis elemen volume juga sejalan dengan perkembangan analisis citra yang semakin memanfaatkan informasi spasial secara rinci. Abou Karam et al. (2025), misalnya, menggunakan analisis *voxel-wise* untuk memetakan lokasi perdarahan intraserebral dan menunjukkan bahwa informasi lokasi perdarahan dapat dianalisis secara lebih rinci daripada sekadar klasifikasi berdasarkan struktur anatomi secara visual. Meskipun penelitian tersebut tidak membahas pengukuran volume menggunakan *workstation* yang sama, temuan tersebut memperlihatkan bahwa representasi berbasis *voxel* dapat memberikan dimensi analisis yang lebih terperinci terhadap distribusi lesi pada citra CT.

Perbedaan bentuk dan lokasi perdarahan menjadi alasan penting mengapa proses segmentasi perlu diamati secara kritis. Pada empat kasus penelitian ini, tiga kasus dapat diproses menggunakan ROI *automatic*, sedangkan satu kasus memerlukan ROI *manual* karena area perdarahan berada pada lokasi yang memerlukan pembatasan tambahan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa otomatisasi tidak selalu berarti seluruh tahapan dapat berlangsung tanpa intervensi operator. Butler et al. (2025) mengembangkan pendekatan *rule-based* untuk melakukan segmentasi volume ventrikel dan perdarahan subaraknoid dari CT dengan memanfaatkan informasi intensitas, normalisasi spasial, *threshold*, dan templat anatomi, yang menunjukkan bahwa sistem otomatis tetap memerlukan aturan dan parameter yang disesuaikan dengan karakteristik citra. Wilting et al. (2026) juga menunjukkan perkembangan *deep learning* untuk segmentasi otomatis perdarahan intraserebral, perdarahan intraventrikular, dan edema perihematoma pada NCCT. Sementara itu, Gan et al. (2025) mengembangkan sistem pendukung keputusan berbasis *deep learning* yang mengintegrasikan segmentasi hematoma dengan perencanaan lintasan tindakan. Perkembangan tersebut memperlihatkan bahwa otomatisasi segmentasi bergerak menuju analisis yang semakin kompleks, sedangkan temuan penelitian ini menunjukkan bentuk penerapan yang lebih sederhana dan praktis, yaitu kombinasi antara segmentasi otomatis dan koreksi manual pada *workstation* yang tersedia.

Kebutuhan terhadap koreksi manual juga dapat dipahami dari sifat spasial perdarahan dan struktur anatomi di sekitarnya. Pada penelitian ini, *manual cropping* digunakan ketika area hiperdens yang terdeteksi memerlukan pembatasan agar bagian yang bukan merupakan perdarahan tidak ikut masuk dalam kalkulasi. Proses tersebut menunjukkan bahwa hasil

automatic segmentation tetap perlu diperiksa secara visual sebelum volume akhir diterima sebagai hasil pengukuran. Hal ini konsisten dengan perkembangan penelitian segmentasi yang menggunakan kombinasi informasi intensitas dan spasial, karena batas patologis pada citra CT dapat berdekatan dengan struktur lain yang memiliki karakteristik densitas tinggi. Gorbachuk et al. (2026) menunjukkan penggunaan analisis berbasis *voxel* untuk mengevaluasi risiko perdarahan dalam konteks biopsi otak, yang memperlihatkan bahwa informasi spasial pada tingkat *voxel* dapat dimanfaatkan untuk menilai distribusi risiko secara lebih terperinci. Dalam konteks penelitian ini, prinsip tersebut membantu menjelaskan mengapa lokasi dan hubungan spasial antara hematoma dengan struktur sekitarnya perlu diperhatikan ketika menentukan batas ROI. Dengan demikian, penggunaan ROI *manual* pada satu kasus bukan semata-mata menunjukkan keterbatasan sistem, tetapi menggambarkan adanya kebutuhan pengawasan operator dalam proses segmentasi berbasis citra.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengukuran volume perdarahan berbasis *voxel* merupakan proses yang melibatkan keterkaitan antara kualitas citra, parameter rekonstruksi, nilai HU, segmentasi, dan verifikasi operator. Empat kasus yang diamati menghasilkan volume 4,93 ml, 1,27 ml, 8,89 ml, dan 2,22 ml, dengan tiga kasus menggunakan ROI *automatic* dan satu kasus menggunakan ROI *manual*. Hasil tersebut belum dapat digunakan untuk menyatakan bahwa metode berbasis *voxel* lebih akurat daripada ABC/2 secara universal karena penelitian ini tidak melakukan pengujian validitas terhadap metode pembandingan atau *reference standard*. Demikian pula, jumlah kasus yang terbatas dan pelaksanaan penelitian pada satu fasilitas membuat temuan lebih tepat dipahami sebagai gambaran penerapan teknis pada konteks pelayanan yang diteliti. Meskipun demikian, perkembangan penelitian volumetri, segmentasi berbasis *threshold*, analisis *voxel-wise*, dan otomatisasi berbasis *deep learning* menunjukkan bahwa pengolahan kuantitatif citra CT semakin diarahkan pada pemanfaatan informasi spasial dan densitas secara terintegrasi. Dalam konteks tersebut, kontribusi penelitian ini terletak pada penggambaran praktik pengukuran volume perdarahan menggunakan fitur *volume calculation* berbasis *voxel* pada *workstation*, termasuk kondisi ketika segmentasi otomatis perlu dilengkapi dengan koreksi manual.

