

Role of 3D CT in Diagnosis of Skull Base Fractures Peran CT 3D dalam Diagnosis Patah Tulang Dasar Kepala

Michelle W. Mandang,¹ Eko Prasetyo,² Stephanus J. Ch. Tangel²

¹Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

²Bagian Ilmu Bedah Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi - RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou, Manado, Indonesia

Email: michellemandang7@gmail.com

Received: January 12, 2022; Accepted: March 23, 2022; Published on line: March 26, 2022

Abstract: Traumatic brain injury (TBI) including skull base fracture is one of the most common medical encounters and the leading cause of disability and death. The gold standard examination for skull base fracture is computerized tomography (CT scan). Since skull base has irregular anatomy and thin bony plates, CT 3 dimension (3D CT) is needed to detect this fracture rapidly and accurately compared to conventional CT scan. This study aimed to evaluate the use of 3D CT in the diagnosis of skull base fractures. This was a literature review study using databases of ClinicalKey, Google Scholar, and PubMed. The keywords were three-dimensional computed tomography (CT 3D) and skull base fractures. The results obtained 15 articles related to this topic. The 3D CT could detect skull base fractures more rapidly and accurately than other examinations such as X-ray, 2D CT, solid (SVR) and transparent (TVR) volume-rendering technique, and maximum intensity projection (MIP). In conclusion, 3D CT plays an important role in the diagnosis of skull base fractures.

Keywords: 3D CT; skull base fractures; traumatic brain injury

Abstrak: Cedera kepala akibat trauma merupakan salah satu penyebab utama kecacatan dan kematian. Patah tulang dasar kepala sering terjadi pada cedera kepala akibat trauma. Pemeriksaan baku emas untuk patah tulang dasar kepala menggunakan modalitas *Computerized Tomography (CT scan)*. Dasar kepala memiliki anatomi yang tidak beraturan dan ketebalan tulang yang tipis, sehingga penggunaan CT 3 dimensi (CT 3D) dibutuhkan untuk mendeteksi patah tulang secara cepat dan akurat dibandingkan CT scan konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengulas bahan pustaka dengan topik penggunaan CT 3D pada diagnosis patah tulang dasar kepala. Jenis penelitian ialah suatu *literature review*. Hasil penelitian mendapatkan 15 jurnal yang berhubungan dengan topik ini. CT 3D dapat mendeteksi fraktur dasar kepala dengan lebih cepat dan akurat dibandingkan pemeriksaan lainnya, seperti X-ray, 2D CT, *solid (SVR) and transparent (TVR) volume-rendering technique*, dan *maximum intensity projection (MIP)*. Simpulan penelitian ini ialah CT 3D berperan penting pada diagnosis patah tulang dasar kepala.

Kata kunci: CT 3D; patah tulang dasar kepala; cedera kepala akibat trauma

PENDAHULUAN

Traumatic brain injury (TBI) merupakan salah satu penyebab utama kematian dan kecacatan di dunia. Secara garis besar *traumatic brain injury (TBI)* terbagi atas dua tahap mekanisme, yaitu cedera primer dan sekunder.¹ Fraktur dasar kepala umum-

nya terkait dengan *traumatic brain injury (TBI)*.² Benturan dengan kecepatan tinggi dapat mengakibatkan fraktur pada dasar kepala, yang biasanya terjadi saat kecelakaan lalu lintas misalnya pada kecelakaan sepeda motor. Penyebab lainnya dari patah tulang dasar kepala adalah kecelakaan pada saat

olahraga, terjatuh yang biasanya terjadi pada anak-anak, penembakan, dan penyerangan.^{1,3} Patah tulang dasar kepala mengambil bagian sekitar 4% dari semua cedera kepala dan 7-16% dari semua cedera kepala tertutup.³

