



## Studi Literatur: Investigasi Antropologi Forensik ditinjau Berdasarkan Mekanisme Trauma pada Tulang Akibat Benda Tumpul

Nailul Izzah Mahrusah<sup>1</sup>

<sup>1</sup> S2 Ilmu Forensik Universitas Airlangga, Jl. Airlangga, Surabaya Indonesia 60286

Corresponding author e-mail: [izzahnailul9@gmail.com](mailto:izzahnailul9@gmail.com)

### Article History:

Received: 14-12-2023

Accepted: 13-03-2024

Published: 30-06-2024



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

### Abstrak

Antropologi forensik dapat dikatakan sebagai disiplin pelengkap untuk patologi forensik dalam pemeriksaan sisa tulang. Analisis trauma pada tulang harus mampu membedakan efek modifikasi yang disebabkan oleh manusia, seperti medis dan kriminal dengan modifikasi karena faktor lingkungan dan alamiah yang dikaitkan dengan hewan maupun pembusukan. Meskipun tidak bisa mencerminkan semua luka yang diterima pada setiap kulit, analisis antropologi sisa kerangka berpotensi memberikan banyak informasi tentang peristiwa traumatis. Trauma benda tumpul merupakan jenis cedera yang paling sering ditemui dan kepala adalah lokasi yang paling umum, terutama pada kasus pembunuhan. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan analisis menyeluruh terhadap cedera yang diakibatkan benda tumpul. Penelitian ini mengadopsi metode studi pustaka yang merupakan sebuah pendekatan dalam penelitian dengan menggunakan sumber informasi dari literatur atau dokumen tertulis sebagai basis untuk menyusun kerangka pemikiran dan data penelitian. Hasil dari penelitian ini ialah fraktur *butterfly* merupakan trauma benda tumpul pada tulang panjang yang paling khas terlihat, sedangkan trauma oleh benda tumpul pada kranium dapat membentuk pola retakan yang berpusat (*concentric fractures*) serta memancar (*radiating fractures*). Bagian sisi pada trauma juga dapat memberi gambaran terkait peristiwa traumatis yang terjadi, seperti perkiraan arah serangan yang diterima korban. Selain itu, penilaian waktu cedera menjadi tantangan dalam analisis investigasi antropologi forensik, dimana hal ini dibedakan atas trauma antemortem, perimortem serta postmortem. Perlu diingat bahwa setiap kasus dapat berbeda karena terdapat pengaruh faktor instrinsik dan ekstrinsik. Perbedaan ini mungkin tidak selalu terlihat pada setiap individu.

### Kata kunci:

Antropologi Forensik; Tulang; Trauma Benda Tumpul; Mekanisme Trauma

### Abstract

Forensic anthropology can be regarded as a complementary discipline to forensic pathology in examination of bone remains. In analyzing trauma of bones, must be able to distinguish the effects of modifications caused by humans, such as medical and criminal, with modifications due to environmental and natural factors associated with animals or decomposition. Although it cannot reflect all injuries received on every skin, anthropological analysis of skeletal has the potential to provide a wealth of information about traumatic event. Blunt force trauma is the most common type of injury and head is the most common site, especially in homicides. Therefore, it is very important to conduct a thorough analysis of blunt force injuries. This research adopted literature study method which is an using information sources from literature or written documents as a basis for compiling a framework and research data. The results of this study are butterfly fracture is

the most characteristic blunt trauma to long bones, whereas blunt trauma to cranium can form a pattern of concentric fractures and radiating fractures. The side of the trauma can provide an overview of traumatic event that occurred, such as approximate direction of attack received by the victim. In addition, assessing time of injury is a challenge in analysis of forensic anthropological investigations, which differentiate between antemortem, perimortem and postmortem trauma. Keep in mind that each case can be different because there is the influence of intrinsic and extrinsic factors. This difference may not always be visible in every individual.

**Keywords:**

Forensic Anthropology; Bone; Blunt Force Trauma; Trauma Mechanism.

## 1. PENDAHULUAN

Penentuan penyebab kematian pada penemuan kerangka dinilai penting karena dapat memberikan informasi yang berharga tentang sejarah, kebudayaan, dan kondisi kesehatan manusia di masa lalu. Pada beberapa kasus dalam penemuan kerangka manusia, pola cacat yang terlihat pada tulang dapat dicocokkan dengan sebuah cerita yang mungkin terjadi pada korban [1]. Antropologi forensik dapat dikatakan sebagai disiplin pelengkap untuk patologi forensik dalam pemeriksaan sisa tulang. Sementara penyebab dan cara kematian merupakan tanggung jawab ahli patologi forensik yang terlatih secara medis, dalam kasus-kasus penemuan sisa sebagian atau kerangka utuh, antropolog forensik dapat memberikan informasi rinci mengenai pemeriksaan dan deskripsi trauma tulang serta memperkirakan hubungannya dengan penyebab kematian [2]. Analisis trauma pada tulang harus mampu membedakan efek modifikasi yang disebabkan oleh manusia, seperti medis dan kriminal dengan modifikasi karena faktor lingkungan dan alamiah yang dikaitkan dengan hewan

maupun pembusukan [3]. Perpaduan disiplin tersebut dapat membentuk kesimpulan mengenai kemungkinan yang dialami oleh korban.