KESIMPULAN

Penerapan pengukuran volume perdarahan pada pemeriksaan *Non-Contrast CT* (NCCT) kepala di RSUD Muhammadiyah Bantul menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *voxel* dapat digunakan untuk memperoleh ukuran volume hematoma secara kuantitatif melalui tahapan *post-processing* pada *workstation*. Rekonstruksi citra hingga ketebalan 1 mm memberikan data spasial yang lebih rinci untuk mendukung proses penentuan area perdarahan, sedangkan rentang *threshold* 50–80 Hounsfield Unit digunakan sebagai parameter operasional dalam proses segmentasi pada kasus yang diteliti. Proses pengukuran tidak sepenuhnya bergantung pada otomatisasi karena kondisi anatomi tertentu, terutama hematoma yang berdekatan dengan struktur tulang, memerlukan *manual cropping* agar area yang dihitung tetap sesuai dengan lokasi perdarahan. Dengan demikian, temuan penelitian menegaskan bahwa kebermanfaatan pengukuran volume berbasis *voxel* tidak hanya ditentukan oleh fitur perhitungan otomatis, tetapi juga oleh kualitas citra, penetapan parameter segmentasi, serta verifikasi terhadap batas lesi sebelum hasil volume digunakan sebagai informasi kuantitatif.

Hasil penelitian ini memberikan gambaran mengenai penerapan praktis *voxel-based volume calculation* dalam pengukuran perdarahan stroke hemoragik pada pemeriksaan CT kepala, sekaligus menunjukkan bahwa proses tersebut masih memerlukan keterlibatan dan