Patah tulang dasar kepala merupakan fraktur linier yang terjadi pada dasar tengkorak.³ Secara garis besar, fraktur dasar kepala terbagi atas tiga bagian yaitu anterior, medial, dan posterior.⁴ Manifestasi klinis yang dapat ditemukan ialah hematoma mastoid (*battle's sign*), hilang pendengaran, nyeri kepala, pneumosefalus, rinorea *cerebrospinal fluid* (CSF), otorea CSF, disfungsi nervus kranial, hilang penciuman, gangguan penglihatan, *raccoon's eyes*, dsb. Bagian dari dasar kepala yang terlibat menentukan manifestasi klinis maupun komplikasi yang ditemukan pada pasien.⁵

Terdapat beberapa komplikasi yang mengancam jiwa seperti cedera nervus kranial, cedera pembuluh darah intrakranial, kebocoran cairan serebrospinal, dan meningitis.^{3,5} Akan tetapi, diagnosis fraktur dasar kepala sering terlewatkan, terlebih pada saat evaluasi klinis di dalam instalasi gawat darurat (IGD) yang sibuk, sehingga terjadi keterlambatan atau tertundanya diagnosis dengan konsekuensi munculnya komplikasi yang mengancam jiwa.⁵

Dengan adanya karakteristik manifestasi klinis dari fraktur dasar kepala, pemeriksaan klinis secara menyeluruh, termasuk pencitraan yang tepat harus dilakukan untuk mendapatkan diagnosis yang sesuai.⁵ Pada umumnya, pemeriksaan baku emas untuk diagnosis patah tulang dasar kepala ialah *CT scan* potongan koronal-irisan tipis dengan resolusi tinggi.^{6,7} Namun pencitraan yang lebih baik diperlukan untuk mendeteksi fraktur pada dasar kepala yang tidak terlihat melalui pemeriksaan *CT scan*. Selain itu, pencitraan yang tepat juga dibutuhkan untuk mendeteksi bagian dari *basis cranii* yang terlibat. *Basis cranii* juga memiliki fitur yang unik, yaitu pelat tulang yang sangat tipis, sehingga disarankan penggunaan rekonstruksi tiga dimensi (CT 3D). Deteksi fraktur dapat dilihat dengan lebih cepat, mudah, dan lebih akurat melalui pemeriksaan dengan rekonstruksi tiga dimensi.⁷

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan suatu *literature review*. Berdasarkan hasil penelusuran di *ClinicalKey*, *Google Scholar*, dan *PubMed* dengan kata kunci *three-dimensional computed tomography* (CT 3D) and *skull base fractures*, didapatkan artikel sesuai kata kunci dan dilakukan skrining sesuai kriteria inklusi dan eksklusi.

HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelusuran dari beberapa database seperti *ClinicalKey*, *Google Scholar*, dan *PubMed*, didapatkan 15 literatur yang sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Tabel 1 menyajikan hasil *review* dari 15 literatur menurut penulis, judul, metode penelitian, dan ringkasan hasil penelitian (halaman 141-143).

BAHASAN

Di antara 15 jurnal yang di-*review* terdapat lima jurnal yang menyatakan bahwa CT 3D lebih unggul daripada CT 2D.^{9,10,13,17,22} Ringl et al⁹ mengemukakan bahwa waktu pembacaan dari CT 3D lebih cepat 4-5 kali daripada CT dua dimensi (CT 2D). Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan adanya peningkatan tingkat deteksi fraktur dengan menggunakan CT 3D dibandingkan CT 2D. Selain itu didapatkan bahwa pengalaman tenaga kesehatan khususnya dokter juga berpengaruh, dimana pada penelitian tersebut terdapat dua kelompok dokter yang mengevaluasi gambaran *CT Scan*. Kelompok pertama ialah dua residen yang belum berpengalaman dalam mengevaluasi CT kranial dan kelompok kedua ialah konsultan radiologi yang telah memiliki pengalaman dalam mengevaluasi CT kranial. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa dengan menggunakan CT 3D terdapat peningkatan tingkat deteksi fraktur baik yang dievaluasi oleh residen maupun konsultan. Penelitian tersebut juga mendapatkan bahwa sensitifitas dari CT 3D lebih tinggi dibandingkan CT 2D dimensi, akan tetapi untuk spesifisitas dari CT 2D lebih tinggi daripada CT 3D. Sensitifitas yang tinggi dari CT 3D dapat membantu dalam diagnosa fraktur dasar kepala sehingga dapat menentukan

lokasi atau bagian dari fraktur dengan lebih cepat lebih akurat. Selain itu hasil penelitian tersebut juga menyarankan untuk melakukan kombinasi CT 2D dan CT 3D untuk mendapatkan diagnosis yang lebih akurat.⁹

