



## Metode Fotogrametri: Efektivitasnya terhadap Identifikasi Antropologi Forensik secara Virtual

Rizka Leonita Wibowo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Ilmu Forensik, Sekolah Pascasarjana, Universitas Airlangga Kampus B, Jl. Airlangga No. 4-6, Surabaya, 60286, Indonesia

\*Corresponding author e-mail: [rizka.leonita.wibowo-2022@pasca.unair.ac.id](mailto:rizka.leonita.wibowo-2022@pasca.unair.ac.id)

### Article History:

Received: 28-06-2023

Accepted: 31-10-2023

Published: 30-12-2023



**Copyright:** This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

### Abstrak

Perkembangan teknologi yang pesat mengakibatkan berkembang pula cara untuk mengidentifikasi penemuan kerangka. Cara alternatif untuk melakukan identifikasi kerangka adalah identifikasi secara virtual yang dapat dilakukan dengan metode fotogrametri. Fotogrametri adalah teknik survei yang memungkinkan untuk membangun model tiga dimensi (3D) dari output digital dua dimensi (2D). Fotogrametri memiliki keunggulan dimana biaya peralatan yang murah, waktu identifikasi yang singkat, dan hasil model 3D yang akurat. Penelitian menunjukkan bahwa fotogrametri adalah alat yang reliabel, mutakhir, dan presisi digunakan untuk identifikasi kerangka secara virtual dengan hasil yang kualitasnya tinggi. Tingkat kesalahan dari metode fotogrametri sangat kecil (berkisar 1-1,5 mm) sehingga dapat merepresentasikan ukuran dan bentuk kerangka yang asli. Sehingga dapat disimpulkan bahwa fotogrametri efektif untuk identifikasi antropologi forensik secara virtual.

### Kata kunci:

Antropometri; Antropologi virtual; Fotogrametri; Model 3D; Rekonstruksi; Sisa-sisa Kerangka

### Abstract

The rapid development of technology, skeletal remains has developed as well. An alternative way to identify skeletal remain is through virtual identification, which can be done using the photogrammetric method. Photogrammetry is a survey technique that allows for the building of three-dimensional (3D) models from digitized output data. Photogrammetry has the advantages of low equipment costs, short identification time, and accurate 3D model results. Research shows that photogrammetry is a reliable, advanced, and a precision tool used for virtual identification of skeletal remains with high-quality results. The error rate of the photogrammetric method is very small range between 1–1.5 mm, so it can accurately represent the size and shape of the original frame. It can be concluded that photogrammetry is effective for virtual identification in forensic anthropology.

### Keywords:

3D Model; Anthropometry; Photogrammetry; Reconstruction; Skeletal Remains; Virtual Anthropology

## 1. PENDAHULUAN

Peran dari antropolog forensik sangatlah penting, terutama untuk menentukan identitas kerangka dari korban

yang tidak dikenal. Tulang memberikan petunjuk bagi antropolog forensik melalui informasi morfologi dan pengukuran osteometrik yang dapat digunakan untuk

mengetahui profil biologis korban, termasuk ras, jenis kelamin, usia, dan postur tubuh. Lazimnya identifikasi kerangka manusia dilakukan secara manual dengan pengukuran langsung pada sampel yang seringkali menimbulkan risiko rusaknya jenazah [1]. Selain itu, identifikasi kerangka secara manual memiliki sejumlah kekurangan yang lainnya seperti memakan waktu yang cukup lama, kerumitan yang tinggi, dan biaya alat antropologis yang sangat mahal [2]. Selain karena kekurangan dari identifikasi kerangka secara manual, ditambah dengan beberapa kendala yang dialami misalnya hilangnya bagian-bagian tertentu dari satu kesatuan kerangka, membuat proses antropometrik dan identifikasi antropologi terhambat [3].

Teknologi yang saat ini berkembang dengan pesat, salah satunya adalah teknologi digital yang dapat melengkapi proses identifikasi, bahkan saat ini seringkali menggantikan identifikasi antropologi manual. Teknologi digital tersebut dapat disebut juga dengan identifikasi antropologi virtual. Identifikasi antropologi secara virtual yang berkembang, lazimnya menggunakan teknik pencitraan seperti CT scan, laser scanning, structured light scanning (SLS), dan photogrammetry 3D [4]. Dengan identifikasi antropologi virtual yang memanfaatkan teknik pencitraan, sampel dapat didigitalisasi, diperoleh dengan cepat, dapat diputar, diperbesar, dan diarsipkan untuk evaluasi

nanti. Keuntungan lainnya, metode ini tidak invasif dan ini sangat berharga ketika sisasisanya rapuh karena dapat dipelajari tanpa merusak sampel asli [5].

