



Analisis Investigasi Forensik dalam Mengungkap Penyebab Kematian pada Kasus Tenggelam

Meisy Fania Cantika Ketaren^{1*}, Suandy²

¹Program Studi Sarjana Kedokteran, Universitas Prima Indonesia

²Department of Biochemistry, Universitas Prima Indonesia

*Penulis Korespondensi: meisyfaniacantikaketaren@gmail.com

Abstract. Drowning is one of the leading causes of accidental death worldwide and remains a major challenge in forensic investigations due to the complexity of determining the exact cause and mechanism of death. This study aimed to analyze forensic investigation methods used to determine the cause of death in drowning cases. The research employed a qualitative descriptive literature review approach by analyzing scientific articles, forensic journals, and medical references related to drowning investigations. Data were collected through literature searches from Google Scholar, PubMed, and Portal Garuda using keywords related to forensic drowning investigations. The findings indicate that forensic investigation in drowning cases requires a comprehensive approach involving external examination, autopsy, laboratory examination, histopathology, diatom analysis, toxicology, and crime scene investigation. Typical forensic findings include foam cone, washerwoman's hands, cutis anserina, emphysema aquosum, and the presence of foreign materials in the respiratory and digestive tracts. Diatom examination and histopathological analysis also play important roles in strengthening the diagnosis of drowning. The study concludes that an integrated forensic investigation based on scientific evidence is essential to accurately determine the cause and manner of death in drowning cases and to support medicolegal processes in Indonesia.

Keywords: autopsy; drowning; forensic investigation; medicolegal; asphyxia.

Abstrak. Tenggelam merupakan salah satu penyebab utama kematian tidak disengaja di dunia dan masih menjadi tantangan dalam investigasi forensik karena kompleksitas penentuan sebab serta mekanisme kematian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis metode investigasi forensik yang digunakan dalam mengungkap penyebab kematian pada kasus tenggelam. Penelitian menggunakan metode literature review dengan pendekatan deskriptif kualitatif melalui analisis berbagai jurnal ilmiah, artikel forensik, dan referensi kedokteran terkait investigasi tenggelam. Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran literatur dari Google Scholar, PubMed, dan Portal Garuda menggunakan kata kunci yang berkaitan dengan investigasi forensik tenggelam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa investigasi forensik pada kasus tenggelam memerlukan pendekatan komprehensif yang meliputi pemeriksaan luar, autopsi, pemeriksaan laboratorium, histopatologi, analisis diatom, toksikologi, serta investigasi tempat kejadian perkara. Temuan forensik khas yang sering ditemukan meliputi foam cone, washer woman's hands, cutis anserina, emphysema aquosum, serta adanya benda asing pada saluran napas dan pencernaan. Pemeriksaan diatom dan histopatologi juga berperan penting dalam memperkuat diagnosis tenggelam. Penelitian ini menyimpulkan bahwa investigasi forensik yang terintegrasi dan berbasis bukti ilmiah sangat diperlukan untuk memastikan ketepatan penentuan sebab dan cara kematian pada kasus tenggelam serta mendukung proses medikolegal di Indonesia.

Kata Kunci: asfiksia; autopsi; investigasi forensik; medikolegal; tenggelam.

1. LATAR BELAKANG

Tenggelam (*drowning*) merupakan salah satu bentuk kematian tidak wajar yang secara konsisten menempati posisi signifikan dalam statistik mortalitas global. Menurut van Beeck *et al.* (2005), tenggelam didefinisikan sebagai proses gangguan pernapasan akibat terendam atau terbenamnya jalan napas di dalam cairan. Definisi tersebut disepakati secara internasional dalam *World Congress on Drowning* tahun 2002 dan hingga kini masih digunakan dalam berbagai pedoman klinis maupun forensik. Kematian akibat tenggelam termasuk ke dalam

kelompok asfiksia mekanik, yaitu keadaan ketika suplai oksigen ke jaringan tubuh mengalami gangguan akibat hambatan proses respirasi.

Secara epidemiologis, tenggelam masih menjadi permasalahan kesehatan masyarakat yang serius di berbagai negara. *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2021 melaporkan bahwa lebih dari 320.000 kematian terjadi setiap tahun akibat tenggelam, sehingga menjadikannya sebagai salah satu penyebab utama kematian tidak disengaja di dunia. Angka tersebut diperkirakan lebih rendah dibandingkan kondisi sebenarnya karena masih banyak kasus yang tidak tercatat secara resmi, terutama di negara berkembang dengan sistem registrasi kematian yang belum optimal. Di Indonesia, kejadian tenggelam sering ditemukan di wilayah pesisir, sungai, danau, maupun kolam renang, dengan kelompok usia anak dan remaja sebagai korban terbanyak. Kondisi ini menunjukkan bahwa tenggelam bukan hanya menjadi masalah klinis, tetapi juga persoalan medikolegal yang membutuhkan pendekatan forensik secara sistematis. Dalam perspektif kedokteran forensik, kasus tenggelam memiliki kompleksitas tersendiri. Dolinak, Matshes, dan Lew (2019) menjelaskan bahwa dokter forensik tidak hanya bertugas menentukan bahwa kematian terjadi akibat tenggelam, tetapi juga harus mampu menjelaskan mekanisme kematian, menentukan cara kematian (*manner of death*), serta membedakan apakah kejadian tersebut bersifat aksidental, suicidal, maupun homicidal. Penentuan tersebut memiliki nilai penting dalam proses pembuktian hukum karena beberapa kasus pembunuhan dapat disamakan sebagai kecelakaan di air.

