

Aplikasi Fotogrametri untuk Pemeriksaan Kerangka

Dewanto Yusuf Priyambodo*

Departemen Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan Universitas Gadjah Mada

Korespondensi : dewanto.y@ugm.ac.id

ABSTRAK

Dokumentasi kasus adalah hal yang penting dalam penyelidikan kasus forensik. Fotogrametri menjadi salah satu inovasi dalam dokumentasi kasus yang baik untuk diterapkan. Hasil utama dari fotogrametri adalah rekonstruksi beberapa gambar 2 dimensi menjadi sebuah obyek 3 dimensi. Persiapan fotogrametri meliputi persiapan kamera, obyek, perangkat keras dan lunak untuk pengolahan gambar. Penggunaan obyek 3 dimensi hasil fotogrametri meliputi banyak hal seperti pendidikan dan penyelidikan kasus. Untuk menggunakan fotogrametri, kita perlu mempertimbangkan berbagai kelebihan dan kelemahan yang ada pada fotogrametri.

Kata Kunci: fotogrametri; kerangka; forensic; 3 dimensi; rekonstruksi.

ABSTRACT

Case documentation is important thing in forensic case investigations. Photogrammetry is one of the innovations in case documentation that is good to apply. The main result of photogrammetry is the reconstruction of several 2-dimensional images into a 3-dimensional object. Photogrammetry preparation includes the preparation of cameras, objects, hardware and software for image processing. The use of photogrammetric 3-dimensional objects includes many things such as education and case investigation. To use photogrammetry, we need to consider the various advantages and disadvantages of photogrammetry.

Keywords: photogrammetry; skeleton; forensics; 3 dimensions; reconstruction.

PENDAHULUAN

Dokumentasi dan penyimpanan alat bukti menjadi hal yang pokok dalam penanganan kasus-kasus forensik (Isdiyanto dkk, 2016). Dengan dokumentasi yang baik, maka alat bukti dapat dikelola dengan baik sehingga penanganan kasus dapat dilakukan dengan tuntas sampai ke pengadilan. Fotografi juga merupakan sebuah bagian dari rangkaian pelayanan kedokteran forensik (Sharif dkk, 2014).

Kasus dalam instalasi kedokteran forensik seringkali berupa jenazah tidak dikenal dari yang berbentuk utuh hingga sudah berbentuk kerangka (Hidayat dan Susanti, 2017; Suryadi dkk, 2021). Jenazah tidak dikenal harus segera diperiksa, dan dalam batas waktu tertentu jenazah harus segera dikuburkan. Penguburan kerangka ini menyebabkan kesulitan jika akan dilakukan pemeriksaan ulang. Dokumentasi yang baik saat pemeriksaan membuat kemudahan jika ingin meninjau ulang hasil pemeriksaan atau melihat kembali sampel (Sharif dkk, 2014).

METODE

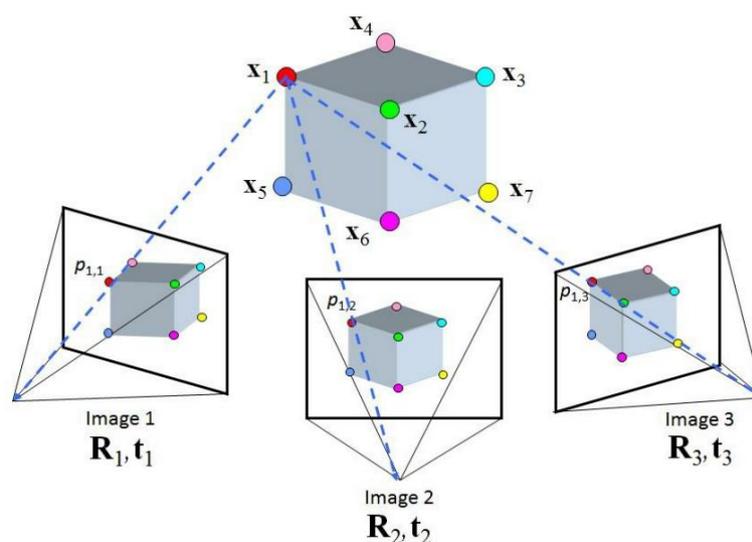
Tulisan ini merupakan hasil penelusuran literatur terkait dengan kata kunci “fotogrametri”, “photogrammetry”, “structure from motion”, “antropologi”, “anthropology”, “skeleton”, “kerangka”, “forensik”, dan “forensic”.