Penelitian yang dilakukan oleh Sim et al¹³ juga membuktikan bahwa tingkat deteksi fraktur dengan menggunakan CT 2D lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan CT 3D. Bahkan untuk tingkat deteksi fraktur dengan kombinasi *X-ray* dan CT 2D masih lebih rendah dibandingkan CT 3D sendiri. Pada penelitian tersebut didapatkan bahwa untuk deteksi fraktur kepala dengan menggunakan *X-ray* sebesar 31,8%, CT 2D 43,2%, kombinasi antara *X-ray* dan CT 2D 50%, dan CT 3D 97,7%. Hal yang sama juga dibuktikan oleh Parisi et al¹¹ di mana pencitraan CT 2D dapat melewati diagnosis fraktur sedangkan CT 3D dapat mendeteksi fraktur yang tidak terlihat sebelumnya. Terdapat tiga pasien mengalami cedera karena pada pencitraan awal dengan menggunakan CT 2D tidak terdeteksi adanya fraktur. Hal tersebut juga menunjukkan CT 3D berperan penting dalam mencegah adanya keterlambatan diagnosis dari patah tulang dasar kepala.

Pada laporan kasus yang dikemukakan oleh Chen et al,¹⁰ diagnosis fraktur dasar kepala pada salah satu pasien terlewatkan karena pada hasil gambaran CT 2D sebelumnya normal dan pada hasil CT 3D didapatkan adanya defek tulang pada dinding posterior dari sinus frontal. Hal tersebut juga membuktikan bahwa CT 3D dapat mencegah adanya *delayed diagnosis* dari fraktur dasar kepala. Hal yang sejalan juga dikemukakan pada laporan kasus Teng et al¹⁷ yaitu pada pasien dengan epistaksis dan pensil tertancap di lubang hidung kiri, CT scan aksial, koronal dan sagital hanya dapat memperlihatkan gambaran dari lokasi benda asing. Dengan menggunakan rekonstruksi 3D tingkat cedera dapat terdeteksi dengan akurat yaitu terjadinya fraktur pada bagian dasar kepala, tepatnya pada *lamina cribrosa* kanan sehingga dapat direncanakan pendekatan operatif yang tepat.

Dari 15 jurnal yang di-*review* terdapat satu jurnal yang membahas mengenai man-

faat pre-operatif dari CT 3D.¹² Pada penelitian yang dilakukan oleh Inal et al¹² dibuktikan bahwa gambaran anatomi yang kompleks atau tidak beraturan dari dasar kepala dapat terlihat lebih jelas pada CT 3D dibandingkan dengan CT 2D. Pada penelitian tersebut dilakukan pencitraan dengan menggunakan CT 2D dengan potongan aksial dan sagital serta rekonstruksi tiga dimensi untuk melihat keberadaan kanal *clivus* dan juga foramen *clivus*. Bagian *clivus* dilewati oleh pembuluh darah yang menghubungkan pleksus basilar dengan pleksus vena dari kanal vertebral dan juga sinus petrosal inferior sehingga dibutuhkan pencitraan yang baik sebelum melakukan intervensi operatif pada area tersebut.