Rekonstruksi dan restorasi fragmen dari kerangka merupakan salah satu pemanfaatan utama antropologi forensik virtual. Proses ini dapat dicapai dengan menggunakan teknik yang mencakup perakitan fragmen dengan bantuan komputer, penggantian struktur tulang secara virtual dari spesimen lengkap, dan rekonstruksi virtual. Dari model 3D yang direkonstruksi, analisis kuantitatif meliputi metode antropometrik dapat digunakan untuk menilai anatomi tulang, dan untuk membandingkan morfologi individu satu dengan individu yang lain, populasi dan ras. Antropologi forensik virtual telah berhasil diterapkan untuk menilai cedera tulang dan trauma, serta untuk memperkirakan parameter untuk profil biologis seperti jenis kelamin dan usia kematian [6].

Metode fotogrametri pada saat ini berkembang sebagai metode yang terjangkau, memiliki potensi tinggi, serbaguna untuk pengambilan data permukaan sampel, yang mampu menjamin tingkat kedetailan dan presisi setara dengan alat lain yang umumnya lebih mahal dan lebih besar seperti pemindai laser atau CT Scan. Penggunaannya saat ini sangat luas, misalnya pada bidang Biological Anthropology, dikarenakan meningkatnya permintaan salinan tiga dimensi dari model

anatomi. Didukung dengan tersedianya program dan komputer pribadi berkinerja tinggi serta kamera digital yang dapat menghasilkan model beresolusi tinggi, sehingga metode fotogrametri sangat berguna bagi antropologi secara luas [7,8,9,10,13].

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan, artikel ini ditulis dengan tujuan membahas identifikasi antropologi forensik virtual menggunakan metode fotogrametri agar dapat memberi gambaran metode alternatif untuk antropolog forensik dalam mengidentifikasi individu baik yang ditemukan secara utuh ataupun yang sudah mengalami fragmentasi.

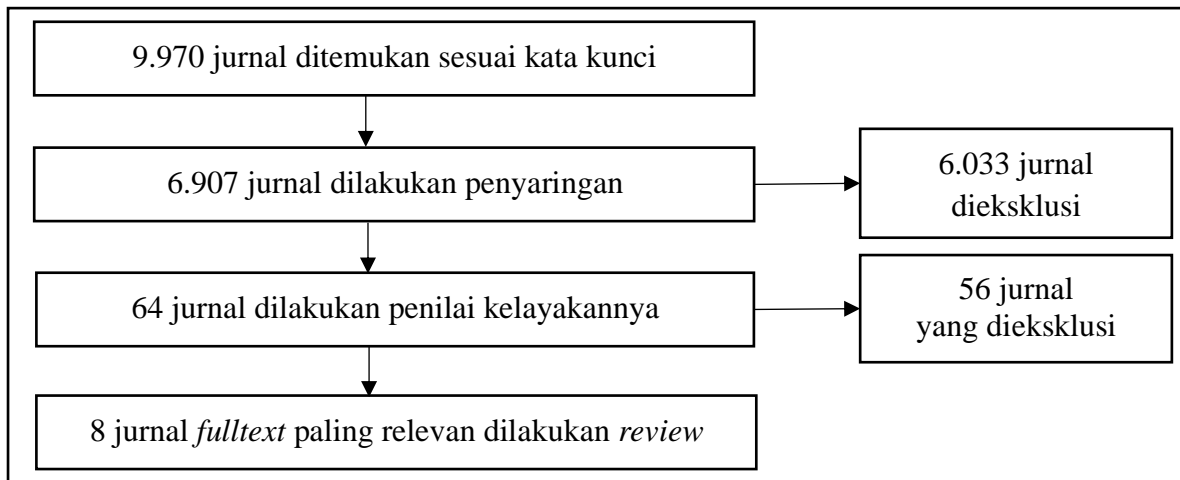
## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah kajian literatur (*literature review*) yang dilakukan dengan mengumpulkan, mengevaluasi, meninjau dan juga menganalisis secara kritis pengetahuan, gagasan, dan temuan yang tertulis pada literatur terkait yang nantinya akan menghasilkan kesimpulan berdasarkan hasil analisis literatur.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah literatur berupa artikel ilmiah atau