Meskipun tidak bisa mencerminkan semua luka yang diterima pada setiap kulit, analisis antropologi sisa kerangka berpotensi memberikan banyak informasi tentang peristiwa traumatis [4]. Analisis trauma yang ditemukan pada tulang dilakukan dengan mendeskripsikan secara menyeluruh melalui gambaran ukuran, bentuk, dan lokasi cedera yang ditemukan pada tulang sebagai acuan untuk mengetahui cara serta kekuatan tumbukan yang diterima tulang [5]. Mekanisme trauma ini biasanya diklasifikasikan sebagai akibat dari benda tumpul, benda tajam dan tembakan atau beberapa kombinasi yang ditentukan dengan pemeriksaan pola perubahan secara keseluruhan [1]

Kranioti (2015) menyebutkan bahwa cedera tulang sering ditemui selama otopsi pada berbagai kasus, seperti kecelakaan kendaraan, jatuh dari ketinggian (kecelakaan atau bunuh diri) maupun pada kasus pembunuhan. Spitz *et al* (2006) dalam

Blau (2016) mengungkapkan bahwa trauma benda tumpul merupakan jenis cedera yang paling sering ditemui dan kepala adalah lokasi yang paling umum, terutama pada kasus pembunuhan [4].

Merujuk pada penelitian oleh Clark *et al* (2016) prevalensi kasus trauma benda tumpul dianggap sebagai kematian tidak wajar dengan fokus pada pembunuhan. Penelitian tersebut dilakukan di Cape Town Afrika Selatan dengan menganalisis 15.519 kasus. Dari pemeriksaan kasus tersebut ditemukan sebanyak 1.198 (7,72%) kasus diantaranya merupakan kasus kematian yang disebabkan oleh trauma benda tumpul, dan 828 (5,32%) kasus tersebut diklasifikasikan sebagai pembunuhan. Selain itu, sekitar 11% kasus pembunuhan dengan kekerasan tumpul terjadi bersamaan dengan trauma yang disebabkan benda tajam dan/atau balistik. Penelitian ini juga menemukan bahwa proporsi laki-laki dari daerah dengan kondisi sosial ekonomi rendah terbukti paling berisiko mengalami pembunuhan benda tumpul di Cape Town [6]

Dalam buku *Bioarchaeological and Forensic Perspectives on Violence*, menemukan bahwa sebagian besar luka dari sampel arkeologi yang dianalisis berhubungan dengan beberapa luka akibat benda tumpul di wajah dan kepala. Selain itu, tingginya frekuensi cedera akibat benda tumpul dalam sampel arkeologi juga konsisten dengan penggunaan peralatan

benda tumpul [5]. Trauma tulang, terutama akibat benda tumpul, sangat bervariasi pada setiap kasus dan memiliki serangkaian tantangan dalam interpretasi serta rekonstruksi peristiwa yang menyebabkannya [7], sehingga dibutuhkan informasi mengenai frekuensi kejadian, alat, atau mekanisme yang digunakan untuk menghasilkan cedera. Dalam hal ini antropolog forensik memiliki peran yang signifikan dalam menangani kasus sehingga dapat diketahui kemungkinan penyebab dan cara kematian [3].

Berdasarkan penjelasan dan gambaran prevalensi kasus yang telah dipaparkan sebelumnya, maka diperlukan analisis menyeluruh terhadap cedera tulang yang diakibatkan benda tumpul.

Penelitian ini berfokus pada analisis trauma pada tulang yang disebabkan oleh kekuatan benda tumpul dengan mengkaji tindakan yang menyebabkan trauma, bagaimana trauma pada tulang bisa terjadi serta melihat ciri dan pola cacat pada tulang guna menentukan pusat serta arah hantaman benda tumpul pada tulang. Selain itu, yang menjadi tantangan dalam analisis trauma pada tulang ialah penentuan waktu trauma yang dibedakan atas trauma antemortem, perimortem dan postmortem. Tujuan penulisan artikel ini ialah membantu ahli forensik dalam upaya identifikasi, deskripsi dan interpretasi peristiwa traumatis yang dialami oleh korban ditinjau berdasarkan trauma pada tulang akibat benda tumpul.