Pada beberapa laporan kasus yang di-*review*, dapat dilihat bahwa CT 3D sangat membantu dalam diagnosis patah tulang dasar kepala. Pada laporan kasus Bächli et al⁸ salah satu pasien dengan fraktur kraniofasial didapatkan adanya fraktur pada midfasial dan komponen frontobasis. Terdapat dua pasien laki-laki usia 28 dan 30 tahun dengan kelemahan nervus fasial kanan akibat patah tulang dasar kepala dilaporkan oleh Prasetyo et al.¹⁹ Pada pencitraan 3D didapatkan adanya fraktur longitudinal di tulang petrosal kanan, dan fraktur longitudinal serta transversal pada kasus kedua.

Pemeriksaan CT scan konvensional (CT 2D) dapat memberikan gambaran yang lebih baik dan akurat apabila digabungkan dengan rekonstruksi tiga dimensi (CT 3D). Pada laporan kasus Zhao et al,¹⁴ seorang pasien perempuan berusia 30 tahun dengan gejala eksoftalmus dan kebocoran CSF traumatik dan adanya riwayat trauma kompleks di diagnosis dengan meningoensefalokel intra-orbital bilateral dan fraktur multipel pada kraniofasial, dasar kepala, dan orbital. Pencitraan dengan kedua CT baik 2D maupun 3D dapat memberikan gambaran fraktur pada dasar kepala bagian anterior. Hal tersebut juga dikemukakan pada laporan kasus oleh Jelodar et al¹⁶ yaitu seorang pasien laki-laki berusia 20 tahun dengan keluhan nyeri kepala berat akibat trauma langsung pada oksipital kiri. Pada kasus ini ditemukan laserasi superfisial pada

kepala di bagian oksipital kiri, tidak disertai rinorea maupun *otorrhagia*, dan kemudian dilakukan pencitraan CT 2D dan 3D. Pada CT 2D didapatkan adanya fraktur pada bagian *clivus* dan pada CT 3D fraktur pada *clivus* dapat dilihat dengan jelas. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mokolane et al,¹⁸ sebanyak 210 pasien dilakukan evaluasi dengan *CT scan*, dan pada beberapa kasus digunakan CT 3D. Ditemukan sebanyak 12 pasien tanpa gejala dengan fraktur pada fossa cranii media. Pada 12 pasien tersebut, dengan menggunakan CT 2D aksial dan CT 3D ditemukan adanya fraktur tulang temporal petrosus yang kompleks dengan kombinasi fraktur tulang temporal skuamosa yang kominutif. Selain itu, pada laporan kasus Zerbo et al²⁰ yaitu seorang pasien dengan riwayat kecelakaan sepeda motor. Setelah dilakukan pencitraan dengan *CT scan* aksial dan CT 3D ditemukan adanya fraktur pada mastoid dan dasar kepala, tepatnya pada bagian kanan dari dasar kepala dan memanjang hingga ke tulang parietal kiri. Pada laporan kasus Dodd et al,²¹ pada salah satu pasien laki-laki 12 tahun dengan riwayat kecelakaan mobil, didapatkan melalui *CT scan* dan CT 3D adanya fraktur kompleks frontotemporal, wajah, dan dasar kepala kanan.

Terdapat beberapa metode rendering yang sering digunakan dalam rekonstruksi tiga dimensi, di antaranya adalah *shaded surface display* (SSD), *maximum intensity projection volume* (MIP), *video rendering* (VR), dan yang terbaru adalah *cinematic rendering* (CR). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ringl et al⁷ didapatkan bahwa metode rendering MIP lebih unggul dibandingkan VR. Selain itu metode MIP dapat mendeteksi sekitar 18% fraktur yang tidak terlihat pada metode lainnya. Terdapat metode visualisasi tiga dimensi terbaru yang digunakan dalam penelitian Rowe et al¹⁵ yaitu *cinematic rendering* (CR). Metode ini dapat menghasilkan gambaran yang lebih detail karena menggunakan model pencahayaan kompleks, sehingga dapat menciptakan efek bayangan realistis yang dapat membantu dalam memahami hubungan relatif anatomi yang kompleks, seperti

anatomi dasar kepala.