jurnal penelitian yang telah dipublikasi berkaitan dengan penggunaan fotogrametri pada identifikasi antropologi forensik secara virtual. Penelusuran literatur ilmiah dilakukan dengan pencarian pada *Google Scholar* dengan beberapa kata kunci yang terkait dan sesuai. Kata kunci yang digunakan adalah “*anthropology identification*” “*anthropology virtual*”, “*photogrammetry*”, dan “*forensic*” dengan kriteria diterbitkan pada rentang tahun 2013-2023, tersedia dalam *full-text*, dengan tema jurnal mengenai identifikasi antropologi virtual dengan fotogrametri. Guna memudahkan penyaringan terhadap kriteria inklusi, digunakan fitur *custom range*, dan *sort by relevance* pada mesin pencarian.

Analisis literatur dilakukan secara mendalam dengan membaca abstrak dan *full-text* jurnal secara cermat, lalu dibuat ringkasan yang berguna untuk analisis sesuai dengan tujuan penelitian. Setelah semua data telah terkumpul, dilakukan analisis persamaan dan perbedaannya, kekurangan dan kelebihan, kemudian dibahas secara mendalam untuk menarik kesimpulan penelitian.



**Gambar 1.** Diagram alur *review* jurnal

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fotogrametri adalah metode akuisisi 3D di mana gambar suatu objek diambil dari berbagai sudut dan kemudian digunakan untuk merekonstruksi model 3D [10]. Fotogrametri juga dapat diartikan sebagai metode pembacaan beberapa titik yang didapat dari beberapa foto 2 dimensi untuk dijadikan rekonstruksi 3 dimensi [11]. Peran penting dari aplikasi fotogrametri di beberapa bidang forensik antara lain dokumentasi dan pengukuran cedera, merekam TKP, memeriksa pola luka pada kulit, jaringan lunak dan tulang, dan perbandingan cedera dengan instrumen penyebab cedera, dan rekonstruksi kecelakaan lalu lintas [12]. Namun, penerapan fotogrametri dalam konteks antropologi forensik masih belum dibahas secara luas [13].

#### 3.1 Alat fotogrametri

Alat fotogrametri yang digunakan sangat beragam, mulai dari kamera *DSLR*

(*Digital Single Lens Reflex*) maupun *Handphone*. Kamera yang digunakan adalah Nikon D3300 [5], Samsung Galaxy S8 [7], Nikon D7000 [8], Nikon D5000 [9], Nikon D810 Reflex Pro [14], dan Nikon Coolpix [15]. Diantara kamera tersebut resolusi paling kecil sebesar 12 MP, dan paling besar 35 MP. Selain kamera, alat lain digunakan adalah meja putar, penggaris, tripod, *photobox*, dan lampu sorot. Terdapat juga *software* yang digunakan untuk memproses gambar sampel untuk rekonstruksi 3D seperti 3DF Zephyr [14], Agisoft-Metashape [5,7,9,15], Amira [5], dan MeshLab [8].

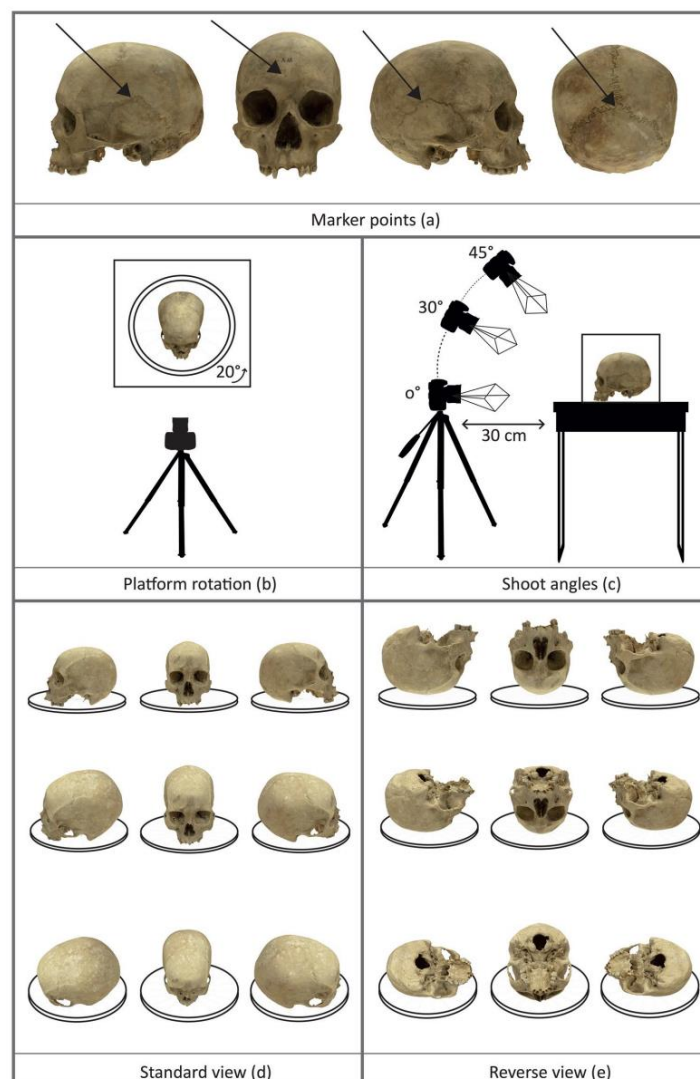
#### 3.2 Protokol pengambilan sampel pada metode fotogrametri