Pengertian Dan Klasifikasi Fotogrametri

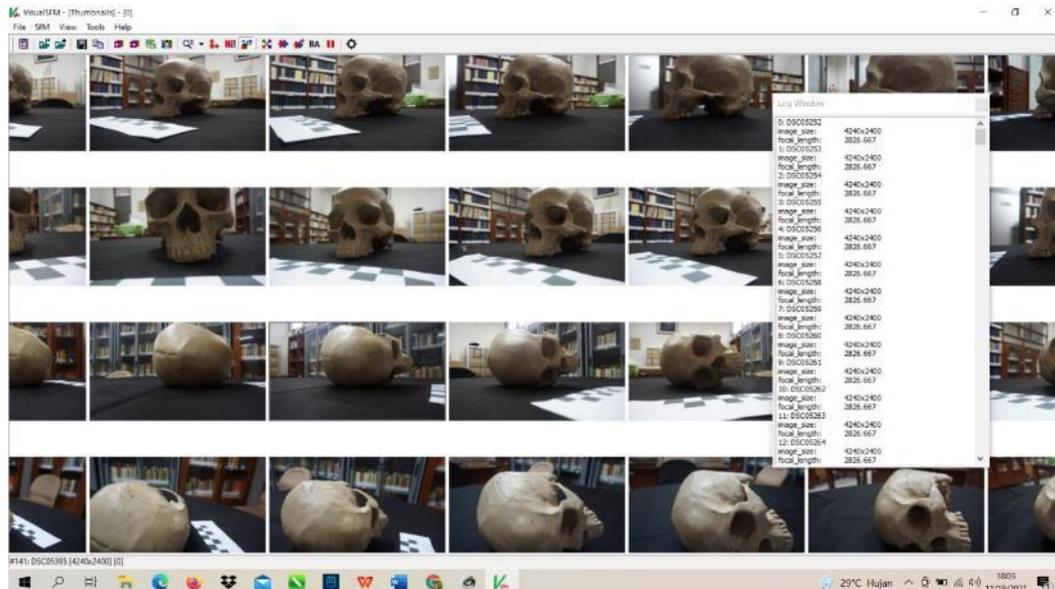
Salah satu inovasi yang dapat diterapkan dalam dunia kedokteran forensik di Indonesia adalah fotogrametri. Secara bahasa, kata fotogrametri terdiri dari 3 kata : *photos* yang berarti cahaya, *gram*/penggambaran, dan *metric*/pengukuran. Dari beberapa referensi yang didapatkan oleh penulis, maka pengertian fotogrametri adalah pengambilan informasi dari beberapa gambar 2 dimensi untuk dijadikan gambaran 3 dimensi (Luhmann dkk 2014). Pengertian lain fotogrametri adalah metode pembacaan beberapa titik yang didapat dari beberapa foto 2 dimensi untuk dijadikan rekonstruksi 3 dimensi. Melalui teknik fotogrametri, kita akan mendapatkan beberapa informasi seperti ukuran, bentuk, dan lokasi obyek dari beberapa perspektif foto (Luhmann et al, 2014; Villa dan Jacobsen 2019).

Penerapan fotogrametri dalam dunia kedokteran forensik hingga merekonstruksi gambaran 3 dimensi dari satu atau beberapa obyek sudah banyak digunakan di berbagai penjuru dunia. Penerapan fotogrametri dalam bidang ilmu kedokteran forensik di Indonesia menurut yang penulis ketahui belum banyak digunakan. Selama ini fotogrametri lebih banyak digunakan di bidang ilmu pemetaan dan arkeologi melalui metode fotogrametri satelit maupun aerial dengan jarak yang jauh. Penerapan fotogrametri untuk kedokteran forensik dapat dilakukan dengan jarak dekat di bawah 300 meter, sehingga dikategorikan sebagai fotogrametri jarak dekat (FJD) maupun jarak sangat dekat (FJSD).