Telah diketahui bahwa dasar kepala memiliki pelat tulang yang sangat tipis dan struktur anatomi yang tidak beraturan sehingga diperlukan pencitraan CT 3D baik tunggal maupun dikombinasikan dengan CT 2D agar dapat mendeteksi fraktur secara lebih cepat dan akurat. Bahkan dengan CT 3D saja, fraktur yang terlewatkan oleh CT 2D masih dapat dideteksi. Selain itu gambaran CT 3D juga lebih mudah dievaluasi oleh tenaga medis, khususnya para dokter.

SIMPULAN

CT 3D dapat digunakan sebagai salah satu modalitas pencitraan trauma kepala khususnya patah tulang dasar kepala untuk mendapatkan diagnosis yang tepat dan akurat.

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan CT 3D sebagai salah satu modalitas pencitraan trauma kepala khususnya patah tulang dasar kepala. Selain itu, disarankan bagi fasilitas kesehatan khususnya yang telah memiliki alat *CT scan*, untuk menjadikan CT 3D sebagai salah satu modalitas pencitraan pada pasien dengan trauma kepala dan maksilofasial.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Prasetyo E. The primary, secondary, and tertiary brain injury. *Crit Care Shock*. 2020; 23(1):4-13.
2. Vella MA, Crandall M, Patel MB, Surgery AC, Sciences S, Care SC, et al. Acute management of TBI. *Surg Clin North Am*. 2017;97(5):1015-30.
3. Clifton W, Nottmeier E. Management of Skull Base Trauma (7th ed) [Internet]. Schmidek and Sweet: Operative Neurosurgical Techniques 2-Volume Set. Elsevier Inc.; 2021. p. 1445-57.e3.
4. Yamamoto AK, Adams A. 54 - Imaging of Head Trauma (7th ed) [Internet]. Vol. 1387. Grainger & Allison's Diagnostic Radiology, 2 Volume Set. Elsevier Ltd; 2021. p. 1387-1410.
5. Narasinga RKL, Said P-Z, Moscote-Salazar L,

- Satyarthee G, Kumar Va, Pal R, et al. Skull-base fractures: Pearls of etiopathology, approaches, management, and outcome. *Apollo Med*. 2019; 16(2):93.
6. Feldman JS, Farnoosh S, Kellman RM, Tatum SA. Skull base trauma: clinical considerations in evaluation and diagnosis and review of management techniques and surgical approaches. *Semin Plast Surg*. 2017;31(4):177-88.
 7. Ringl H, Schernthaner R, Philipp MO, Metz-Schimmerl S, Czerny C, Weber M, et al. Three-dimensional fracture visualisation of multidetector CT of the skull base in trauma patients: comparison of three reconstruction algorithms. *Eur Radiol*. 2009;19(10):2416-24.
 8. Bächli H, Leiggenger C, Gawelin P, Audigé L, Enblad P, Zeilhofer HF, et al. Skull base and maxillofacial fractures: Two centre study with correlation of clinical findings with a comprehensive craniofacial classification system. *J Cranio-Maxillofacial Surg*. 2009;37(6):305-11.
 9. Ringl H, Schernthaner RE, Schueller G, Balassy C, Kienzl D, Botosaneanu A, et al. The skull unfolded: A cranial CT visualization algorithm for fast and easy detection of skull fractures. *Radiology*. 2010; 255(2):553-62.
 10. Chen XL, Jiang L. Recurrent bacterial meningitis caused by an occult basilar skull fracture. *World J Pediatr*. 2011; 7(2):179-81.
 11. Parisi MT, Wiester RT, Done SL, Sugar NF, Feldman KW. Three-dimensional computed tomography skull reconstructions as an aid to child abuse evaluations. *Pediatr Emerg Care*. 2015;31(11):779-86.
 12. Inal M, Muluk NB, Ozveren MF, Celebi UO, Simsek G, Burulday V, et al. The presence of clival foramen through multidetector computed tomography of the skull base. *J Craniofac Surg*. 2015; 26(7):e580-2.
 13. Sim SY, Kim HG, Yoon SH, Choi JW, Cho SM, Choi MS. Reappraisal of pediatric diastatic skull fractures in the 3-dimensional CT era: clinical characteristics and comparison of diagnostic accuracy of simple skull X-ray, 2-Dimensional CT, and 3-Dimensional CT. *World Neurosurg*. 2017;108:399-406.
 14. Zhao D, Tao S, Zhang D, Qin M, Bao Y, Wu A. "Five-layer gasket seal" watertight closure for reconstruction of the skull base in complex bilateral traumatic intraorbital meningoencephaloceles: a case report and literature review. *Brain Inj [Internet]*. 2018;32(6):804-7.
 15. Rowe ASP, Zinreich SJ, Fishman EK. 3D cinematic render calvarium. *Maxillofac Struct Skull Base Prelim Obs*. 2018;1:3-25.
 16. Jelodar S, Pourrashidi A, Amirjamshidi A. Uncomplicated wide oblique clivus fracture, the first case to be included in the list of classification; report of the case and review of literature. *Bull Emerg Trauma*. 2019;7(4):416-9.
 17. Teng TS, Ishak NL, Subha ST, Bakar SA. Traumatic transnasal penetrating injury with cerebral spinal fluid leak. *EXCLI J*. 2019;18:223-8.
 18. Mokolane NS, Minne C, Dehnavi A. Prevalence and pattern of basal skull fracture in head injury patients in an academic hospital. *South African J Radiol*. 2019; 23(1):1-7.
 19. Prasetyo E, Oley MC, Faruk M. Split hypoglossal facial anastomosis for facial nerve palsy due to skull base fractures: a case report. *Ann Med Surg*. 2020; 59(August):5-9.
 20. Zerbo S, Bilotta C, Perrone G, Malta G, Re G Lo, Terranova MC, et al. Preventable fatal injury during rally race: a multidisciplinary approach. *Int J Legal Med*. 2021;135(3):893-901.
 21. Dodd C, Halliday K, Somers J. Paediatric trauma: experience from the UK's busiest trauma centre. *Clin Radiol*. 2021; 76(8): 559-70.