Mekanisme kematian pada kasus tenggelam melibatkan respons fisiologis yang kompleks. Szpilman *et al.* (2012) menjelaskan bahwa saat jalan napas terendam cairan, tubuh akan mengalami refleksi laringospasme sebagai mekanisme protektif. Apabila kondisi tersebut berlangsung lama, akan terjadi hipoksia berat yang diikuti masuknya cairan ke paru-paru (*wet drowning*), gangguan pertukaran gas, hiperkapnia, asidosis metabolik, hingga henti jantung. Pada sebagian kecil kasus, kematian dapat terjadi tanpa ditemukannya cairan dalam jumlah signifikan di paru-paru akibat spasme laring berkepanjangan yang dikenal sebagai *dry drowning*. Pemahaman mengenai mekanisme patofisiologi tersebut sangat penting dalam interpretasi temuan autopsi forensik. Berbagai penelitian terdahulu telah membahas metode diagnosis forensik pada kasus tenggelam. Lunetta, Modell, dan Sajantila (2013) menyatakan bahwa pemeriksaan diatom memiliki nilai penting dalam membantu menegakkan diagnosis tenggelam meskipun masih memiliki keterbatasan sensitivitas dan spesifisitas. Penelitian lain yang dilakukan oleh Blokhin *et al.* (2019) menilai biomarker serum sebagai alat bantu konfirmasi kematian akibat tenggelam, sedangkan Barranco *et al.* (2019) mengkaji analisis biokimia *postmortem* untuk membedakan tenggelam di air tawar dan air laut. Meskipun

demikian, penelitian forensik mengenai tenggelam di Indonesia masih relatif terbatas, terutama penelitian yang mengintegrasikan pemeriksaan tempat kejadian perkara, autopsi, pemeriksaan histopatologi, toksikologi, dan aspek medikolegal secara komprehensif.

Berdasarkan telaah literatur tersebut, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) dalam kajian forensik di Indonesia terkait pendekatan investigasi menyeluruh pada kasus tenggelam. Sebagian besar penelitian hanya membahas satu aspek tertentu, seperti temuan autopsi atau pemeriksaan diatom, tanpa menghubungkannya dengan aspek investigasi medikolegal secara terpadu. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan kajian ilmiah yang lebih komprehensif mengenai metode investigasi forensik pada kematian akibat tenggelam. Urgensi penelitian ini berkaitan dengan meningkatnya kebutuhan akan investigasi forensik yang akurat dan berbasis bukti ilmiah dalam penanganan kasus tenggelam. Perkembangan modus operandi tindak kriminal yang memanfaatkan media air menuntut kemampuan dokter forensik dan aparat penegak hukum untuk mengidentifikasi penyebab kematian secara tepat. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan ilmiah dalam praktik kedokteran forensik serta membantu proses penegakan hukum di Indonesia. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis metode investigasi forensik dalam mengungkap sebab kematian pada kasus tenggelam, menelaah temuan autopsi dan pemeriksaan laboratorium yang relevan, serta memberikan kerangka ilmiah yang dapat diaplikasikan dalam praktik kedokteran forensik di Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

Definisi dan Klasifikasi Asfiksia

Asfiksia secara etimologis berasal dari bahasa Yunani, yaitu *a-* yang berarti “tanpa” dan *sphyxis* yang berarti “denyut nadi”. Dalam terminologi medis modern, DiMaio dan DiMaio (2022) menjelaskan bahwa asfiksia merupakan kondisi patologis akibat berkurangnya suplai oksigen (*hypoxia*) yang disertai peningkatan kadar karbon dioksida (*hypercapnia*) dalam darah maupun jaringan tubuh. Dalam kajian kedokteran forensik, asfiksia diklasifikasikan berdasarkan mekanisme penyebabnya menjadi beberapa kelompok, yaitu asfiksia mekanik, asfiksia toksik, asfiksia patologis, dan asfiksia lingkungan. Asfiksia mekanik meliputi gangguan pernapasan akibat hambatan fisik terhadap jalan napas atau proses respirasi, seperti pada kasus tenggelam, strangulasi, sufokasi, dan kompresi dada.

Sementara itu, asfiksia toksik terjadi akibat paparan zat kimia tertentu, seperti karbon monoksida dan sianida, yang menghambat transportasi maupun pemanfaatan oksigen oleh

jaringan tubuh. Asfiksia patologis berhubungan dengan penyakit atau gangguan neurologis yang menyebabkan kelumpuhan otot pernapasan, sedangkan asfiksia lingkungan terjadi akibat rendahnya kadar oksigen di lingkungan tertentu, misalnya ruang tertutup atau area dengan ventilasi buruk. Dalam konteks kedokteran forensik, tenggelam termasuk ke dalam kelompok asfiksia mekanik yang terjadi akibat masuknya cairan ke dalam saluran pernapasan sehingga mengganggu pertukaran gas di alveolus paru-paru. Idris *et al.* (2003) melalui pedoman *Utstein Style for Drowning* membagi kondisi tenggelam menjadi beberapa kategori berdasarkan luaran klinis, yaitu *drowning* dengan kematian, *drowning* dengan morbiditas, dan *drowning* tanpa morbiditas. Klasifikasi tersebut penting digunakan dalam dokumentasi klinis maupun investigasi medikolegal karena membantu standardisasi pelaporan kasus tenggelam.