Secara garis besar, fotogrametri dilakukan dengan pengambilan banyak gambar dari sebuah obyek dari berbagai sudut pandang. Syarat pengambilan gambar adalah piksel yang cukup serta adanya penampalan/*overlapping*. Proses pengambilan secara sederhana dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Gambar skematik pelaksanaan fotogrametri. Beberapa foto dari beberapa sudut pandang disatukan untuk menjadi sebuah gambaran tiga dimensi (Yilmaz,O., Karakus,F. (2013)).



Gambar 2. Teknis pengambilan gambar untuk fotogrametri pada kerangka (dokumentasi penulis).

Metode lain yang dikenal adalah dengan mengambil video mengelilingi satu atau beberapa obyek dan dikenal dengan nama *structure from motion* (SfM). Foto-foto yang dihasilkan tersebut kemudian diolah dalam sebuah perangkat lunak dalam komputer. Ada banyak jenis perangkat lunak yang digunakan untuk keperluan ini, mulai dari yang berlisensi gratis hingga yang berbayar. Perangkat lunak ini bekerja dengan mendeteksi berbagai foto dari sudut pandang kamera dan merekonstruksi menjadi satu atau lebih obyek 3 dimensi. Obyek 3 dimensi yang dihasilkan adalah berupa beberapa titik awan/*point cloud* kemudian menjadi jejaring obyek (*object mesh*) (Omari dkk, 2021).

Teknis Pelaksanaan Fotogrametri Obyek

Persiapan Kamera

Kamera DSLR maupun *mirrorless* direkomendasikan dalam prosedur fotogrametri (Medina dkk, 2020), walaupun telepon pintar juga memiliki hasil yang tidak jauh berbeda dibanding kamera DSLR maupun *mirrorless* untuk fotogrametri. Bahkan hasil rekonstruksi 3 D tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan caliper (Barbero-Garcia dkk, 2017, Dabove dkk, 2019). Kunci utama pada fotogrametri adalah pencahayaan yang cukup. Pencahayaan dapat berasal dari lampu ruangan, cahaya matahari, maupun cahaya buatan lainnya. Cahaya yang berasal dari *flash/blitz* kamera tidak disarankan karena akan mengganggu piksel dan kualitas rekonstruksi 3 D tidak baik (Medina dkk, 2020). Kamera diatur dengan ISO serendah mungkin (di bawah 800, bahkan jika cahaya cukup dapat diatur pada angka di bawah 400). *Aperture* diatur agak lebar agar menghasilkan gambar dengan *depth of field* (DOF) yang tinggi, angka yang direkomendasikan adalah 8 hingga 11. *Shutter speed* diatur lambat sekitar 2 detik (Lussu dan Marini, 2020).

Persiapan Obyek dan Tempat

Preparat tengkorak yang akan difoto akan ditempatkan di sebuah meja dengan latar belakang kain polos, disarankan berwarna hitam atau berwarna kontras terhadap warna tengkorak yang putih sampai kekuningan. Adanya meja putar dianjurkan agar fotografer tidak perlu berputar mengingat

proses fotografi harus memutar seluruh obyek. Untuk menghindari kelelahan pada tangan saat memegang kamera, disarankan untuk memakai tripod. (Medina dkk, 2020).