Secara keseluruhan pengambilan gambar dari sampel baik krania, mandibula, maupun gigi diambil dengan cara sampel diletakkan di meja putar, kamera disetting dengan diletakkan pada tripod agar posisi kamera tetap stabil dan tidak berubah, nantinya sampel yang berada di meja putar

di foto dari berbagai sisi, kemudian diputar dengan berbagai sudut dari sudut spesifik  $10^\circ$  [5],  $15^\circ$  [14],  $20^\circ$  [15], maupun berbagai sudut tidak spesifik [8]. Selain diputar dengan berbagai sudut, terdapat penelitian yang menggunakan 4 *marker point* pada sampel krania yang terletak pada bagian frontal, oksipital, dan temporal kiri-kanan, namun perlu diketahui bahwa tidak semua sampel bisa menggunakan *marker point* karena sifat sampel yang rapuh, atau karena warnanya yang sangat gelap. Namun sebagai alternatif *marker point* dapat

menggunakan fitur yang sudah ada pada kerangka [15].

Gambar 2 adalah ilustrasi *marker point* pada sampel krania yang akan didokumentasi, set alat metode fotogrametri, bagaimana sampel fotogrametri diambil, dan juga hasil pengambilan gambar dari sampel krania menggunakan metode fotogrametri dari sudut pandang standar dan sudut pandang terbalik.



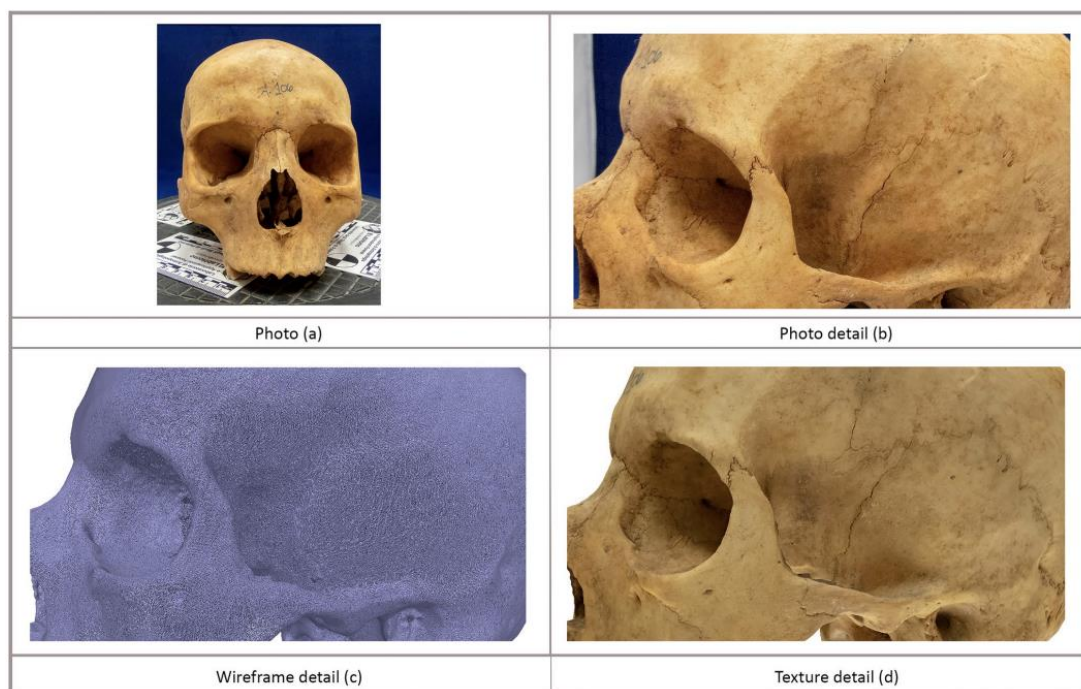
**Gambar 2.** Set Alat Fotogrametri  
 Sumber: Lauria *et al.*, 2022