Patofisiologi Tenggelam

Patofisiologi tenggelam berlangsung melalui tahapan fisiologis yang kompleks dan saling berkaitan. Szpilman *et al.* (2012) menjelaskan bahwa tahap awal tenggelam dimulai ketika korban mengalami *surprise apnea*, yaitu penahanan napas secara refleks saat wajah atau kepala terendam air. Pada fase ini korban masih berusaha mempertahankan diri di permukaan air melalui gerakan perjuangan (*struggle phase*). Seiring menurunnya cadangan oksigen tubuh, korban akan mengalami hiperventilasi involunter yang menyebabkan inhalasi cairan ke saluran pernapasan. Masuknya cairan ke dalam laring memicu terjadinya laringospasme sebagai respons protektif tubuh terhadap benda asing. Pada sebagian kasus, spasme laring dapat menyebabkan kematian tanpa ditemukannya cairan dalam jumlah bermakna di paru-paru yang dikenal sebagai *dry drowning*. Namun, hipoksia progresif akhirnya menyebabkan relaksasi laring sehingga cairan masuk ke saluran napas bawah dan alveolus paru-paru. Kondisi ini dikenal sebagai *wet drowning* dan merupakan bentuk tenggelam yang paling sering ditemukan.

Modell & Moya (1966) menjelaskan bahwa pada tenggelam di air tawar terjadi absorpsi cairan hipotonik secara cepat ke dalam sirkulasi paru sehingga menyebabkan hemodilusi, hemolisis, dan hipervolemia. Sebaliknya, pada tenggelam di air laut yang bersifat hipertonik, cairan plasma akan tertarik ke dalam alveolus sehingga menyebabkan hemokonsentrasi dan hipovolemia. Terlepas dari jenis cairan yang dihirup, kedua kondisi tersebut pada akhirnya menyebabkan gangguan pertukaran gas, hipoksia jaringan, asidosis metabolik, aritmia jantung, hingga kematian. Selain faktor cairan, suhu lingkungan juga memengaruhi perjalanan patofisiologi tenggelam. Pada kondisi air yang sangat dingin, *hypothermic submersion* dapat memperlambat metabolisme tubuh dan memperpanjang waktu toleransi terhadap hipoksia,

terutama pada anak-anak. Oleh karena itu, interpretasi forensik terhadap kasus tenggelam harus mempertimbangkan faktor lingkungan secara menyeluruh.

Tanda Forensik pada Korban Tenggelam

Pemeriksaan eksternal jenazah korban tenggelam dapat menunjukkan berbagai tanda khas yang membantu penegakan diagnosis forensik. Piette dan De Letter (2006) menjelaskan bahwa salah satu temuan yang sering ditemukan adalah *washerwoman's hands*, yaitu perubahan berupa pengerutan, pembengkakan, dan pelepasan epidermis pada telapak tangan maupun kaki akibat perendaman dalam air. Derajat perubahan kulit tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan lama jenazah berada di dalam air. Temuan lain yang sering dijumpai adalah *cutis anserina* atau “kulit angsa”, yaitu kontraksi otot *arrector pili* akibat paparan suhu dingin. Tanda ini dapat menetap setelah kematian dan sering ditemukan pada korban tenggelam. Selain itu, dapat ditemukan busa halus berwarna putih atau merah muda (*foam cone*) pada hidung dan mulut korban.

Dolinak, Matshes, dan Lew (2019) menyebutkan bahwa busa tersebut terbentuk akibat campuran udara, cairan tenggelam, mukus, dan surfaktan paru yang mengalami agitasi selama proses respirasi terakhir korban. Dalam kasus asfiksia akibat tenggelam, pemeriksaan mata dapat menunjukkan hiperemia konjungtiva dan perdarahan petekial akibat peningkatan tekanan vena selama proses hipoksia. Pemeriksaan internal biasanya memperlihatkan paru-paru yang membesar, pucat keabu-abuan, dan bertekstur seperti spons. Kondisi ini dikenal sebagai *emphysema aquosum* yang terjadi akibat overdistensi alveolus oleh campuran udara dan cairan. Selain itu, cairan tenggelam dapat ditemukan di bronkus, sinus paranasal, maupun lambung korban. Temuan cairan dalam lambung memiliki nilai forensik penting karena menunjukkan bahwa korban masih hidup ketika masuk ke dalam air dan sempat menelan cairan sebelum meninggal dunia.