Pengambilan Gambar/Foto

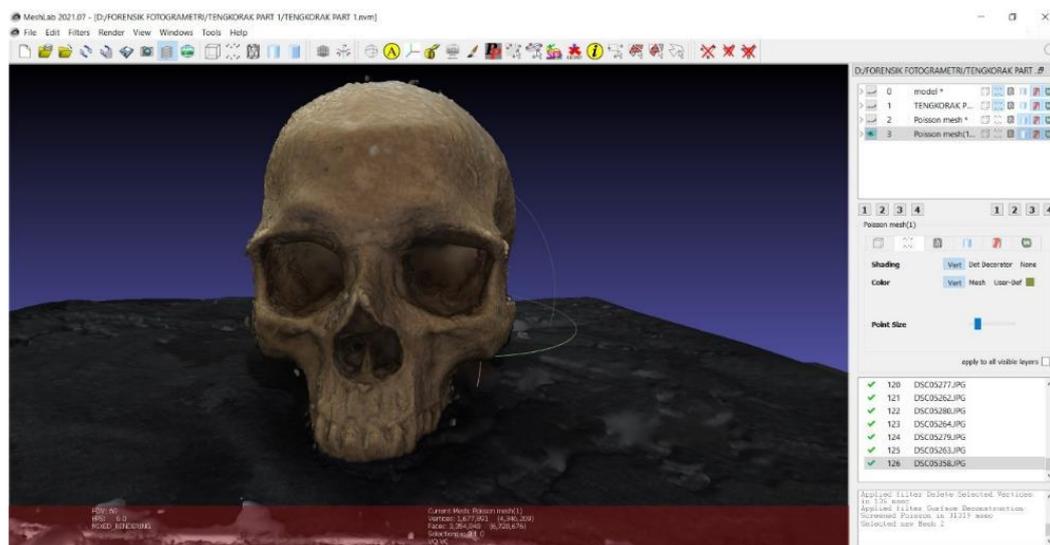
Untuk kepentingan pengukuran, maka di dekat obyek harus ditempatkan alat ukur seperti penggaris atau meteran yang ukurannya sudah terkalibrasi. Bisa juga menggunakan latar belakang dengan motif kotak-kotak berukuran sesuai yang diperlukan oleh peneliti (Gambar 3). Foto diambil secara berseri untuk mendapatkan gambaran utuh dari sebuah obyek (Gambar 2).



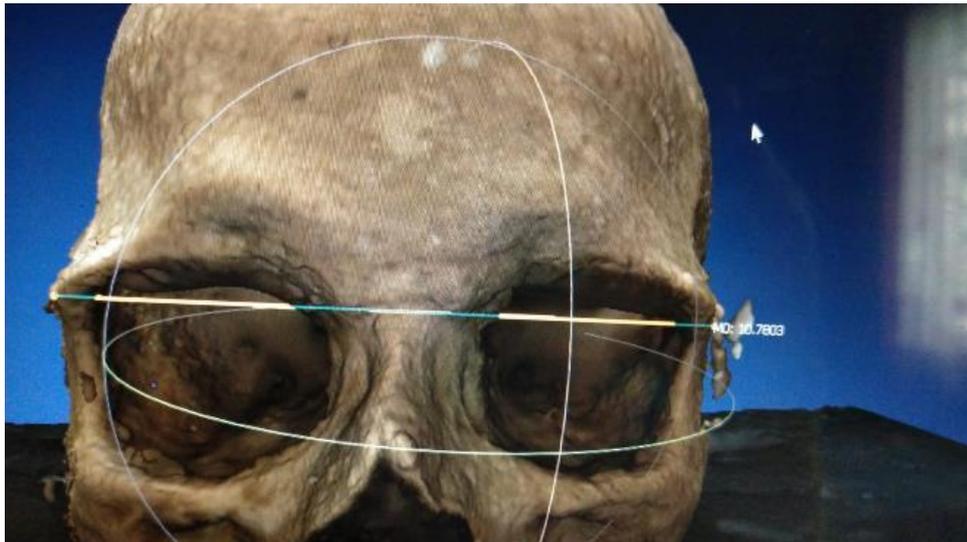
Gambar 3. Contoh panel kayu dengan motif kotak-kotak berukuran masing-masing 10 x 10 cm (Dabove dkk, 2019).