pemeriksaan radiografer terhadap hasil segmentasi. Penelitian ini belum dapat digunakan untuk menyimpulkan keunggulan metode berbasis *voxel* dibandingkan metode pengukuran lainnya karena jumlah kasus terbatas dan belum dilakukan perbandingan dengan metode ABC/2 atau standar pengukuran referensi. Pengembangan penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada jumlah kasus yang lebih besar dan melibatkan lebih dari satu fasilitas pelayanan kesehatan, disertai perbandingan antara pengukuran berbasis *voxel*, metode konvensional, dan pengukuran oleh ahli sebagai acuan. Penelitian berikutnya juga dapat mengevaluasi pengaruh ketebalan *slice*, *increment*, rentang *threshold*, serta teknik *ROI* terhadap konsistensi hasil, sehingga dapat dirumuskan prosedur pengukuran yang lebih terstandar dan menjadi dasar pengembangan sistem segmentasi otomatis untuk mendukung evaluasi volume perdarahan secara lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Abou Karam, G., Chen, M.-C., Zeevi, D., Harms, B. C., Berson, E., Torres-Lopez, V. M., Rivier, C. A., Malhotra, A., Qureshi, A. I., Falcone, G. J., Sheth, K. N., & Payabvash, S. (2025). Voxel-wise map of intracerebral hemorrhage locations associated with worse outcomes. *Stroke*, 56(4), 868–877. <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/STROKEAHA.124.048453>
- Butler, M., Shah, P., Ozgen, B., Michals, E. A., Geraghty, J. R., Testai, F. D., Maharathi, B., & Loeb, J. A. (2025). Automated segmentation of ventricular volumes and subarachnoid hemorrhage from computed tomography images: Evaluation of a rule-based pipeline approach. *The Neuroradiology Journal*, 38(1), 30–43. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/19714009241260791>
- Diontama, M. A., Larasati, T. A., & Jausal, A. N. (2025). Article review: Peran hipertensi terhadap patomekanisme stroke iskemik dan hemoragik. *Termometer: Jurnal Ilmiah Ilmu Kesehatan dan Kedokteran*, 3(1), 183–191. <https://ejurnal.politeknikpratama.ac.id/index.php/Termometer/article/view/4752>
- Fakih, M., Pratama, T. S., & Yuliani, M. D. (2025, January). Hubungan antara Siriraj skor dengan jenis stroke berdasarkan hasil CT-scan kepala non kontras di RST Wijayakusuma Purwokerto. In *Prosiding Seminar Nasional LPPM UNSOED* (Vol. 14, pp. 743–747). <https://jos.unsoed.ac.id/index.php/semnaslppm/article/view/15318>
- Gan, Z., Xu, X., Li, F., Kikinis, R., Zhang, J., & Chen, X. (2025). Deep learning-based clinical decision support system for intracerebral hemorrhage: An imaging-based AI-driven framework for automated hematoma segmentation and trajectory planning. *Neurosurgical Focus*, 59(1), E5. <https://doi.org/10.3171/2025.5.FOCUS25246>
- Gorbachuk, M., Spolaore, A., Weinbrenner, E., Wang, S., Machetanz, K., Tatagiba, M., & Naros, G. (2026). Voxel-based evaluation of hemorrhage risk in brain biopsies. *Neurosurgical Review*, 49(1), 175. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10143-025-04132-6>
- Handi, P. S. I. N., & Anjani, M. (2024). Teknik pemeriksaan CT scan kepala non kontras dengan kasus CVA di Instalasi Radiologi Rumah Sakit Baptis Kota Kediri. *Strada Journal of Radiography*, 5(2), 5–9. <https://thesjr.org/index.php/SJR/article/view/46>
- Lu, M., Shafiq, Z., Yang, W., Liu, P., Tan, S., Wei, J., & Cai, Q. (2025). Retrospective validation of 3D Slicer against CTA source images for accurate intracerebral hematoma volumetry: A comparative study with the Tada formula. *BMC Medical Imaging*, 25(1), 518. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12880-025-02074-5>