Pemeriksaan Autopsi pada Kasus Tenggelam

Autopsi forensik pada kasus tenggelam dilakukan secara sistematis untuk menentukan penyebab dan mekanisme kematian. Vege et al., (2018) menjelaskan bahwa pemeriksaan dimulai dari inspeksi eksternal terhadap pakaian, luka, tanda kekerasan, serta perubahan *postmortem*. Dokumentasi temuan eksternal sangat penting untuk membedakan trauma yang terjadi sebelum kematian dengan cedera akibat benturan selama jenazah berada di dalam air.

Pemeriksaan internal dilakukan dengan membuka rongga dada secara hati-hati guna mempertahankan cairan yang terdapat di saluran napas. Paru-paru diperiksa untuk menilai adanya *emphysema aquosum*, edema paru, serta perdarahan subpleural yang dikenal sebagai

Paltauf's spots. Temuan tersebut merupakan salah satu indikator penting dalam diagnosis tenggelam. Selain pemeriksaan paru, lambung juga diperiksa untuk melihat adanya cairan atau benda asing yang tertelan selama proses tenggelam. Pemeriksaan organ lain seperti jantung, otak, hati, dan ginjal tetap dilakukan untuk mengevaluasi kemungkinan penyakit penyerta maupun penyebab kematian alternatif.

Pemeriksaan Diatom

Diatom merupakan mikroorganisme uniseluler dari kelas *Bacillariophyta* yang memiliki dinding sel silika (*frustule*) sehingga tahan terhadap proses pembusukan maupun perlakuan kimia. Menurut Verma (2015), pemeriksaan diatom menjadi salah satu metode penting dalam investigasi forensik kasus tenggelam karena diatom dapat masuk ke sirkulasi darah dan tersebar ke organ tubuh apabila korban masih hidup saat terendam air.

Pemeriksaan diatom dilakukan melalui proses destruksi jaringan menggunakan asam nitrat pekat atau metode *microwave-assisted destruction*, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi mikroskopis menggunakan mikroskop cahaya maupun *scanning electron microscope* (SEM). Positif diatom pada paru-paru saja belum cukup untuk menegaskan diagnosis tenggelam karena kontaminasi lingkungan masih mungkin terjadi.

Konfirmasi diagnosis memerlukan ditemukannya jenis diatom yang identik antara jaringan organ korban dan sampel air dari lokasi kejadian, terutama pada organ tertutup seperti sumsum tulang dan otak. Oleh sebab itu, pengambilan sampel air di tempat kejadian perkara menjadi bagian penting dalam investigasi forensik tenggelam.

Aspek Medikolegal Kasus Tenggelam

Dalam kasus tenggelam, dokter forensik memiliki peran penting dalam proses penegakan hukum. Afandi (2010) menjelaskan bahwa *Visum et Repertum* (*VeR*) merupakan dokumen medikolegal yang dibuat berdasarkan permintaan resmi penyidik untuk menjelaskan hasil pemeriksaan medis terhadap korban. Pada kasus tenggelam, *VeR* harus memuat deskripsi temuan autopsi, interpretasi forensik, serta kesimpulan mengenai sebab dan cara kematian.

Dalam sistem hukum Indonesia, pelaksanaan pemeriksaan forensik mengacu pada Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana (KUHP), khususnya Pasal 133 dan Pasal 179 yang mengatur permintaan keterangan ahli serta kewajiban dokter memberikan pendapat profesional di persidangan. Dokter forensik bertindak sebagai *expert witness* yang harus mampu menjelaskan temuan ilmiah secara objektif dan mudah dipahami oleh aparat penegak hukum.

Penentuan apakah suatu kasus tenggelam bersifat aksidental, suicidal, atau homicidal memiliki konsekuensi hukum yang besar. Oleh karena itu, interpretasi medikolegal harus dilakukan secara hati-hati berdasarkan integrasi temuan autopsi, pemeriksaan laboratorium, dan investigasi tempat kejadian perkara.

Investigasi Forensik Komprehensif

Investigasi forensik pada kasus tenggelam tidak dapat dilakukan hanya melalui pemeriksaan jenazah, tetapi harus dikombinasikan dengan pemeriksaan tempat kejadian perkara (*crime scene investigation*). Piette dan De Letter (2006) menjelaskan bahwa investigasi lokasi kejadian meliputi pengambilan sampel air, dokumentasi kondisi lingkungan, pencarian barang bukti, serta rekonstruksi kemungkinan urutan kejadian. Pemeriksaan toksikologi *postmortem* juga memiliki peran penting dalam menentukan faktor yang berkontribusi terhadap kematian korban.