Pengolahan Gambar

Foto-foto yang sudah didapat diunggah ke dalam perangkat lunak yang diinginkan, misalnya Agisoft. Rekonstruksi 3 dimensi dari foto-foto tersebut dilakukan dengan mengklik menu untuk memulai rekonstruksi, dan kita menunggu proses selesai. Setelah rekonstruksi selesai, maka kita harus melakukan registrasi ukuran preparat dengan mencocokkan ukuran antara software dengan ukuran sebenarnya (Gambar 3 dan 4). Pengukuran gambar 3 dimensi dengan perangkat lunak di komputer/laptop dengan cara menghubungkan 2 titik yang ditetapkan (Gambar 5). Pengukuran dilakukan sebanyak 2 kali, kemudian dimasukkan ke dalam tabel dan dilakukan penghitungan rerata (Tabel 3).



Gambar 4. Hasil rekonstruksi 3 dimensi (dokumentasi pribadi).



Gambar 5. Menghubungkan dua titik pada tengkorak (dokumentasi pribadi).

PEMBAHASAN

Penggunaan Metode Fotogrametri Di Masa Depan

1. Konfirmasi Hasil Pemeriksaan dan Penyelidikan

Seringkali setelah memeriksa sebuah obyek atau tempat, kita perlu mengonfirmasi hasil pemeriksaan melalui dokumentasi yang kita lakukan. Fotogrametri dapat dilakukan untuk mendokumentasikan keseluruhan tubuh jenazah yang utuh maupun tidak. Dari seperangkat foto ini akan didapatkan ukuran seperti panjang jenazah dan dimensi luka. Jika pada fotografi 2 dimensi biasa kita hanya bisa mengukur panjang dan lebar, dengan fotogrametri kita dapat mengukur hingga kedalaman luka terbuka jika luka tersebut dapat difoto hingga ke bagian dalam. Pengukuran volume juga dapat dilakukan untuk mengukur volume pada bagian tubuh tertentu.

2. Pemeriksaan dan Pengukuran Kerangka

Pemeriksaan kerangka untuk keperluan identifikasi dapat dilakukan dengan visual dan dibantu dengan alat ukur manual, seperti osteometer, penggaris, maupun kaliper geser. Metode terkini pengukuran dapat dilakukan dengan metode digital dapat dilakukan dengan pemeriksaan pencitraan/*imaging* seperti CT scan. Metode ini memiliki kendala dalam hal preparat yang diperiksa harus dibawa ke instalasi radiologi. Alternatif lain adalah dengan fotogrametri dalam aplikasi pengolahan citra dengan cara menghubungkan kedua titik yang ingin diukur.

3. Rekonstruksi Wajah dari Kerangka

Rekonstruksi wajah merupakan proses penting dalam identifikasi seorang individu (Interpol,2020). Identifikasi seorang individu tak dikenal dilakukan dengan metode primer dan sekunder, namun seringkali menemui kegagalan untuk dikenali. Prosedur ini dilakukan untuk menampakkan beberapa perkiraan wajah dan/keseluruhan tubuh individu dari sekumpulan kerangka yang ditemukan (Gupta dkk, 2015).