Tabel 1. Hasil pencarian literatur

No	Penulis	Judul Literatur	Metode	Ringkasan Hasil Penelitian dan Laporan Kasus
1	Bächli et al, 2009 ⁸	<i>Skull base and maxillofacial fractures: Two centre study with correlation of clinical findings with a comprehensive craniofacial classification system</i>	<i>Retrospective analysis</i>	Dilakukan evaluasi radiologi CT 2D dan 3D pada 70 pasien fraktur kraniofasial dengan gejala klinis periorbital haematoma, pneumosefalus dan rinorea. Tujuan penelitian adalah untuk melihat hubungan keparahan fraktur dengan gejala yang ditemui, tatalaksana (operatif dan non operatif). Pada hasil CT 3D salah satu kasus ditemukan adanya fraktur pada dasar kepala yang melibatkan midfasial dan komponen frontobasis
2	Ringl et al, 2009 ⁷	<i>Three-dimensional fracture visualisation of multidetector CT of the skull base in trauma patients: comparison of three reconstruction algorithms</i>	<i>Retrospective study</i>	Rekonstruksi CT 3D dengan algoritma MIP lebih unggul dibandingkan SVR maupun TVR, dan penggunaan rekonstruksi rotating MIP direkomendasikan bersamaan dengan HR-MPRs (CT 2D). Tingkat deteksi fraktur SVR 19%, TVR 36%, MIP 61%, dan HR-MPRs 64%. Akan tetapi rekonstruksi MIP dapat mendeteksi 18% dari fraktur yang tidak terlihat saat menggunakan HR-MPRs/ CT 2D.
3	Ringl et al, 2010 ⁹	<i>The skull unfolded: a cranial CT visualization algorithm for fast and easy detection of skull fractures</i>	<i>Retrospective study</i>	Penggunaan rekonstruksi 3D dengan metode <i>curved</i> MIPs memiliki tingkat deteksi fraktur lebih tinggi <i>transverse sections</i> (CT 2D). Kasus tersebut dievaluasi oleh 4 radiologis (2 residen yang belum memiliki pengalaman dalam mengevaluasi CT kranial, dan 2 konsultan dengan pengalaman evaluasi CT kranial masing-masing 8 dan 10 tahun. Dengan menggunakan <i>transverse sections</i> tingkat deteksi fraktur yang dievaluasi oleh kedua residen ialah 43%, sedangkan oleh kedua konsultan ialah 70%. Dengan menggunakan <i>curved</i> MIP tingkat deteksi fraktur yang dievaluasi oleh residen ialah 80%, dan oleh konsultan ialah 87%.
4	Chen et al, 2011 ¹⁰	<i>Recurrent bacterial meningitis caused by an occult basilar skull fracture</i>	<i>Case report</i>	Penggunaan CT 2D menghasilkan diagnosa terlambat pada pasien anak 9 tahun dengan riwayat trauma kepala akibat kecelakaan sepeda motor. Dilakukan pemeriksaan radiologi berupa CT 3D dan ditemukan adanya defek tulang pada dinding posterior dari sinus frontal tepatnya pada os ethmoid.
5	Parisi et al, 2015 ¹¹	<i>Three-dimensional computed tomography skull reconstructions as an aid to child abuse evaluations</i>	<i>Retrospective study</i>	Dilakukan rekonstruksi 3D kepala pada 12 anak suspek penyiksaan khususnya dengan riwayat trauma kepala. Penelitian dilakukan untuk melihat peran CT 3D dalam evaluasi pencitraan. Didapatkan sebanyak 7 kasus fraktur kepala yang terlewat saat evaluasi pencitraan hanya dengan menggunakan CT scan (CT 2D). Setelah dilakukan rekonstruksi 3D fraktur yang terlewat dapat diidentifikasi

