

Perkiraan Waktu Kematian Berdasarkan Kaku Mayat

Septia Eva Lusina¹, Amanda Febby Febrina², Muhammad Fauzan Iqbal², Nabila Aulia Safitri²

¹Bagian Ilmu Kedokteran Forensik, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

²Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung

Abstrak

Perkiraan waktu kematian merupakan salah satu aspek penting dalam investigasi forensik untuk membantu rekonstruksi peristiwa kematian. Berbagai perubahan pascakematian dapat digunakan dalam perkiraan waktu kematian, salah satunya adalah kaku mayat. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji metode perkiraan waktu kematian berdasarkan karakteristik kaku mayat serta faktor-faktor yang memengaruhi kemunculan dan hilangnya fenomena tersebut. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan menelaah berbagai sumber ilmiah berupa buku teks kedokteran forensik, artikel penelitian, dan publikasi akademik yang membahas kaku mayat sebagai indikator perkiraan waktu kematian. Hasil kajian menunjukkan bahwa kaku mayat terjadi akibat habisnya adenosin trifosfat (ATP) pada jaringan otot setelah kematian sehingga terbentuk ikatan permanen antara aktin dan miosin. Kaku mayat umumnya mulai muncul dalam 1–2 jam setelah kematian, berkembang sempurna dalam 6–12 jam, bertahan selama 12–24 jam, kemudian menghilang secara bertahap dalam 24–36 jam akibat proses autolisis dan pembusukan. Kemunculan dan hilangnya kaku mayat mengikuti pola kraniokaudal yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam memperkirakan waktu kematian. Namun, akurasi metode ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti suhu lingkungan, usia, status gizi, aktivitas fisik sebelum kematian, serta penyebab kematian. Dengan demikian, penilaian kaku mayat sebaiknya dikombinasikan dengan tanda-tanda pascakematian lainnya untuk memperoleh perkiraan waktu kematian yang lebih akurat.

Kata kunci: perkiraan waktu kematian, kaku mayat, kedokteran forensik .

Estimating the Time of Death Based on Rigor Mortis

Abstract

Determination of the post mortem interval (PMI) is an important aspect of forensic investigations, as it assists in reconstructing the circumstances surrounding death. Various postmortem changes can be utilized to estimate PMI, one of which is rigor mortis. This article aims to review methods for estimating the time of death based on the characteristics of rigor mortis and the factors influencing its onset and resolution. The study employed a literature review approach by examining scientific sources, including forensic medicine textbooks, research articles, and academic publications discussing rigor mortis as an indicator of PMI. The review indicates that rigor mortis occurs due to the depletion of adenosine triphosphate (ATP) in muscle tissue after death, resulting in persistent actin-myosin cross-bridging. Rigor mortis generally begins within 1–2 hours after death, becomes fully established within 6–12 hours, persists for approximately 12–24 hours, and gradually disappears within 24–36 hours as a result of autolysis and decomposition. The development and disappearance of rigor mortis follow a craniocaudal pattern that can serve as a guideline for estimating the time of death. However, the accuracy of this method is influenced by several factors, including environmental temperature, age, nutritional status, physical activity before death, and cause of death. Therefore, assessment of rigor mortis should be combined with other postmortem findings to achieve a more accurate estimation of the postmortem interval .

Keywords: forensic medicine, postmortem interval , rigor mortis.

Pendahuluan

Perkiraan waktu kematian merupakan salah satu aspek penting dalam praktik kedokteran forensik karena berperan dalam investigasi kasus pidana maupun perdata. Informasi mengenai waktu kematian dapat membantu penyidik mengurutkan kronologi kejadian, mempersempit rentang waktu terjadinya tindak pidana, serta menghubungkan suatu peristiwa dengan pelaku yang diduga terlibat. Namun, hingga saat ini belum terdapat satu metode yang mampu menentukan waktu kematian secara tepat sehingga perkiraan waktu kematian umumnya

didasarkan pada kombinasi berbagai indikator pascakematian.³

Dalam praktik kedokteran forensik, Kaku mayat merupakan salah satu indikator pascakematian yang paling sering digunakan untuk memperkirakan .¹ Kaku mayat merupakan waktu kematian kondisi kekakuan otot yang terjadi setelah kematian akibat berkurangnya cadangan adenosine triphosphate (ATP) pada jaringan otot. ATP berperan penting dalam melepaskan ikatan antara filamen aktin dan miosin yang terbentuk selama proses kontraksi otot. Setelah kematian, suplai oksigen ke

sel terhenti sehingga respirasi aerobik tidak dapat berlangsung, akibatnya produksi ATP menurun secara drastis dan menyebabkan ikatan aktin-miosin tetap bertahan, yang kemudian menimbulkan kekakuan otot.¹³