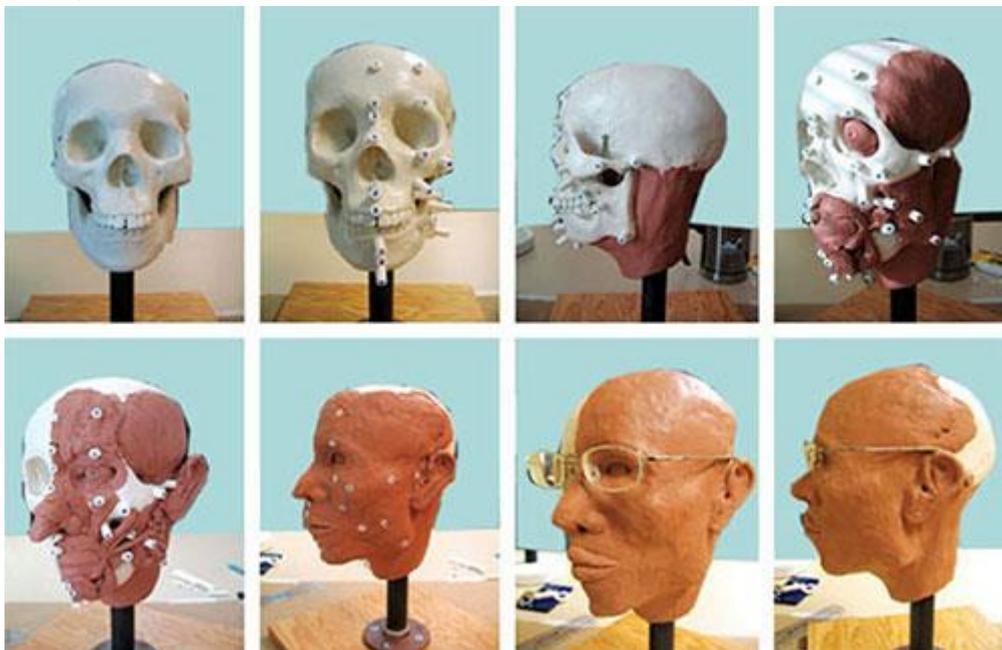
4. Edukasi

Hasil pengolahan gambar menggunakan metode fotogrametri dapat ditampilkan ulang Dengan menggunakan aplikasi komputer personal. Saat ini aplikasi yang digunakan memiliki pilihan

gratis maupun berbayar. Di era digital seperti saat ini, edukasi dengan metode digital sangatlah diminati terutama oleh mahasiswa kedokteran yang mayoritas merupakan generasi yang melek teknologi. Sayangnya, sampai saat ini belum ada metode pembelajaran yang dapat diakses melalui telepon pintar. Faktor keamanan juga penting untuk dipikirkan karena data yang akan ditampilkan merupakan data yang bersifat rahasia (Berezowski dkk, 2021).

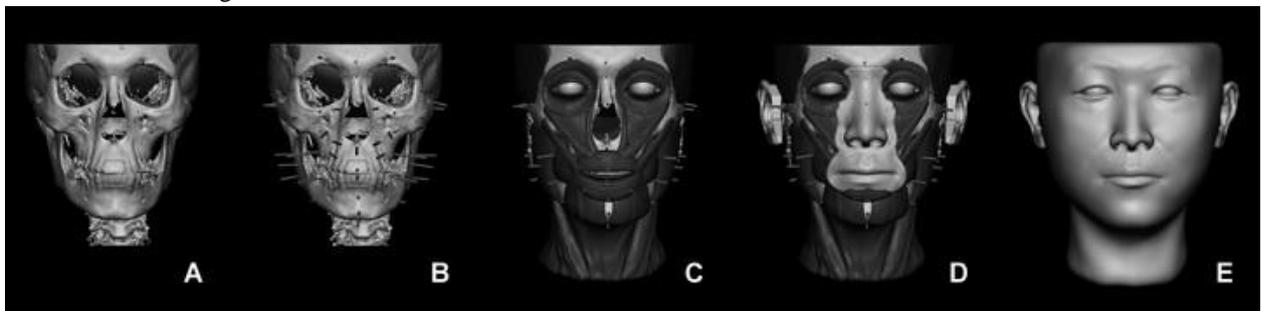
5. Aset 3 Dimensi

Meningkatnya isu mengenai metaverse, pembelajaran daring-jarak jauh, dan pembuatan aplikasi berbasis 3 dimensi membuat kebutuhan aset 3 dimensi meningkat/mengalami peningkatan. Aset-aset tersebut dibutuhkan dalam pemrograman aplikasi seperti game, oculus, dan perangkat lunak lain agar tampilan di layar mendekati kenyataan. Tentunya hal ini harus dibarengi dengan adanya informed consent dan kaidah etika terkait dengan keterbukaan informasi medis (Rahman,2021).



Gambar 6. Rekonstruksi wajah secara manual (Nitul dkk. 2013).

Source gambar :



Gambar 7. Rekonstruksi wajah 3D dibantu oleh computer (Lee dkk, 2011).

Selama ini, rekonstruksi wajah dari kerangka temuan dilakukan dengan menempelkan clay/tanah liat khusus kepada seperangkat kerangka sebagai pengganti jaringan lunak. Prosedur ini dilakukan seorang ahli forensik didampingi oleh antropolog. Penempelan clay memiliki kelemahan terkait dengan sulitnya mencari clay khusus untuk rekonstruksi dan potensi merusak kerangka yang ada jika prosedur penempelan tidak dilakukan dengan hati-hati (Atanty,2020).