Proses pengambilan gambar sampel dengan fotogrametri dilaksanakan dalam waktu yang relatif cepat yaitu sekitar 10-60 menit, namun untuk proses membuat model 3D dengan bantuan *software*, akan memakan waktu sekitar 2-10 jam sesuai dengan kerumitan spesimen dan juga bergantung dari spesifikasi komputer yang digunakan [5].

### 3.3 Efektivitas metode fotogrametri

Metode fotogrametri dapat digunakan sebagai alat identifikasi virtual untuk berbagai macam bagian kerangka,

mulai dari kranium [2,5,7,9,15], tulang panggul [8], bahkan gigi [14] yang mana memiliki ukuran relatif kecil dapat diidentifikasi secara virtual melalui fotogrametri. Representasi aktual dan keakuratan model 3D sangat berhubungan erat dengan kualitas awal dari foto sampel yang diambil. Hasil foto sampel kemudian diolah menggunakan bantuan *software* dan menghasilkan model 3D dengan detil tekstur yang baik [15]. Contohnya terdapat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil Pengolahan Fotogrametri dan Detil Tekstur Model 3D

Sumber: Lauria *et al.*, 2022

Pemanfaatan fotogrametri untuk rekonstruksi virtual fragmen tengkorak seperti yang digunakan oleh Oriola *et al.*,

(2022), yang merekonstruksi 5 fragmen tengkorak korban perang saudara Spanyol,

mampu untuk merekonstruksi 4 dari 5 individu.

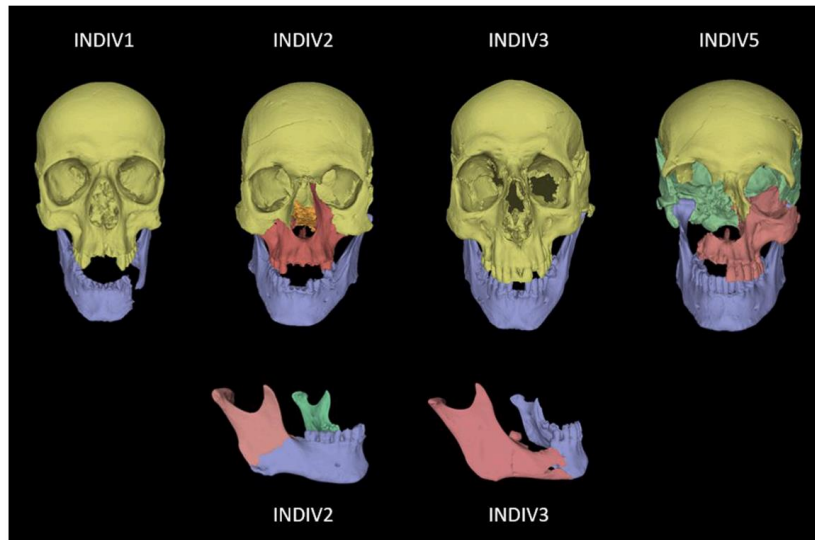
Satu individu tidak berhasil direkonstruksi, dikarenakan terjadi deformasi dan pengeroposan pada kranial. Terlepas dari ketidaklengkapan fragmen tengkorak, restorasi wajah berhasil dilakukan secara virtual dengan proses pencerminan bagian fragmen yang ditemukan. Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 adalah hasil fotogrametri, perakitan fragmen serta hasil restorasi wajah secara virtual dengan proses pencerminan [5].