Analisis alkohol, narkotika, maupun racun tertentu dapat membantu menjelaskan apakah korban berada dalam kondisi intoksikasi sebelum tenggelam atau terdapat indikasi tindak kriminal. Selain itu, pemeriksaan histopatologi pada paru-paru, jantung, ginjal, dan otak memberikan gambaran mikroskopis mengenai mekanisme kematian. Vege *et al.* (2018) menjelaskan bahwa edema alveolar, deskuamasi sel alveolar, dan perdarahan perivaskular merupakan temuan histopatologi yang sering ditemukan pada korban tenggelam. Lunetta, Modell, dan Sajantila (2013) juga menunjukkan bahwa kombinasi pemeriksaan histopatologi dengan analisis diatom dapat meningkatkan akurasi diagnosis forensik pada kasus tenggelam secara signifikan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi kepustakaan (*literature review*) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Snyder (2020) menjelaskan bahwa metode *literature review* memungkinkan peneliti melakukan sintesis terhadap berbagai hasil penelitian yang telah dipublikasikan sehingga dapat menghasilkan pemahaman yang lebih luas dan sistematis mengenai suatu topik penelitian. Dalam penelitian ini, pendekatan deskriptif digunakan untuk mengkaji dan menganalisis berbagai temuan ilmiah terkait investigasi forensik pada kasus tenggelam, meliputi pemeriksaan luar, autopsi, pemeriksaan laboratorium, mekanisme asfiksia, serta aspek medikolegal. Literatur utama yang digunakan berasal dari penelitian Wulur *et al.* (2013), Novitasari *et al.* (2023), dan Suryo *et al.* (2025) karena memiliki keterkaitan langsung dengan topik investigasi forensik pada kematian akibat tenggelam.

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran literatur secara daring menggunakan beberapa basis data ilmiah seperti Google Scholar, PubMed, dan Portal Garuda. Kata kunci yang digunakan antara lain “*forensic drowning*”, “*drowning autopsy*”, “*asphyxia drowning*”, “*medicolegal drowning*”, “forensik tenggelam”, dan “autopsi tenggelam”. Artikel yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan relevansi isi dengan topik penelitian. Literatur yang digunakan meliputi jurnal ilmiah, buku kedokteran forensik, dan artikel penelitian yang membahas pemeriksaan forensik pada kasus tenggelam, termasuk pemeriksaan diatom, histopatologi, toksikologi, dan *Visum et Repertum*. Selanjutnya, data dari masing-masing penelitian diklasifikasikan berdasarkan tema pembahasan untuk mempermudah proses analisis.

Analisis data dilakukan menggunakan metode analisis deskriptif kualitatif dengan membandingkan hasil dari berbagai penelitian yang digunakan. Tahapan analisis dilakukan melalui pembacaan menyeluruh terhadap isi jurnal, identifikasi temuan penting, pengelompokan data berdasarkan tema, serta penyusunan sintesis pembahasan secara sistematis. Model penelitian yang digunakan mengadaptasi konsep *Evidence-Based Forensic Medicine* (EBFM), yaitu pendekatan yang mengintegrasikan bukti ilmiah dalam praktik kedokteran forensik. Pendekatan tersebut digunakan untuk menganalisis hubungan antara temuan pemeriksaan luar, autopsi, pemeriksaan laboratorium, dan aspek medikolegal dalam menentukan sebab kematian pada kasus tenggelam secara ilmiah dan objektif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Kasus Tenggelam dalam Perspektif Forensik

Penelitian yang dilakukan oleh Wulur et al. (2013) menggunakan desain deskriptif retrospektif terhadap 15 kasus tenggelam yang diautopsi di BLU RSUD Prof. Dr. R. D. Kandou Manado selama periode Januari 2007 hingga Desember 2011. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa korban tenggelam didominasi oleh laki-laki dengan persentase sebesar 80%, sedangkan perempuan hanya 20%. Kelompok usia dewasa juga menjadi kelompok yang paling banyak ditemukan pada kasus tenggelam. Temuan ini sejalan dengan data epidemiologi global yang menyebutkan bahwa laki-laki memiliki risiko lebih tinggi mengalami kematian akibat tenggelam karena lebih sering terpapar aktivitas di lingkungan perairan, baik untuk pekerjaan maupun rekreasi.

Novitasari et al. (2023) melaporkan kasus seorang laki-laki yang ditemukan meninggal di bawah jembatan sungai dalam kondisi pembusukan lanjut. Kasus tersebut menjalani pemeriksaan luar, autopsi lengkap, pemeriksaan patologi anatomi, dan pemeriksaan

laboratorium forensik. Sementara itu, Suryo et al. (2025) membahas kasus seorang laki-laki berusia 37 tahun yang ditemukan meninggal di pantai dengan riwayat epilepsi. Kasus tersebut lebih menitikberatkan pada pemeriksaan luar dan aspek medikolegal.

Ketiga penelitian tersebut menunjukkan bahwa investigasi forensik pada kasus tenggelam harus dilakukan secara menyeluruh karena setiap kasus memiliki karakteristik yang berbeda, mulai dari kondisi jenazah, lokasi penemuan, hingga faktor penyerta yang dapat memengaruhi mekanisme kematian.

Temuan Pemeriksaan Luar pada Korban Tenggelam

Pemeriksaan luar merupakan tahap awal yang sangat penting dalam investigasi forensik kasus tenggelam. Suryo et al. (2025) melaporkan adanya busa halus berwarna putih pada mulut korban. Temuan ini merupakan salah satu tanda khas tenggelam yang terbentuk akibat campuran udara, cairan, mukus, dan surfaktan paru yang teragitasi selama korban masih bernapas di dalam air. Keberadaan busa tersebut menunjukkan bahwa korban masih hidup ketika terendam.