Hasil pengolahan citra berbentuk file 3 dimensi dapat disunting untuk ditempel gambar jaringan lunak di atasnya, sehingga dapat menghasilkan perkiraan wajah dari sebuah tengkorak yang diperiksa. Pilihan perangkat lunak yang mudah dan *open source* salah satunya adalah Blender. Alternatif lainnya adalah dengan DICOM (Artanty, 2020).

Kelebihan Dan Kelemahan

Sebagai teknik yang belum banyak digunakan di Indonesia, mungkin belum banyak ahli yang mengenal fotogrametri. Fotogrametri memiliki beberapa aspek kelebihan dan kelemahan yang harus diketahui. Keunggulan fotogrametri adalah akurasi yang tinggi untuk pengukuran, tentunya harus disertai dengan tambahan indikator ukuran pada pengambilan foto (Medina, 2020). Perangkat yang digunakan juga cukup mudah didapatkan dan digunakan, serta mudah dibawa ke tempat lain (*mobile*). Tekstur dan warna juga dapat direkonstruksi dengan jelas selama metode dan pengaturan kamera juga sesuai. Jika basis data hasil rekonstruksi 3 dimensi sudah tertata dengan baik, maka dikemudian hari visualisasi dan pengukuran dapat dilakukan dengan mudah tanpa merusak preparat yang ada. Beberapa program yang digunakan untuk pengolahan gambar dapat didapatkan dengan versi gratis secara daring (Lussu dan Marini, 2020).

Kelemahan fotogrametri yang pertama adalah untuk menghasilkan proses yang cepat dan baik, diperlukan perangkat keras seperti kamera dan komputer yang memiliki spesifikasi cukup tinggi dan tentunya berharga mahal untuk kalangan tertentu. Perangkat komputer yang dibutuhkan (referensi : situs Agisoft) berkisar di atas 20 juta. Kamera yang digunakan sangat bervariasi, namun kamera dengan harga di bawah 10 juta masih bisa digunakan. Software pengolahan gambar yang memudahkan seperti Agisoft bisa digunakan untuk proses data yang cepat (Medina, 2020). Beberapa peneliti sudah berinovasi untuk bisa menggunakan telepon pintar sebagai pengganti kamera sehingga biaya dapat ditekan. Perangkat lunak yang mudah dan cepat digunakan harganya saat ini juga cukup mahal, seperti misalnya Agisoft. Selanjutnya, orang yang melakukan fotogrametri juga perlu untuk belajar. Kabar baiknya, pembelajaran teknis fotogrametri bisa dibilang cukup murah bahkan gratis dan tersebar luas di dunia internet (Dabove dkk, 2019, Berbero-Garcia dkk, 2017).

KESIMPULAN

Metode fotogrametri sangat baik digunakan untuk dokumentasi pemeriksaan kerangka. Hasil rekonstruksi 3 dimensi dari fotogrametri bisa digunakan untuk konfirmasi hasil pemeriksaan, pengukuran berulang, dan edukasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir A. (2009). *Rangkaian Ilmu Kedokteran Forensik Edisi kedua*. Medan: Percetakan Ramadhan.
- Barbero-García, I., Lerma, J.L., Marqués-Mateu, A. Miranda, P. (2017). *Low-Cost Smartphone-Based Photogrammetry for the Analysis of Cranial Deformation in Infants*. World Neurosurgery, Volume 102, Pages 545-554, ISSN 1878-8750. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.03.015>.
- Berezowski, V., Rogers, T. & Liscio, E. 2021. Evaluating the morphological and metric sex of human crania using 3-dimensional (3D) technology. *Int J Legal Med* **135**, 1079–1085 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02305-0>.
- Budyanto A, Widiatmaka W, Atmaja D.S. 1999. Identifikasi Forensik. Dalam Ilmu Kedokteran Forensik. Bagian Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta.