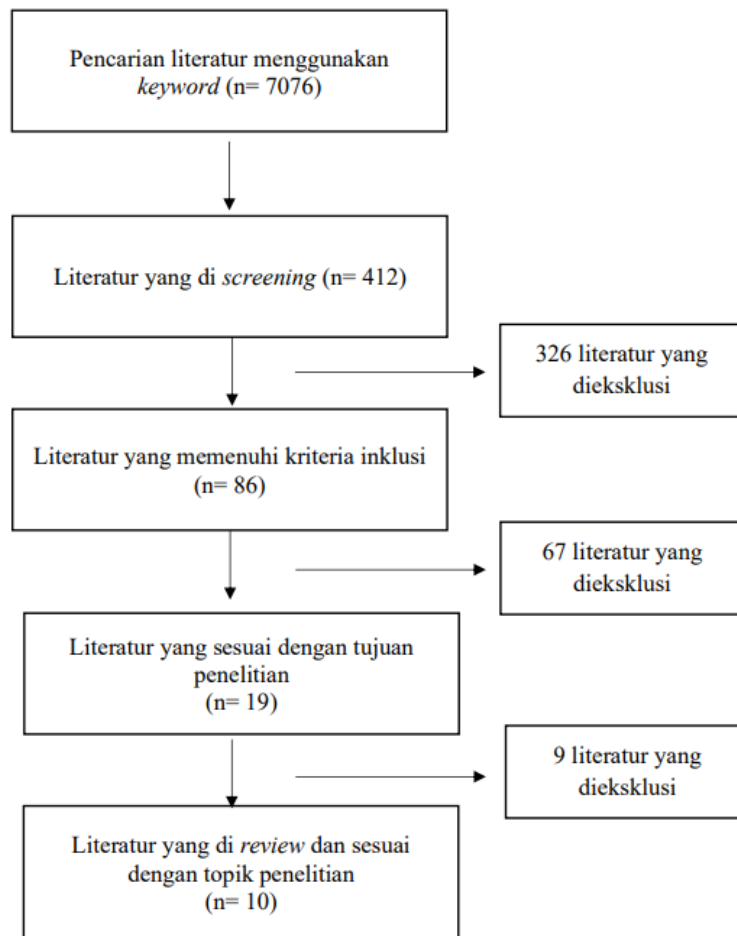
## 2. METODE

Penelitian ini mengadopsi metode studi pustaka yang merupakan sebuah pendekatan dalam penelitian dengan menggunakan sumber informasi dari literatur atau dokumen tertulis sebagai basis untuk menyusun kerangka pemikiran dan data penelitian. Metode studi pustaka melibatkan pengumpulan, seleksi, dan analisis literatur yang relevan dengan topik penelitian tertentu.

Proses pencarian literatur dalam penelitian ini menggunakan beberapa kata kunci, yaitu *anthropology forensic*, *blunt force*, *blunt force trauma*, dan *identification of skeletal trauma*. Literatur yang tersedia tersebut kemudian dipilih sesuai dengan kriteria, diantaranya ialah literatur yang diterbitkan dengan rentang tahun antara 2012-2023, berisi materi yang membahas dengan jelas terkait trauma benda tumpul baik teori maupun studi kasus serta literatur tersedia dalam bentuk teks yang utuh (**Gambar 1**).

Materi yang tersedia pada literatur tersebut kemudian dibaca serta diambil informasi penting yang terkandung untuk dikumpulkan dan dilakukan analisis yang sesuai dengan tujuan dari penelitian. Analisis ini akan menghasilkan materi terkait trauma benda tumpul dari beberapa literatur yang saling melengkapi, sehingga didapatkan materi yang cukup, mulai dari tindakan yang menyebabkan trauma, bagaimana trauma pada tulang bisa terjadi, serta mengetahui ciri dan pola cacat pada tulang untuk memperkirakan mekanisme dan perkiraan waktu trauma oleh benda tumpul.

Hasil dari metode ini dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan teori baru mengenai identifikasi trauma pada tulang akibat benda tumpul dan merumuskan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.



**Gambar 1.** *Flow chart proses review literatur*

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Trauma tulang didefinisikan sebagai perubahan tulang berdasarkan beban lambat atau cepat tumbukan yang diterima tulang dengan suatu benda. Kunci yang dipegang oleh antropolog forensik dalam menguraikan secara akurat atas kejadian dari adanya cedera traumatis ialah analisis rinci morfologi fraktur dan pemahaman tentang konteks kejadian dimana kerangka ditemukan [3]. Mekanisme trauma atau cara yang diterima tulang dalam mengakibatkan perubahan diklasifikasikan sebagai hasil dari benda tumpul, benda tajam ataupun balistik [8]. Perbedaan antara trauma

tersebut dapat dilihat dari kecepatan penerapan gaya dengan trauma yang dihasilkan.

Hasil trauma yang ditimbulkan dari benda tumpul merupakan penerapan beban lambat ke tulang di atas area permukaan yang relatif besar. Trauma benda tumpul dapat terjadi karena adanya pukulan maupun hantaman benda [1]. Contoh trauma benda tumpul yang merupakan dampak dari objek ialah penyerangan yang melibatkan benda seperti kepala tangan, hantaman palu, pentungan dan benda lain yang memiliki permukaan tumpul. Selain itu, dalam kasus kecelakaan kendaraan maupun jatuh dari

ketinggian akan terjadi perlambatan yang menyebabkan benturan keras hingga terjadi deformasi plastis pada tulang [4]

Benturan keras yang diterima oleh tulang merupakan penerapan gaya yang memiliki efek terhadap tulang itu sendiri akibat dari adanya gaya tersebut. Hal ini menempatkan pembahasan khusus pada bidang ilmu biomekanik.

Bicara mengenai biomekanik, ketika suatu gaya bekerja pada tulang, maka akan bereaksi dalam tahap yang dapat diprediksi secara berurutan, yaitu gaya yang diterima tulang, fraktur stress, deformasi elastis dan deformasi plastis (permanen). Tahapan ini terjadi pada tingkat mikroskopis dan makroskopis [3]. Kekuatan dan kekerasan yang diterima tulang menentukan reaksi internal tulang terhadap setiap gaya eksternal yang diberikan. Karena sifat elastisnya, tulang pertama-tama menyerap energi saat memuat hingga batas tertentu (batas elastis). Setelah batas ini tercapai, serat eksternal dari jaringan tulang akan mulai menunjukkan kerusakan mikro dan terjadi deformasi tulang [2]

Prinsip-prinsip sederhana ini sering memungkinkan dalam penentuan mekanisme trauma pada tulang. Akan tetapi terdapat banyak faktor lain yang dapat mempengaruhi arah dan bentuk patah tulang [3], misalnya secara intrinsik yaitu morfologi tulang, ketebalan tulang, lapisan tebal jaringan lunak, kepadatan kortikal, posisi tubuh serta faktor ekstrinsik misalnya,

kecepatan, bentuk objek, berat objek dan lainnya [2].