Hasil rekonstruksi tengkorak secara virtual dengan metode fotogrametri terbukti andal sebagai instrument pembuatan profil morfologis bahkan dengan tingkat kesalahan dibawah 1,5 mm dan menunjukkan bahwa model 3D yang dihasilkan oleh fotogrametri mencerminkan kesesuaian ukuran dan bentuk tulang yang asli. Hasil model 3D fotogrametri juga berhasil digunakan untuk menentukan ras dari sampel tengkorak [5]. Teknik fotogrametri juga akurat untuk mengidentifikasi gigi yang memiliki ukuran kecil secara virtual dan penggunaan alat fotogrametri dapat dijadikan alternatif dari pemindaian Sinar – X [14]. Teknik

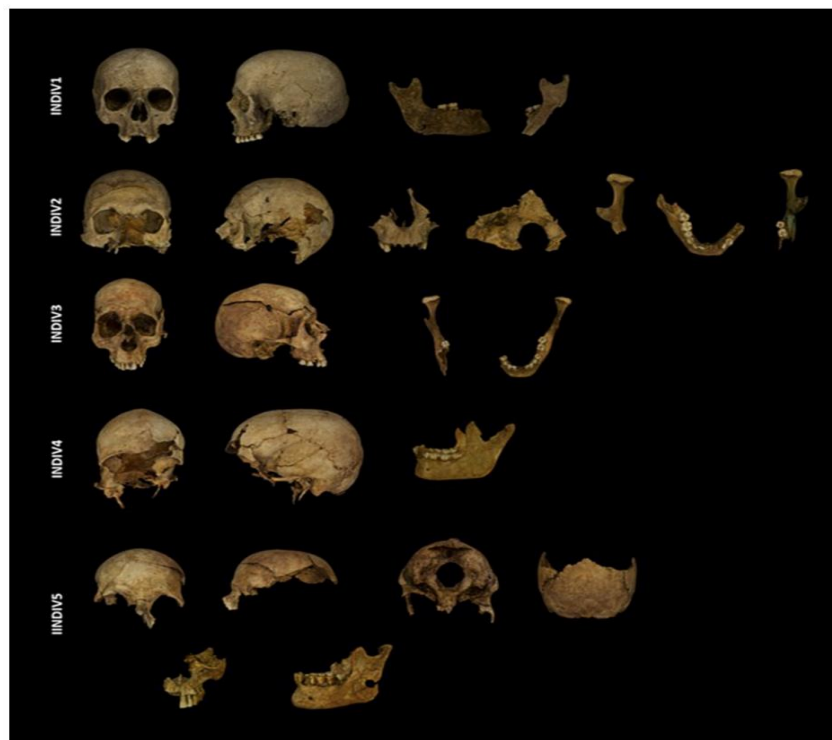
fotogrametri juga memberikan hasil dengan karakteristik yang lebih halus dengan kualitas maksimum serta nilai informatif yang tinggi [8].

Lebih lanjut teknik fotogrametri menunjukkan tingkat kesalahan yang rendah, dan hasil yang memuaskan untuk rekonstruksi antropologi secara virtual [9]. Metode ini memiliki tingkat presisi yang tinggi, akurasi pengukuran yang tinggi, mampu untuk menjaga keutuhan kondisi sampel yang digunakan, serta data 2D dan 3D yang akurat dan realistis [2]. Fotogrametri dengan metode Structure from Motion juga menghasilkan model 3D berkualitas tinggi, dan kesalahan skala kurang dari 1 mm [15].

Fotogrametri juga dapat memberikan hasil seakurat dari identifikasi manual dan *CTScan*, fotogrametri reliabel sehingga pengukuran dapat dilakukan secara berulang, dan kamera yang digunakan tidak harus menggunakan DSLR, tetapi kamera apapun termasuk *Handphone* dapat digunakan [7]. Sehingga secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa metode fotogrametri adalah metode yang reliabel dan efektif dalam identifikasi antropologi secara virtual.