- Dabove, P.; Grasso, N.; Piras, M.(2019). Smartphone-Based Photogrammetry for the 3D Modeling of a Geomorphological Structure. *Appl. Sci.* **2019**, 9, 3884. <https://doi.org/10.3390/app9183884>
- Dian Artanty (2020) *Perbedaan Nilai Rata-Rata Facial Soft Tissue Thickness Laki-Laki Dan Perempuan Untuk Rekonstruksi Wajah Populasi Mongoloid Di Jawa Timur Menggunakan Validasi Software Rekonstruksi Wajah*. Thesis thesis, UNIVERSITAS AIRLANGGA
- Gupta S, Gupta V, Vij H, Vij R, Tyagi N. Forensic Facial Reconstruction: The Final Frontier. *J Clin Diagn Res.* 2015 Sep;9(9):ZE26-8. doi: 10.7860/JCDR/2015/14621.6568. Epub 2015 Sep 1. PMID: 26501035; PMCID: PMC4606364.
- Hidayat,T. Susanti,R. *Analisis Antropologi Forensik Pada Kasus Penemuan Rangka Di Dalam Koper*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan 2017 Proceeding Annual Scientific Meeting 2017 281. ISBN 978-602-50127-0-9 Pekanbaru, 15-16 Juli 2017
- Interpol. 2020. *DVI Interpol Guidelines*.
- Isdiyanto, E., Hartanto, H., Iksan, M. (2016). Penggunaan Fotografi Forensik Oleh Penyidik Kepolisian Polresta Surakarta Dalam Penyidikan Tindak Pidana (Studi Kasus Di Polresta Surakarta). *Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Lee, W.-J., Wilkinson, C. M., & Hwang, H.-S. (2011). An Accuracy Assessment of Forensic Computerized Facial Reconstruction Employing Cone-Beam Computed Tomography from Live Subjects. *Journal of Forensic Sciences*, 57(2), 318–327. doi:10.1111/j.1556-4029.2011.01971.x
- Lussu P, Marini E. 2020. Ultra close-range digital photogrammetry in skeletal anthropology: A systematic review. *PLoS ONE* 15 (4): e0230948. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230948>
- Medina JJ, Maley JM, Sannapareddy S, Medina NN, Gilman CM, McCormack JE.(2020). A rapid and cost-effective pipeline for digitization of museum specimens with 3D photogrammetry. *PLoS ONE* 15(8): e0236417. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236417>. Nitul J, Sohail L, Vishwas B. 2013. Textbook of Forensic Odontology. Chapter 08 : Forensic Facial Reconstruction. Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd. New Delhi, India.
- Omari R, Hunt C, Coumbaros J, Chapman B. 2021. Virtual anthropology? Reliability of three-dimensional photogrammetry as a forensic anthropology measurement and documentation technique. *International Journal of Legal Medicine* (2021) 135:939–950. <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02473-z>
- Rahaman, H. (2021). *Photogrammetry: What, How, and Where dalam Virtual Heritage : A Guide*. London : Ubiquity Press Ltd.
- Sharif NM, Mohd Nor ShahizaN Ali MNS, Abdullah MYH.2014. Literasi Visual dalam Imej Digital Fotografi Forensik Penyiasatan. *Jurnal Komunikasi Malaysian Journal of Communication*, Jilid 30(Special Issue) 2014: 159-176.
- Suryadi,T. Ramadhanif, M.J., Sari,R.S., Wulandari,A., Kamila,F. 2021. IDENTIFIKASI JENAZAH YANG DITEMUKAN DI PINGGIR PANTAI. *Indonesian Journal of Legal and Forensic Sciences* 2021; 11 (2) : 112 - 121 <http://ojs.unud.ac.id/index.php/ijlfs>.
- Wilkinson, C. Computerized forensic facial reconstruction. *Forens Sci Med Pathol* **1**, 173–177 (2005). <https://doi.org/10.1385/FSMP:1:3:173>
- Yilmaz,O., Karakus,F. (2013). *Stereo and Kinect fusion for continuous 3D reconstruction and visual odometry*. Conference: 2013 International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)