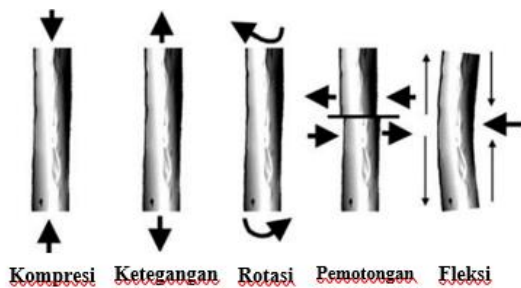
Deskripsi yang telah dipaparkan secara jelas memberi keterangan bahwa trauma benda tumpul dapat diklasifikasikan berdasarkan tindakan, kecepatan dan jenis fraktur yang terlihat. Tindakan yang diakibatkan trauma benda tumpul terjadi ketika terdapat benturan dengan objek permukaan tumpul yang memiliki kecepatan lambat sehingga menimbulkan jenis fraktur yang berbeda apabila dibandingkan dengan trauma benda lain. Ini memungkinkan untuk diamati menggunakan prinsip biomekanik. Namun prinsip ini mungkin saja bisa berbeda pada setiap individu karena ada faktor lain yang mempengaruhi. Selain itu, jenis fraktur yang diterima tulang juga akan berbeda tergantung bentuk tulang, misalnya jenis fraktur pada tulang panjang akan menghasilkan pola berbeda pada kranium.

### 3.1 Trauma Benda Tumpul pada Tulang Panjang

Fraktur yang terjadi pada tulang panjang dapat disebabkan karena beberapa mekanisme, diantaranya kompresi (*compression*), ketegangan (*tension*), rotasi (*rotation*), pemotongan (*shear*), dan fleksi (*bending*) [9] (**Gambar 2**). Klasifikasi fraktur pada tulang panjang dibedakan atas fraktur komplit (garis patah melalui semua penampang tulang) dan fraktur inkomplit (garis patah tidak melalui semua penampang tulang). Fraktur inkomplit lebih sering

terjadi pada anak-anak dibandingkan usia dewasa dikarenakan sifat organik tulang akan lebih tinggi pada tulang yang masih muda [7].

Berdasarkan beberapa jenis fraktur pada tulang panjang, salah satu fraktur yang paling khas terlihat akibat hantaman oleh benda tumpul pada tulang panjang ialah fraktur *butterfly* yang termasuk jenis fraktur komplisit [9] (**Gambar 3**). Penentuan arah fraktur yang terjadi pada tulang panjang dapat dilihat dari tegangan atau kompresi yang terjadi. Pada dasarnya tulang lebih kuat dalam kompresi daripada tegangan [3].



**Gambar 2.** Mekanisme fraktur pada tulang panjang.

Sumber: Wedel and Galloway, 2014



**Gambar 3.** Fraktur butterfly pada ulna kanan.

Sumber: Dirkmaat, 2012

Panah besar pada gambar 2 menunjukkan arah tumbukan. Gaya kompresi terjadi di lokasi tumbukan, sedangkan gaya tegangan (panah kecil) terjadi pada sisi yang berlawanan [3]. Hal ini dikarenakan gaya lentur berasal dari satu sisi sedangkan gaya tekan bekerja pada sisi di mana gaya diterapkan. Adanya gaya tarik mengakibatkan patahan tulang pada sisi yang berlawanan sehingga menyebabkan rekahan yang menyebar di sekitar poros sampai mencapai sisi benturan asli, sehingga terbentuk fragmen segitiga kasar pada tulang [9].

Fraktur *butterfly* merujuk pada fragmen tulang yang terpisah dan apabila dilihat dari samping tampak seperti sayap kupu-kupu. Pada fraktur jenis ini, tulang panjang mengalami patah di tengah tulang dengan fragmen terpisah pada kedua ujungnya. Fraktur *butterfly* merupakan fraktur pada tulang panjang akibat trauma benda tumpul yang paling umum terjadi. Akan tetapi tidak menutup kemungkinan jenis fraktur juga bervariasi, misalnya tulang patah menjadi beberapa fragmen. Hal ini dapat tergantung pada sifat trauma dan besar kekuatan yang diterapkan pada tulang atau tekanan berulang yang berlebihan. Kemungkinan lain ialah pengaruh dari kondisi tulang seperti zat organik atau kondisi otot yang membalut tulang dari individu yang bersangkutan.

### 3.2 Trauma Benda Tumpul Pada Kraniaum



Lain halnya dengan tulang panjang, trauma oleh benda tumpul pada kranium dapat membentuk pola retakan yang berpusat serta memancar [3]. Secara berurutan, ketika hantaman diterima oleh kranium pada *point of impact*, tegangan dimulai dari bagian dalam kemudian berlanjut pada bagian luar dan menyebar serta menciptakan retakan yang memancar (*radiating fractures*) sehingga terbentuk pola yang berpusat (*concentric fractures*). Lihat pada **Gambar 4** dan **5**.