6	Inal et al, 2015 ¹²	<i>The presence of clival foramen through multi-detector computed tomography of the skull base</i>	<i>Retrospective study</i>	Pada gambaran 3D, ditemukan bahwa kanal dan foramen clivus terlihat lebih jelas dibandingkan hasil dari <i>Multidetector Computed Tomography</i> (MDCT).
7	Sim et al, 2017 ¹³	<i>Reappraisal of pediatric diastatic skull fractures in the 3-dimensional CT era: clinical characteristics and comparison of diagnostic accuracy of simple skull X-Ray, 2-Dimensional CT, and 3-Dimensional CT</i>	<i>Retrospective study</i>	Dilakukan evaluasi pencitraan berupa x-ray, CT 2D, dan CT 3D pada 292 anak <12 tahun dengan riwayat trauma kepala. Tujuan penelitian adalah untuk mendokumentasikan karakteristik klinis dari fraktur diastatis kepala pada anak, dan menentukan apakah CT 3D dapat meningkatkan akurasi diagnostik. Hasil tingkat deteksi: X-ray (31,8%), CT 2D (43,2%), X-ray & CT 2D (50%), dan CT 3D (97,7%).
8	Zhao et al, 2018 ¹⁴	<i>“Five-layer gasket seal” watertight closure for reconstruction of the skull base in complex bilateral traumatic intraorbital meningoencephalocel es: a case report and literature review</i>	<i>Case report dan literature review</i>	Pasien laki-laki 30 tahun dengan riwayat trauma kompleks, dengan gejala eksoftalmus dan rinorea CSF traumatik. Dilakukan pemeriksaan CT kepala, CT 3D dasar kepala, dan MRI. Hasil pemeriksaan CT 3D dasar kepala didapatkan beberapa fraktur pada kranio-maksilo-fasial, basal, dan orbital.
9	Rowe et al, 2018 ¹⁵	<i>3D cinematic rendering of the calvarium, maxillofacial structures, and skull base: preliminary observations</i>	<i>Pictorial review</i>	Ditampilkan metode visualisasi 3D terbaru, yaitu <i>cinematic rendering</i> (CR) pada calvaria (atap tulang tengkorak), maksilofasial dan dasar kepala, yang diharapkan dapat membantu dalam evaluasi pasien dan perencanaan perawatan. Pada salah satu kasus didapatkan gambaran tiga dimensi yang sangat jelas dan detail dari dasar kepala. Gambaran detail tersebut dapat terlihat karena model pencahayaan kompleks yang digunakan dalam <i>cinematic rendering</i> (CR) menciptakan efek bayangan realistis yang dapat membantu dalam memahami hubungan relatif anatomi, bahkan di daerah dengan anatomi yang sangat kompleks, seperti pada dasar kepala.
10	Jelodar et al, 2019 ¹⁶	<i>Uncomplicated wide oblique clivus fracture, the first case to be included in the list</i>	<i>Case report</i>	Pasien laki-laki 20 tahun dengan nyeri kepala berat setelah terjadi trauma langsung pada oksipital kiri. Ditemukan laserasi superfisial pada kepala di oksipital kiri, tidak ada rinorea maupun otorrhagia. Dilakukan pemeriksaan radiologi berupa CT scan dan CT 3D. Pada