Wulur et al. (2013) melaporkan bahwa busa halus pada mulut dan saluran napas ditemukan pada 26,67% kasus. Rendahnya angka temuan tersebut dipengaruhi oleh kondisi jenazah yang sebagian besar sudah mengalami pembusukan serta adanya pembersihan jenazah sebelum dilakukan autopsi. Hal ini menunjukkan bahwa tanda-tanda forensik pada kasus tenggelam dapat menghilang apabila pemeriksaan tidak dilakukan segera.

Selain busa halus, tanda *washer woman's hands* juga ditemukan pada beberapa kasus. Tanda ini berupa kulit tangan dan kaki yang tampak pucat, basah, dan mengeriput akibat perendaman dalam air. Suryo et al. (2025) dan Novitasari et al. (2023) melaporkan temuan tersebut secara jelas, sedangkan Wulur et al. (2013) menemukannya pada sebagian kecil kasus. Derajat maserasi kulit ini dapat membantu memperkirakan lama perendaman jenazah walaupun dipengaruhi suhu air dan kondisi lingkungan.

Tanda *cutis anserina* atau “kulit angsa” juga dilaporkan oleh Suryo et al. (2025). Tanda ini terjadi akibat kontraksi otot *arrector pili* karena paparan suhu dingin dan dapat menetap setelah kematian. Selain itu, ditemukan pula *cadaveric spasm* pada beberapa kasus yang menunjukkan adanya kontraksi otot saat kematian akibat upaya korban mempertahankan diri di dalam air.

Temuan lain yang sering dijumpai adalah sianosis pada bibir dan kuku, lebam mayat berwarna keunguan, serta kaku mayat pada ekstremitas. Seluruh tanda tersebut mendukung adanya mekanisme asfiksia pada korban tenggelam.

Temuan Pemeriksaan Dalam (Autopsi) pada Korban Tenggelam

Pemeriksaan autopsi memberikan informasi yang lebih lengkap dan konklusif dibandingkan pemeriksaan luar. Novitasari et al. (2023) menemukan pasir pada kerongkongan, paru-paru, lambung, dan usus korban. Temuan ini memiliki nilai forensik yang penting karena menunjukkan bahwa korban masih hidup saat berada di dalam air dan mengalami proses inhalasi serta penelanan cairan. Wulur et al. (2013) juga menemukan benda asing pada saluran napas dan saluran pencernaan pada sebagian besar kasus yang diteliti. Temuan tersebut memperkuat diagnosis tenggelam sebagai penyebab kematian. Pada pemeriksaan paru ditemukan gambaran *emphysema aquosum*, yaitu paru-paru yang tampak membesar, pucat keabu-abuan, dan bertekstur seperti spons akibat campuran udara dan cairan di alveolus. Gambaran ini merupakan salah satu tanda khas tenggelam yang sering ditemukan pada autopsi.

Wulur et al. (2013) melaporkan bahwa tanda asfiksia ditemukan pada seluruh kasus autopsi. Tanda tersebut meliputi sianosis, kongesti organ dalam, perdarahan petekial, dan edema paru. Selain itu, ditemukan pula bercak *Paltauf's spots* pada beberapa kasus. Bercak tersebut merupakan perdarahan subpleural akibat robekan alveolus selama proses tenggelam. Novitasari et al. (2023) juga menemukan luka memar pada beberapa bagian tubuh korban. Namun, hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa luka tersebut tidak menjadi penyebab utama kematian sehingga sebab kematian tetap ditetapkan sebagai asfiksia akibat tenggelam. Hal ini menunjukkan pentingnya interpretasi forensik dalam membedakan luka antemortem dan postmortem.

Pemeriksaan Laboratorium: Getah Paru, Diatom, dan Histopatologi

Pemeriksaan laboratorium memiliki peran penting dalam memperkuat diagnosis forensik pada kasus tenggelam. Wulur et al. (2013) menyatakan bahwa pemeriksaan getah paru memberikan hasil positif pada seluruh kasus yang diperiksa sehingga dianggap sebagai salah satu pemeriksaan penting dalam diagnosis tenggelam. Pemeriksaan getah paru bertujuan mengidentifikasi benda asing seperti pasir, lumpur, dan ganggang yang masuk ke paru-paru saat korban masih hidup. Novitasari et al. (2023) juga menemukan hasil positif pemeriksaan ganggang pada getah paru korban, yang semakin memperkuat diagnosis tenggelam.

Pemeriksaan diatom menjadi salah satu metode laboratorium yang memiliki nilai diagnostik tinggi. Suryo et al. (2025) menjelaskan bahwa diatom dapat masuk ke sirkulasi darah apabila korban masih hidup saat tenggelam dan kemudian menyebar ke organ-organ tubuh seperti sumsum tulang, otak, dan ginjal. Oleh karena itu, ditemukannya diatom pada organ-organ tersebut merupakan bukti kuat bahwa tenggelam terjadi saat korban masih hidup.

Selain membantu menegakkan diagnosis, pemeriksaan diatom juga dapat digunakan untuk menentukan lokasi tenggelam melalui perbandingan jenis diatom pada jaringan korban dan sampel air di tempat kejadian perkara. Pemeriksaan histopatologi juga memberikan kontribusi penting. Novitasari et al. (2023) menemukan adanya edema alveolar dan tanda mati lemas pada jaringan paru serta jantung korban. Pemeriksaan histopatologi membantu membedakan tenggelam dari penyebab kematian lain yang memiliki gambaran serupa.