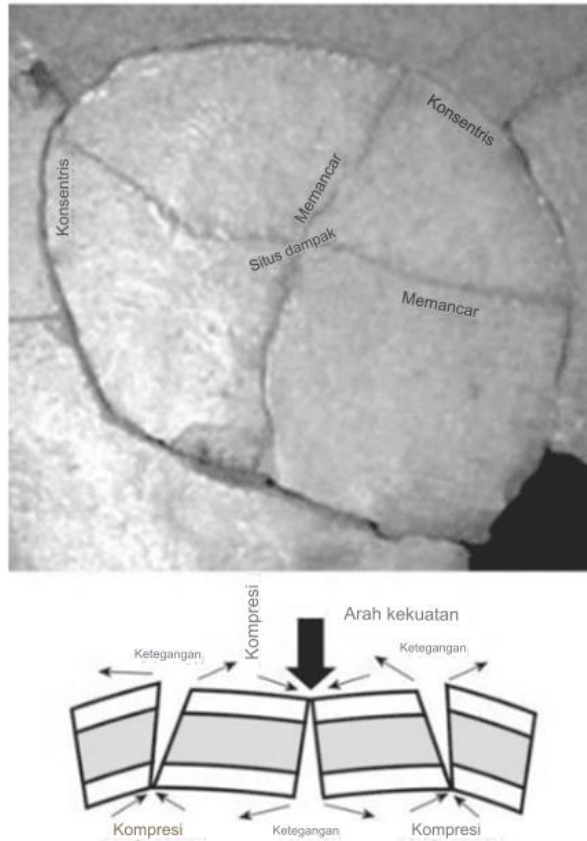
Trauma benda tumpul pada kranium, dapat menunjukkan tanda benturan yang jelas (cedera berpola) dimana ukuran dan bentuk serta lokasi fraktur memberikan informasi tentang mekanisme trauma yang telah dialami oleh korban [4]. Misalnya pada kasus melompat dari ketinggian akan dihasilkan pola fraktur yang berbeda pada kasus serangan dengan senjata tumpul. Untuk lebih jelasnya, perhatikan perbedaan antara **Gambar 6** dan **7**.



**Gambar 4.** *Radiating fractures* rekahan konsentris mengelilingi titik tumbukan.

Sumber: Christensen *et al.*, 2019





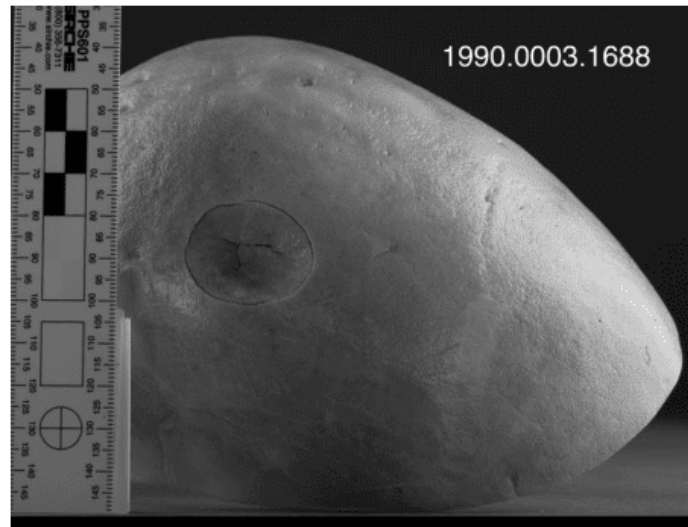
**Gambar 5.** Ilustrasi penampang gaya tarik dan tekan pada titik.

Sumber: Dirkmaat, 2012



**Gambar 6.** Kranium laki-laki dewasa dalam kasus bunuh diri/ lompat dari jendela.

Sumber: Martin and Anderson, 2014



**Gambar 7.** Kranium yang cedera akibat hantaman palu

Sumber: Martin and Anderson, 2014

Berdasarkan **Gambar 6** dan **7**, terdapat beberapa perbedaan yang terjadi antara trauma karena jatuh dari ketinggian dan karena hantaman benda tumpul dalam hal ini ialah palu. Lihat pada **Tabel 1** untuk mengetahui perbedaan antara 2 hal tersebut.

**Tabel 1.** Perbedaan trauma antara jatuh dari ketinggian dengan hantaman palu

Pembeda	Jatuh dari ketinggian	Hantaman palu
Pola fraktur	Menghasilkan fraktur yang lebih luas dan lebih kompleks pada kranium	Menghasilkan fraktur dengan pola yang lebih terbatas dan konsisten
Lokasi fraktur	Dapat terjadi pada berbagai bagian kranium, tergantung pada bagaimana tubuh jatuh	Hanya menyebabkan fraktur pada area yang terkena hantaman

Namun, perlu diingat bahwa setiap kasus dapat berbeda karena terdapat

pengaruh faktor instrinsik dan ekstrinsik. Perbedaan ini mungkin tidak selalu terlihat pada setiap individu.