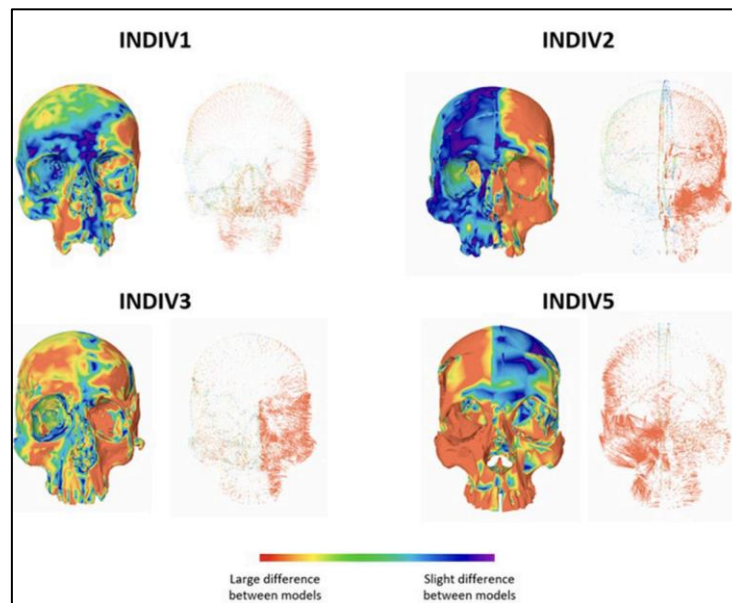


**Gambar 4.** Hasil Fotogrametri Fragmen Tengkorak 5 Individu  
Sumber: Oriola *et al.*, 2022



**Gambar 5.** Perakitan Virtual Fragmen Tengkorak  
Sumber: Oriola *et al.*, 2022





**Gambar 6.** Hasil Restorasi Wajah Virtual  
Sumber: Oriola *et al.*, 2022

### 3.4 Kelebihan dan Kekurangan Metode Fotogrametri

Kelebihan fotogrametri diantaranya adalah inovasi yang mengarah pada perpaduan informasi eksterior dan pemindaian interior yang diproses oleh satu perangkat lunak [14]. Kelebihan lainnya adalah protokol yang mudah diterapkan oleh pengguna dengan latar belakang yang berbeda, biaya peralatan yang rendah, ketersediaan dan kemudahan penyimpanan alat, model digital 3D dengan akurasi tinggi dihasilkan dalam waktu sekitar 1 jam [15]. Aplikasi dari fotogrametri juga dapat membantu antropolog melakukan analisis dan penentuan jenazah yang tidak dapat diakses secara fisik karena kendala geografis sehingga hanya mampu untuk diidentifikasi melalui foto. Selain itu, dapat mendorong kolaborasi antara antropolog

yang berada di lokasi geografis yang berbeda dan memudahkan untuk membandingkan pendapat tentang peninggalan antropologi dan konteksnya. Dalam kasus di mana petugas polisi menemukan sisa-sisa manusia di lapangan dan mereka memiliki kamera beresolusi tinggi, mereka dapat diarahkan untuk mengambil foto-foto yang diperlukan untuk rekonstruksi, sehingga menghemat biaya dan waktu yang diperlukan untuk membawa antropolog ke lokasi [7].

Dibalik kelebihan metode fotogrametri, terdapat juga kekurangannya, dimana perangkat lunak fotogrametri mengalami kesulitan merekonstruksi permukaan yang tidak bertekstur, berkilau, berbayang, dan transparan karena permukaan ini sering kali tidak memiliki

fitur pengidentifikasi unik saat ditangkap oleh fotografi [7].

#### 4. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, metode fotogrametri dapat menjadi salah satu alternatif untuk identifikasi kerangka. Fotogrametri andal dalam menghasilkan model 3D yang berkualitas, nilai informasi yang tinggi, dan juga menyediakan profil morfologis yang akurat. Fotogrametri dapat dijadikan alternatif identifikasi kerangka secara manual, karena biaya yang lebih kecil, peralatan yang mudah didapatkan, dan waktu pengidentifikasian yang relatif cepat. Fotogrametri juga dapat dijadikan pilihan untuk metode identifikasi antropologi virtual selain CT Scan, identifikasi sinar-X, dan pemindaian laser dikarenakan selain biaya yang lebih murah, hasilnya hamper serupa dengan metode identifikasi antropologi virtual lainnya.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih banyak kepada Ibu Prof. Dr. Toetik Koesbardiati, dra. DFM dan berbagai pihak lain yang telah membantu selama proses penulisan jurnal ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Gupta, Sonia, Vineeta Gupta, Hitesh Vij, Ruchieka Vij, and Nutan Tyagi. 2015. "Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier." *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*.