Mekanisme Kematian pada Tenggelam

Mekanisme kematian pada tenggelam pada dasarnya disebabkan oleh hipoksia akibat gangguan pertukaran gas di paru-paru. Novitasari et al. (2023) menjelaskan bahwa terdapat beberapa mekanisme tenggelam, yaitu *dry drowning* dan *wet drowning*. Pada *dry drowning*, terjadi spasme laring yang menyebabkan hambatan jalan napas tanpa banyak cairan masuk ke paru-paru. Sementara itu, pada *wet drowning*, cairan masuk ke alveolus sehingga menyebabkan edema paru dan gangguan oksigenasi yang berat.

Novitasari et al. (2023) juga menjelaskan perbedaan antara tenggelam di air tawar dan air laut. Tenggelam di air tawar menyebabkan hemodilusi dan hemolisis, sedangkan tenggelam di air laut menyebabkan hemokonsentrasi dan edema paru. Walaupun demikian, kedua kondisi tersebut pada akhirnya menyebabkan hipoksia serebral, henti jantung, dan kematian. Kasus yang dilaporkan oleh Suryo et al. (2025) menunjukkan bahwa riwayat epilepsi dapat menjadi faktor risiko tenggelam. Serangan epilepsi di lingkungan perairan dapat menyebabkan hilangnya kesadaran sehingga meningkatkan risiko tenggelam secara aksidental.

Aspek Medikolegal dan Peran *Visum et Repertum*

Aspek medikolegal merupakan bagian penting dalam investigasi kasus tenggelam. Suryo et al. (2025) menjelaskan bahwa pemeriksaan forensik dilakukan berdasarkan permintaan resmi penyidik melalui *Visum et Repertum (VeR)*. Dokumen tersebut menjadi alat bukti tertulis yang sah dalam proses hukum di Indonesia. Dokter forensik memiliki peran penting dalam menjelaskan sebab kematian, mekanisme kematian, dan cara kematian secara objektif berdasarkan temuan ilmiah.

Novitasari et al. (2023) menunjukkan bahwa investigasi forensik tidak hanya mencakup pemeriksaan jenazah, tetapi juga olah tempat kejadian perkara dan pemeriksaan laboratorium. Investigasi tempat kejadian perkara penting dilakukan untuk merekonstruksi kejadian dan mengambil sampel air untuk pemeriksaan diatom komparatif. Integrasi antara temuan TKP, autopsi, dan pemeriksaan laboratorium memungkinkan dokter forensik menentukan apakah kematian terjadi secara aksidental, suicidal, atau homicidal.

Pembahasan

Ketiga penelitian memiliki kelebihan dan keterbatasan masing-masing. Penelitian Wulur et al. (2013) memberikan gambaran autopsi yang cukup luas karena mencakup beberapa kasus dalam periode waktu yang panjang. Namun, penelitian tersebut memiliki keterbatasan berupa jumlah sampel yang relatif kecil dan desain retrospektif. Novitasari et al. (2023) memiliki kelebihan dalam penggunaan pendekatan investigasi yang lengkap, mulai dari autopsi hingga pemeriksaan laboratorium. Akan tetapi, penelitian tersebut hanya berupa laporan kasus sehingga generalisasi hasil masih terbatas.

Sementara itu, Suryo et al. (2025) memberikan penjelasan detail mengenai pemeriksaan luar dan aspek medikolegal, namun tidak dilengkapi pemeriksaan autopsi maupun pemeriksaan laboratorium lanjutan. Ketiga penelitian tersebut menunjukkan bahwa penelitian forensik tenggelam di Indonesia masih terbatas dan memerlukan pengembangan lebih lanjut, terutama penelitian dengan jumlah sampel yang lebih besar dan penggunaan metode laboratorium yang lebih lengkap. Berdasarkan ketiga penelitian yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa investigasi forensik pada kasus tenggelam harus dilakukan secara komprehensif melalui integrasi pemeriksaan luar, autopsi, pemeriksaan laboratorium, dan investigasi tempat kejadian perkara.

Pemeriksaan luar memberikan petunjuk awal berupa tanda-tanda khas tenggelam, sedangkan autopsi dan pemeriksaan laboratorium memberikan konfirmasi yang lebih kuat terhadap mekanisme kematian. Pemeriksaan getah paru, analisis diatom, histopatologi, dan toksikologi memiliki peran penting dalam memperkuat diagnosis forensik. Selain itu, aspek medikolegal melalui *Visum et Repertum* menjadi bagian penting dalam proses penegakan hukum. Dengan demikian, investigasi forensik yang sistematis dan berbasis bukti ilmiah sangat diperlukan untuk memastikan ketepatan penentuan sebab kematian pada kasus tenggelam.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan kajian terhadap tiga penelitian tentang investigasi forensik pada kasus tenggelam, dapat disimpulkan bahwa penetapan sebab kematian pada kasus tenggelam merupakan proses yang kompleks dan memerlukan pendekatan multidisipliner yang komprehensif. Pemeriksaan luar memberikan temuan awal yang penting berupa tanda-tanda khas tenggelam seperti *foam cone*, *washer woman's hands*, *cutis anserina*, dan *cadaveric spasm*, namun tidak cukup untuk memberikan konfirmasi definitif tanpa disertai autopsi dan pemeriksaan laboratorium. Autopsi sistematis, pemeriksaan getah paru, analisis diatom,