### 3.3 Arah Trauma Benda Tumpul

Bagian sisi pada trauma juga dapat memberi gambaran terkait peristiwa traumatis yang terjadi. Penelitian dilakukan oleh Kremer *et al* (2009) dalam Kranioti (2015) didasarkan pada studi retrospektif terhadap 113 kasus forensik, diantaranya jatuh dari ketinggian dan pukulan pada kasus pembunuhan. Penelitian ini mengamati bahwa pada kasus terjatuh dari ketinggian, fraktur linier di sisi kanan lebih dominan, karena perlindungan pertama korban saat terjatuh adalah mencoba menempatkan tangan kanan mereka dan oleh karenanya sisi kanan kepala lebih rentan membentur permukaan tanah [2].

Pada kasus pembunuhan dengan penyerangan akan membutuhkan kontak

dekat antara penyerang dan korban. Dalam beberapa kasus penyerangan, sering kali tidak dimulai dengan niat untuk melakukan pembunuhan sehingga senjata yang diambil sesuai yang ada di lokasi pada saat kejadian. Fraktur pada bagian wajah hampir tidak pernah disebabkan oleh jatuh dari ketinggian, akan tetapi sering ditemukan pada kasus penyerangan [7].

Penelitian oleh Kremer *et al* (2009) dalam Kranioti (2015) juga menyatakan bahwa fraktur pada kranium di sisi kiri lebih sering dikaitkan dengan pukulan yang berasal dari pelaku karena pelaku yang menghadap ke korban. Jika pelaku berdiri di belakang korban, pukulan dengan tangan kanan pelaku lebih cenderung mengenai kepala bagian kanan korban. Posisi fraktur pada sisi kanan posterior dapat dihubungkan dengan pola yang paling sering ditemukan pada trauma karena serangan kekerasan, dengan asumsi agresor tangan kanan [2]. Sekitar 75% dari kematian akibat trauma benda tumpul disebabkan oleh beberapa luka dengan melibatkan cedera besar pada kepala dan leher. Adanya trauma benda tumpul tidak mengesampingkan bentuk kekerasan lainnya [7].

Ciri lain pada kasus penyerangan dapat dilihat dari bagian tangan serta lengan korban yang terdapat bekas luka. Hal ini dikarenakan pada saat penyerangan, korban berupaya untuk memasang perlindungan dan pertahanan untuk dirinya. Menurut Judd dalam buku Wedel, indikator

perlindungan dan pertahanan yang dilakukan korban ialah adanya fraktur pada ulna. Upaya tersebut mungkin dilakukan dengan mempronasikan dan mengangkat tangan untuk melindungi kepala dan tubuh [7]. Dalam posisi ini, ulna terletak paling dekat dengan sumber kekerasan, sehingga sangat logis apabila dihubungkan dengan adanya kasus penyerangan.

Seperti yang telah dijelaskan dari beberapa penelitian di atas, dalam menghadapi kasus para ahli forensik dapat menggunakan tanda-tanda trauma pada tulang untuk mencoba memperkirakan arah serangan yang mungkin terjadi. Misalnya melakukan identifikasi tanda-tanda khusus yang dapat mengindikasikan arah serangan seperti tanda-tanda terpukul secara langsung dari satu arah yang ditandai adanya patahan atau retakan yang sejajar dengan tulang panjang atau trauma yang menunjukkan adanya tekanan pada satu sisi tulang. Namun penelitian yang telah dilakukan tersebut hanya memperkirakan bahwa korban dan penyerang bukan seorang kidal, sehingga memungkinkan terdapat perbedaan tanda khusus apabila pelaku atau korban adalah seorang kidal. Tentang ini dapat dilakukan penelitian yang mempertimbangkan objek penelitian pada korban atau pelaku yang kidal.

Perlu diketahui bahwa setiap kasus trauma tulang adalah unik, dan ada faktor-faktor lain yang juga perlu dipertimbangkan, seperti gaya serangan, posisi korban, dan

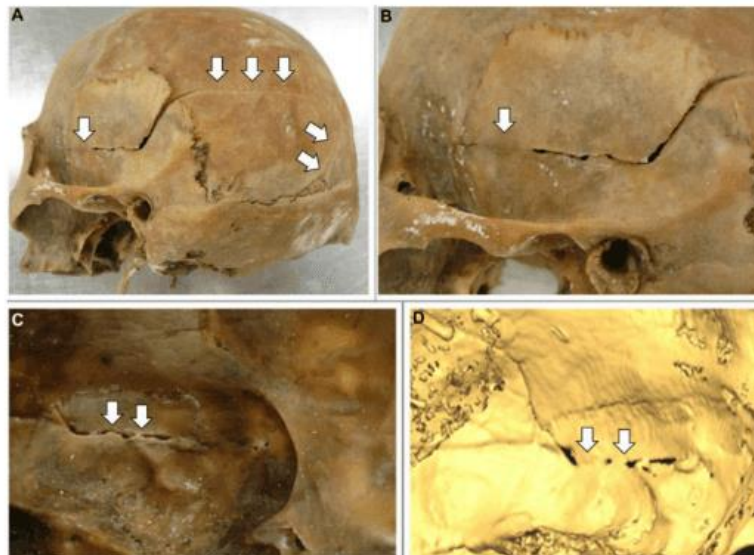
kekuatan yang digunakan. Oleh karena itu, interpretasi akhir harus dilakukan dengan hati-hati dan mempertimbangkan semua faktor yang relevan.