- Miu, N. L., Jeniyanthy, N. P. R., & Darmita, I. M. P. (2023). Analisis variasi penggunaan *increment* terhadap informasi citra CT scan kepala pada kasus stroke non hemoragic (SNH) di Instalasi Radiologi RSUD Bali Mandara. *Jurnal Ventilator*, 1(4), 1–9. <https://jurnal.stikeskesdam4dip.ac.id/index.php/Ventilator/article/view/656>
- Nawabi, J., Baumgaertner, G. L., Schulze-Weddige, S., Dell’Orco, A., Morotti, A., Mazzacane, F., ... & Penzkofer, T. (2025). Cross-institutional automated multilabel segmentation for acute intracerebral hemorrhage, intraventricular hemorrhage, and perihematomal edema on CT. *Radiology Advances*, 2(2), umaf012. <https://academic.oup.com/radadv/article/2/2/umaf012/8090148>
- Payon, F. L. (2024). Segmentasi citra CT-scan pada stroke menggunakan metode algoritma *K-means clustering* dan *thresholding* di Rumah Sakit Samarinda Medika Citra. *Jiif (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 8(2), 17–23. <https://jurnal.unpad.ac.id/jiif/article/view/54408>
- Pradana, A. I., & Hartanti, D. (2025). Attention U-Net untuk segmentasi perdarahan otak multi-kelas pada dataset CT kepala. In *Prosiding Seminar Nasional Amikom Surakarta* (Vol. 3, pp. 280–290). <https://ojs.amikomsolo.ac.id/index.php/semnasa/article/view/1083>
- Pramadyanti, K. D., Utama, P. C. B., Kenwa, K. W. M., & Pramadya, P. N. (2025). Hubungan volume pendarahan intracerebral pada hasil CT-scan kepala dengan tingkat kesadaran pada pasien stroke saat pertama kali datang ke IGD Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Klungkung pada bulan Oktober 2023 sampai Februari 2024. *Intisari Sains Medis*, 16(3), 1210–1214. <https://www.isainsmedis.ejournals.ca/index.php/ism/article/view/2265>
- Rahmadhani, V. E., Putra, M. A., & Irfana, L. (2025). Comparison between the ABC/2 technique and volumetric method using Philips Access CT V2.0 software for subdural hematoma assessment at Siti Khodijah Muhammadiyah Sepanjang Hospital. *Qanun Medika: Medical Journal Faculty of Medicine Muhammadiyah Surabaya*, 9(2). <https://journal.um-surabaya.ac.id/qanunmedika/article/view/26123>
- Sari, A. A., Mufida, W., & Za’im, M. (2025). Penggunaan *pitch* rendah pada pemeriksaan CT scan kepala pada kasus trauma di RSUD Banyumas. *Jurnal Kesehatan Amanah*, 9(2), 243–254. <https://ejournal.unimman.ac.id/index.php/jka/article/view/964>
- Schmitt, N., Mokli, Y., Weyland, C. S., Gerry, S., Herweh, C., Ringleb, P. A., & Nagel, S. (2022). Automated detection and segmentation of intracranial hemorrhage suspect hyperdensities in non-contrast-enhanced CT scans of acute stroke patients. *European Radiology*, 32(4), 2246–2254. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00330-021-08352-4>
- Wilting, F. N. H., Douwes, J. P. J., Patel, A., Schreuder, F. H. B. M., Dammers, R., Hannink, G., Jolink, W. M. T., Pegge, S. A. H., Sondag, L., Wermer, M. J. H., van der Worp, H. B., Meijer, F. J. A., & Klijn, C. J. M. (2026). Deep learning-based automated segmentation of intracerebral haemorrhage, intraventricular haemorrhage and perihematomal oedema on non-contrast CT. *European Stroke Journal*, 11(3), aakag007. <https://academic.oup.com/esj/article/11/3/aakag007/8509791>
- Wu, Q., Huang, L., Chen, N., Ren, S., Ye, F., Zhao, X., Wu, G., & Wang, L. (2025). Quantification of Hounsfield unit difference in heterogeneous hematoma predicts poor functional outcomes in acute intracerebral hemorrhage. *Scientific Reports*, 15, 33007. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-18409-9>



- Yüce, M., Öztürk, S., Pamuk, G. G., Varlık, C., & Cimilli, A. T. (2025). Automatic segmentation and volumetric analysis of intracranial hemorrhages in brain CT images. *European Journal of Radiology*, 184, 111952. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0720048X25000385>
- Zasneda, S. S., Kustoyo, B., Hulu, Y. V., & Saragih, F. L. (2022). Gambaran noise pada pemeriksaan CT-Scan brain menggunakan protokol fast stroke di instalasi radiologi Rumah Sakit Otak DR. DRS. M. Hatta Bukittinggi. *Prosiding Seminar Kesehatan Nasional*, 1(1), 362–373. <https://prosiding.ubr.ac.id/index.php/prosidingbaiturrahim/article/view/111>
- Zasneda, S. S., Kustoyo, B., Hulu, Y. V., & Saragih, F. L. (2023). Optimasi dosis radiasi pada pemeriksaan CT-Scan brain dengan klinis stroke non hemoragik di Rumah Sakit Otak DR. DRS. M. Hatta Bukittinggi. *Prosiding Seminar Kesehatan Nasional*, 2(1), 191–200. <https://prosiding.ubr.ac.id/index.php/prosidingbaiturrahim/article/view/175>
- Zhou, L., Zhou, J., Zhou, H., Xu, H., & Zhou, Z. (2026). A non-contrast CT-based multi-task learning framework for co-segmenting hematoma and edema and predicting hematoma expansion in spontaneous intracerebral hemorrhage. *British Journal of Radiology*, ttag179. <https://academic.oup.com/bjr/advance-article-abstract/doi/10.1093/bjr/ttag179/8753983>