- <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/14621.6568>.
- [2] Novikov, Mikhail, Vladimir Knyaz, and Ravil Galeev. 2019. "Creating Digital Models of Paleoanthropological Sample by Photogrammetry and Computed Tomography." In *Computer Science Research Notes*, 2901:11–16. Vaclav Skala Union Agency. <https://doi.org/10.24132/CSRN.2019.2901.1.2>.
- [3] Grévin, G, P Bailet, G Quatrehomme, and A Ollier. 1998. "Anatomical Reconstruction of Fragments of Burned Human Bones: A Necessary Means for Forensic Identification." *Forensic Science International* 96 (2): 129–34. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(98\)00115-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0379-0738(98)00115-7).
- [4] Jani, Gargi, Abraham Johnson, Utsav Parekh, Tim Thompson, and Astha Pandey. 2020. "Effective Approaches to Three-Dimensional Digital Reconstruction of Fragmented Human Skeletal Remains Using Laser Surface Scanning." *Forensic Science International: Synergy* 2: 215–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2020.07.002>.
- [5] Sevillano Oriola, Laia, Núria Armentano Oller, and Neus Martínez-Abadías. 2022. "Virtual Anthropology: Forensic Applications to Cranial Skeletal Remains from the Spanish Civil War." *Forensic Science International* 341 (December). <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111504>.
- [6] Grabherr, Silke, Christine Cooper, Susi Ulrich-Bochsler, Tanya Uldin, Steffen Ross, Lars Oesterhelweg, Stephan Bolliger, et al. 2009. "Estimation of Sex and Age of 'Virtual Skeletons'—a Feasibility Study." *European Radiology* 19 (2): 419–29. <https://doi.org/10.1007/s00330-008-1155-y>.
- [7] Omari, Rita, Cahill Hunt, John Coumbaros, and Brendan Chapman. n.d. "Virtual Anthropology?"

- Reliability of Three-Dimensional Photogrammetry as a Forensic Anthropology Measurement and Documentation Technique.” <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02473-z/Published>.
- [8] Jurda, Mikoláš, and Petra Urbanová. 2016. “Moravian Museum THREE-DIMENSIONAL DOCUMENTATION OF DOLNÍ VĚSTONICE SKELETAL REMAINS: CAN PHOTOGRAMMETRY SUBSTITUTE LASER SCANNING?” 54 (2): 109–18. <https://doi.org/10.2307/26272550>.
- [9] Katz, David, and Martin Friess. 2014. “Technical Note: 3D from Standard Digital Photography of Human Crania - A Preliminary Assessment.” *American Journal of Physical Anthropology* 154 (1): 152–58. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22468>.
- [10] Wong, Dr. Julielynn Y, Dr. Albert K Oh, Dr. Eiichi Ohta, Dr. Anne T Hunt, Dr. Gary F Rogers, Dr. John B Mulliken, and Dr. Curtis K Deutsch. 2008. “Validity and Reliability of Craniofacial Anthropometric Measurement of 3D Digital Photogrammetric Images.” *The Cleft Palate Craniofacial Journal* 45 (3): 232–39. <https://doi.org/10.1597/06-175>.
- [11] Priyambodo, Dewanto Yusuf. 2022. “Aplikasi Fotogrametri Untuk Pemeriksaan Kerangka.” *Plexus Medical Journal* 1 (4): 122–29. <https://doi.org/10.20961/plexus.v1i4.271>.
- [12] Osman, Muhammad Ridhwan, and Khairul Nizam Tahar. 2016. “3D Accident Reconstruction Using Low-Cost Imaging Technique.” *Advances in Engineering Software* 100: 231–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2016.07.007>.
- [13] Urbanová, Petra, Petr Hejna, and Mikoláš Jurda. 2015. “Testing Photogrammetry-Based Techniques for Three-Dimensional Surface Documentation in Forensic Pathology.” *Forensic Science International* 250: 77–86. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.03.005>.
- [14] Scaggion, Cinzia, Stefano Castelli, Donatella Usai, and Gilberto Artioli. 2022. “3D Digital Dental Models’ Accuracy for Anthropological Study: Comparing Close-Range Photogrammetry to  $\mu$ -CT Scanning.” *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage* 27 (December). <https://doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00245>.
- [15] Lauria, Gabriele, Luca Sineo, and Salvatore Ficarra. 2022. “A Detailed Method for Creating Digital 3D Models of Human Crania: An Example of Close-Range Photogrammetry Based on the Use of Structure-from-Motion (SfM) in Virtual Anthropology.” *Archaeological and Anthropological Sciences* 14 (3). <https://doi.org/10.1007/s12520-022-01502-9>.