### 3.4 Waktu Trauma

Salah satu yang juga menjadi tantangan dalam analisis trauma adalah penilaian waktu cedera. Untuk menilai waktu terjadinya cedera, dibedakan atas trauma antemortem (terjadi sebelum kematian), perimortem (pada atau sekitar kematian), dan postmortem (setelah kematian) [8]. Kriteria yang digunakan oleh antropolog untuk membedakan trauma pada tulang perimortem atau kerusakan postmortem antara lain warna permukaan fraktur, morfologi pola fraktur, sudut margin

fraktur, lokasi anatomi cedera, dan kerusakan atau petunjuk lain tergantung yang konteks, seperti modifikasi hewan karnivora, kerusakan saat penggalian, pelapukan dan lain-lain [7].

Trauma antemortem diindikasikan bila terdapat bukti sembuh seperti tanda-tanda *remodeling*, osteofit dan pembentukan kalus atau jembatan tulang. Tanda-tanda ini menunjukkan bahwa tulang sedang dalam proses penyembuhan saat kematian terjadi (**Gambar 8**). Meskipun proses penyembuhan dimulai sesaat setelah cedera, dibutuhkan setidaknya 1-3 minggu sampai tanda-tanda tersebut menjadi jelas. Klasifikasi kalus (di mana kalsium berasal dari tepi fraktur) dimulai setelah minggu ke-3 [2].



**Gambar 8.** Fraktur tulang parietal kiri setelah kecelakaan mobil 25 tahun yang lalu.

Sumber: Departemen Ilmu Forensik, Universitas Kreta dalam *Kranioti*, 2015.

Pada **Gambar 8** dapat dilihat jembatan tulang (panah) pada permukaan ekokranial (A dan B) dan endokranial (C dan D). Gambar D mengilustrasikan permukaan endokranial dalam rekonstruksi 3D dari data CT scan.

Pemeriksaan dilakukan pada 127 tengkorak dari Perang Saudara Amerika oleh Barbian dan Sledzik (2008) dalam Kranioti (2015) yang mencakup analisis waktu cedera. Hasilnya bukti penyembuhan fraktur berupa respon osteoblastik dan osteoklastik, garis demarkasi. Selain itu ditemukan respon osteoklastik pada permukaan ekokranial kira-kira 5 hari setelah cedera sedangkan aktivitas osteoblastik dan osteoklastik dilaporkan pada semua kasus selama 6 minggu setelah cedera [2].

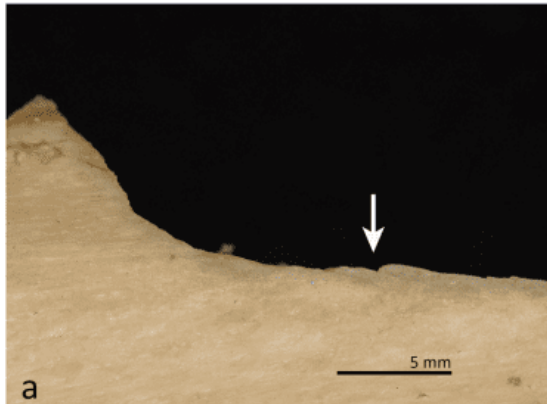
Pola makroskopis yang digunakan untuk membedakan antara fraktur perimortem dan postmortem adalah konsekuensi dari biomekanik tulang dan karakteristik komposisi dari tulang tersebut. Warna adalah sifat yang dapat diandalkan dan diketahui karena setiap fraktur setelah dekomposisi akan memberikan warna yang berbeda dan memungkinkan untuk membedakan permukaan tulang yang lama (perimortem) dari permukaan tulang baru (postmortem) yang terbuka [2]. Ini dikarenakan permukaan tulang yang telah terkubur atau bersentuhan dengan tanah yang kaya mineral serta melalui proses dekomposisi, tulang yang terpapar akan

berubah warna akibat pelepasan cairan tubuh sehingga menjadi ternoda dan memberikan warna yang berbeda [7].

Estimasi waktu trauma juga dapat dilihat melalui karakteristik kondisi tulang sebelum fraktur. Hal ini dikarenakan kadar air pada tulang memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap morfologi rekahan [10]. Untuk mengetahui perbedaan trauma perimortem dan postmortem, dapat diingat bahwa tulang segar cenderung lembab, mengandung air dan komponen organik seperti lipid serta kolagen. Hal ini yang menjadikan tulang kaku dan elastis. Sedangkan tulang dengan kondisi kering akan kekurangan komponen organik yang menjadikan tulang kaku dan rapuh [2].

Pada trauma benda tumpul, tulang baru dengan karakteristik basah cenderung mengalami kegagalan sepanjang jalur spiral atau heliks dan meninggalkan permukaan fraktur yang halus dan rata [10]. Hal ini dikarenakan tulang basah terlebih dahulu akan melalui fase plastis dimana tulang mengalami deformasi sebelum fraktur [2] (**Gambar 9**). Hilangnya viskoelastisitas pada tulang kering membuat tulang tidak mampu menahan regangan atau deformasi elastis sebanyak tulang basah dan lebih sensitif terhadap degradasi. Hal ini akan menyebabkan tulang kering mengalami patah dengan cepat setelah ambang kekuatan tercapai, sehingga tulang kering cenderung lebih rapuh yang menyebabkan garis patahan memanjang atau tegak lurus

dengan butiran tulang sehingga menyebabkan tepi bergerigi [10] (**Gambar 10**).