		<i>of classification; report of the case and review of literature</i>		rekonstruksi 3D regio dasar kepala ditemukan garis fraktur pada bagian clivus.
11	Teng et al, 2019 ¹⁷	<i>Traumatic transnasal penetrating injury with cerebral spinal fluid leak</i>	<i>Case report</i>	Pasien laki-laki 5 tahun dengan gejala epistaksis dan terdapat benda asing (pensil) yang tertancap di lubang hidung kiri. Hemodinamik pasien stabil tanpa defisit neurologis. Setelah dilakukan pengangkatan benda asing ditemukan cairan bening dari dasar tengkorak yang mengindikasikan adanya kebocoran <i>cerebrospinal fluid</i> (CSF). Dengan pemeriksaan CT 3D dasar kepala dan sinus paranasal ditemukan fraktur pada lamina cribrosa kanan.
12	Mokolane et al, 2019 ¹⁸	<i>Prevalence and pattern of basal skull fracture in head injury patients in an academic hospital</i>	<i>Cross sectional prospective dan observational study</i>	Sebanyak 210 pasien dilakukan evaluasi CT scan. Ditemukan sebanyak 12 pasien tanpa gejala dengan fraktur pada fossa cranii media. Di antaranya ditemukan fraktur tulang temporal petrosus yang kompleks dengan kombinasi fraktur tulang temporal skuamosa yang kominutif pada gambaran CT 3D.
13	Prasetyo et al, 2020 ¹⁹	<i>Split hypoglossal facial anastomosis for facial nerve palsy due to skull base fractures: A case report</i>	<i>Case report</i>	Dua pasien dengan kelumpuhan nervus fasial kanan yang terjadi akibat patah tulang dasar kepala. Dilakukan evaluasi radiologi CT 3D, didapatkan dalam kasus pertama fraktur longitudinal pada tulang petrosal kanan, sedangkan pada kasus kedua ditemukan fraktur longitudinal dan transversal.
14	Zerbo et al, 2021 ²⁰	<i>Preventable fatal injury during rally race: a multidisciplinary approach</i>	<i>Case report</i>	Dilakukan evaluasi <i>Postmortem Computed Tomography</i> (PMCT) pada kasus kecelakaan sepeda motor. Pada gambaran CT 3D salah satu kasus ditemukan adanya fraktur pada mastoid dan dasar kepala, khususnya pada bagian kanan dari dasar kepala dan memanjang hingga ke os parietal kiri.
15	Dodd et al, 2021 ²¹	<i>Paediatric trauma: experience from the UK's busiest trauma centre</i>	<i>Pictorial review</i>	Salah satu kasus pasien laki-laki 12 tahun dengan riwayat kecelakaan mobil. Terdapat bukti cedera kepala dan pada gambaran CT 3D didapatkan fraktur kompleks frontotemporal, wajah, dan dasar kepala kanan.