histopatologi, dan toksikologi merupakan komponen-komponen yang secara kolektif membangun dasar ilmiah yang kuat dalam penetapan sebab dan cara kematian. Integrasi temuan forensik dengan investigasi TKP dan rekonstruksi kejadian memungkinkan dokter forensik untuk menyajikan keterangan medikolegal yang ilmiah, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan dalam sistem peradilan Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Prima Indonesia yang telah memberikan dukungan akademik dan fasilitas dalam penyusunan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh dosen pembimbing dan pihak-pihak yang telah memberikan masukan, arahan, serta bantuan selama proses penyusunan artikel ilmiah ini. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan moral maupun motivasi sehingga penelitian mengenai investigasi forensik pada kasus tenggelam ini dapat diselesaikan dengan baik. Artikel ini disusun sebagai bagian dari pengembangan kajian ilmiah di bidang kedokteran forensik.

DAFTAR REFERENSI

- Afandi, D. (2010). *Visum et repertum: Ketentuan perundang-undangan dan prosedur pembuatan*. Jurnal Ilmu Kedokteran, 4(2), 35–40.
- Barranco, R., Ventura, F., Romano, C., & Rocca, G. (2019). Biochemical postmortem analysis to differentiate drowning in fresh water versus salt water: Systematic review and meta-analysis. *International Journal of Legal Medicine*, 133(3), 847–855. <https://doi.org/10.1007/s00414-018-1954-6>
- Blokhin, B. M., Zhukov, Y. E., & Kolesnikova, S. A. (2019). Diagnostic value of serum biomarkers in confirmation of drowning: A prospective study. *Forensic Science International*, 298, 324–328. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2019.03.018>
- DiMaio, V. J., & DiMaio, D. (2022). *Forensic pathology* (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Dolinak, D., Matshes, E. W., & Lew, E. O. (2019). *Forensic pathology: Principles and practice* (2nd ed.). Burlington: Academic Press/Elsevier.
- Idris, A. H., Berg, R. A., Bierens, J., Bossaert, L., Branche, C. M., Handley, A., et al. (2003). Recommended guidelines for uniform reporting of data from drowning: The Utstein Style. *Resuscitation*, 59(1), 45–57. [https://doi.org/10.1016/S0300-9572\(03\)00117-4](https://doi.org/10.1016/S0300-9572(03)00117-4)
- Lunetta, P., Modell, J. H., & Sajantila, A. (2013). What is the incidence and significance of “dry-lungs” in bodies found in water? *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 34(3), 194–197. <https://doi.org/10.1097/PAF.0b013e318298a2d7>
- Modell, J. H., & Moya, F. (1966). Effects of volume of aspirated fluid during chlorinated fresh water drowning. *Anesthesiology*, 27(5), 659–669. <https://doi.org/10.1097/0000542-196609000-00014>

- Novitasari, D., Istiqomah, I., & Trisnadi, S. (2023). Analisa dan investigasi forensik dalam mengungkap sebab kematian pada kasus tenggelam. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.36312/jcm.v4i1.1220>
- Piette, M. H., & De Letter, E. A. (2006). Drowning: Still a difficult autopsy diagnosis. *Forensic Science International*, 163(1–2), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2005.05.027>
- Snyder, H. (2020). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Suryo, E., Reski, N. A., Mathius, D., Surdam, Z., & Lantara, A. M. H. D. (2025). Investigasi pemeriksaan luar pada korban tenggelam dan aspek medikolegal: Laporan kasus. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 5(2), 111–119.
- Szpilman, D., Bierens, J. J. L. M., Handley, A. J., & Orlowski, J. P. (2012). Drowning. *New England Journal of Medicine*, 366(22), 2102–2110. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1013317>
- van Beeck, E. F., Branche, C. M., Szpilman, D., Modell, J. H., & Bierens, J. J. L. M. (2005). A new definition of drowning: Towards documentation and prevention of a global public health problem. *Bulletin of the World Health Organization*, 83(11), 853–856.
- Vege, Å., Rogde, S., Lunetta, P., Schiøttz-Christensen, B., & Johansen, H. (2018). The value of autopsy in drowning—A forensic science study. *Medicine, Science and the Law*, 58(2), 65–71. <https://doi.org/10.1177/0025802418754814>
- Verma, S. K. (2015). Diatom analysis: A powerful tool in forensic investigation of drowning. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine*, 37(2), 199–204.
- World Health Organization. (2021). *Drowning*. Geneva: WHO. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drowning>
- Wulur, R. A., Mallo, J. F., & Tomuka, D. C. (2013). Gambaran temuan autopsi kasus tenggelam di BLU RSUD Prof. Dr. R. D. Kandou Manado periode Januari 2007 – Desember 2011. *E-CliniC*, 1(1). <https://doi.org/10.35790/ecl.v1i1.3296>