**Gambar 9.** Tulang basah dengan tepi yang halus.

Sumber: Scheirs *et al.*, 2017



**Gambar 10.** Tulang kering dengan tepi yang jelas tidak beraturan dan rapuh.

Sumber: Scheirs *et al.*, 2017

Paparan diatas menjelaskan bahwa cedera yang diterima saat antemortem dapat diindikasikan apabila terlihat bukti sembuh seperti tanda-tanda remodeling, osteofit dan pembentukan kalus. Sedangkan untuk cedera yang diterima saat perimortem dan postmortem dapat terlihat berdasarkan warna serta tepi patahan yang didasarkan pada ada tidaknya tanda-tanda respon

biologis. Perbedaan lain mungkin dapat terlihat dari posisi tulang dan keberadaan fraktur saat antemortem, perimortem, serta postmortem. Hal ini berpotensi untuk dilakukan penelitian yang menaruh perhatian pada hal tersebut.

#### 4. KESIMPULAN

Fraktur butterfly merupakan fraktur yang paling khas terlihat pada tulang panjang yang disebabkan oleh trauma benda tumpul, sedangkan trauma oleh benda tumpul pada kranium dapat membentuk pola retakan yang berpusat (*concentric fractures*) serta memancar (*radiating fractures*). Bagian sisi pada trauma juga dapat memberi gambaran terkait peristiwa traumatis yang terjadi, seperti perkiraan arah serangan yang diterima korban. Selain itu, penilaian waktu cedera menjadi tantangan dalam analisis investigasi antropologi forensik, dimana hal ini dibedakan atas trauma antemortem, perimortem serta postmortem. Trauma antemortem diindikasikan bila terdapat bukti sembuh seperti tanda-tanda remodeling, osteofit, dan pembentukan kalus atau jembatan tulang. Untuk mengetahui perbedaan trauma perimortem dan postmortem, dapat diingat bahwa tulang segar cenderung lembab, mengandung air dan komponen organik seperti lipid serta kolagen sehingga trauma yang diterima pada tulang basah meninggalkan permukaan fraktur yang halus dan rata, sedangkan tulang dengan kondisi kering akan



kekurangan komponen organik yang menjadikan tulang kaku dan rapuh sehingga garis patahan memanjang atau tegak lurus dengan butiran tulang sehingga menyebabkan tepi bergerigi.

Perlu diingat bahwa setiap kasus dapat berbeda karena terdapat pengaruh faktor instrinsik dan ekstrinsik. Perbedaan ini mungkin tidak selalu terlihat pada setiap individu.

Penelitian selanjutnya dapat menaruh perhatian pada arah serangan maupun lokasi cedera pada pelaku atau korban yang kidal. Selain itu dalam analisis perkiraan waktu trauma memungkinkan untuk dilihat dari posisi tulang serta keberadaan fraktur saat antermortem, perimortem, dan postmortem.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Ilmu Forensik Fakultas Sekolah Pasca Sarjana Universitas Airlangga, terkhusus kepada Prof. Dr. Toetik Koesbardiati, dra. DFM serta semua pihak yang membantu dalam proses penulisan artikel ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Christensen, N. V Passalacqua, and Bartelink Eric J, "Forensic Anthroponology," in *Forensic Anthropology*, Elsevier, 2019, pp. i–ii. doi: 10.1016/b978-0-12-815734-3.09990-5.
- [2] E. Kranjoti, "Forensic investigation of cranial injuries due to blunt force trauma: current best practice," *Research and Reports in Forensic Medical Science*, p. 25, Oct. 2015, doi: 10.2147/rrfms.s70423.
- [3] D. C. Dirkmaat, *A Companion to Forensic Anthropology*. West Sussex: Wiley Blackwell, 2012.
- [4] S. Blau, "How traumatic: a review of the role of the forensic anthropologist in the examination and interpretation of skeletal trauma," *Australian Journal of Forensic Sciences*, 2016.
- [5] D. L. Martin and C. P. Anderson, "Bioarchaeological and Forensic Perspectives on Violence: How Violent Death is Interpreted from Skeletal Remains," New York, 2014.
- [6] C. Clark, C. G. Mole, and M. Heyns, "Patterns of blunt force homicide in the West Metropole of the City of Cape Town, South Africa," *S Afr J Sci*, vol. 113, no. 5–6, May 2017, doi: 10.17159/sajs.2017/20160214.
- [7] V. L. Wedel and A. Galloway, *Broken Bones Anthropological Analysis of Blunt Force Trauma Second Edition*. Illinois: Charles C Thomas, 2014.
- [8] S. Scheirs *et al.*, "New insights in the analysis of blunt force trauma in human bones. Preliminary results," *Int J Legal Med*, vol. 131, no. 3, pp. 867–875, May 2017, doi: 10.1007/s00414-016-1514-1.
- [9] M. Y. and S. M. İŞCAN, *THE HUMAN SKELETON IN FORENSIC MEDICINE- Third Edition*. Illinois: Charles C Thomas, 2013.
- [10] L. Coelho and H. F. V. Cardoso, "Timing of blunt force injuries in long bones: The effects of the environment, PMI length and human surrogate model," *Forensic Sci Int*, vol. 233, no. 1–3, pp. 230–237, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.forsciint.2013.09.022.