Proses kaku mayat dimulai segera setelah kematian dan dikenal mengikuti pola yang disebut sebagai Hukum Nysten. Meskipun perubahan ini terjadi secara bersamaan pada seluruh jaringan otot tubuh, manifestasinya lebih dahulu terlihat pada kelompok otot yang berukuran kecil. Kekakuan biasanya muncul pertama kali pada otot wajah, terutama di sekitar mata dan mulut, kemudian menyebar ke otot anggota gerak atas, dan akhirnya mencapai otot-otot besar pada anggota gerak bawah.^{9,13}

Secara umum, kaku mayat mulai tampak sekitar 2 jam setelah kematian pada otot wajah, berkembang ke bagian tubuh lainnya dalam beberapa jam berikutnya, dan mencapai kondisi maksimal sekitar 6–8 jam pascakematian. Kekakuan tersebut biasanya bertahan hingga sekitar 24 jam setelah kematian. Selanjutnya, ikatan aktin-miosin mulai mengalami degradasi akibat proses proteolisis sehingga kekakuan berangsur-angsur menghilang. Hilangnya kaku mayat mengikuti urutan yang sama dengan kemunculannya, yaitu dimulai dari otot-otot kecil wajah, kemudian otot anggota gerak atas, dan terakhir otot besar anggota gerak bawah.^{9,13}

Berdasarkan uraian di atas, Perkiraan waktu kematian berdasarkan kaku mayat merupakan bidang yang luas dan kompleks. Oleh karena itu, tinjauan pustaka ini bertujuan untuk mengkaji metode perkiraan waktu kematian berdasarkan perubahan kaku mayat, termasuk mekanisme biologis yang mendasarinya, pola perkembangan pascakematian, dan faktor-faktor yang memengaruhi ketepatan penilaian dalam praktik kedokteran forensik. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai perubahan pascakematian dan mendukung interpretasi temuan kaku mayat dalam praktik kedokteran forensik.

ISI

Definisi Kaku Mayat

Kaku mayat adalah keadaan pengerasan dan kekakuan otot yang terjadi setelah kematian akibat menurunnya kadar adenosin trifosfat (ATP) dalam jaringan otot. Setelah kematian, suplai oksigen terhenti sehingga produksi ATP berhenti. Kondisi ini menyebabkan ikatan antara filamen aktin dan miosin yang terbentuk tidak dapat terlepas selama terjadinya kontraksi, yang menyebabkan otot menjadi kaku. Kaku mayat merupakan salah satu

perubahan pascakematian yang muncul setelah fase relaksasi primer dan akan menghilang seiring terjadinya proses pembusukan, yang kemudian diikuti oleh relaksasi sekunder (*secondary flaccidity*).^{7,9}

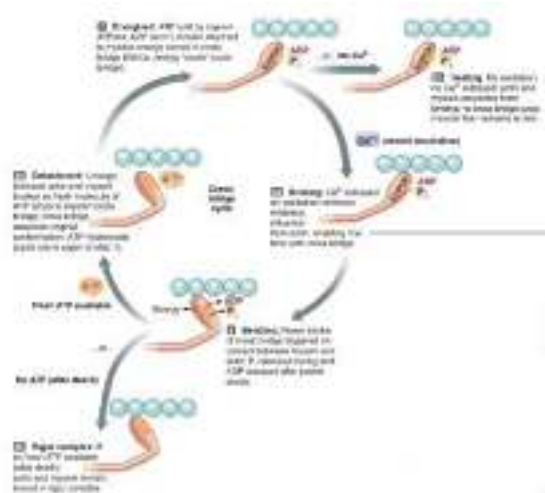
Fisiologi Kontraksi dan Relaksasi Otot

Otot rangka tersusun atas serat-serat otot yang mengandung miofibril sebagai unit kontraktile. Miofibril terdiri sarkomer, yang merupakan unit fungsional dasar kontraksi otot. Di dalam sarkomer terdapat filamen tebal (protein miosin) dan filamen tipis (protein aktin), serta protein regulator troponin dan tropomiosin. Susunan filamen-filamen tersebut memungkinkan terjadinya kontraksi dan relaksasi otot. Pada keadaan normal, kontraksi dan relaksasi otot berlangsung melalui interaksi antara kedua filamen tersebut yang diatur oleh ion kalsium dan adenosin trifosfat (ATP).^{7,8,9}

Kontraksi otot dimulai ketika impuls saraf mencapai sambungan neuromuskular dan memicu pelepasan ion kalsium (Ca^{2+}) dari retikulum sarkoplasma ke dalam serat otot. Ion kalsium kemudian berikatan dengan troponin sehingga menyebabkan tropomiosin bergeser dan membuka tempat pengikatan antara aktin dan miosin. Interaksi kedua protein tersebut membentuk jembatan silang (*cross-bridge*) atau kompleks aktomiosin yang memungkinkan terjadinya mekanisme *sliding filament theory*, yaitu pergeseran filamen aktin ke arah tengah sarkomer akibat tarikan kepala miosin. Proses ini menyebabkan sarkomer memendek sehingga terjadi kontraksi otot. Seluruh proses kontraksi memerlukan energi yang berasal dari hidrolisis ATP, yang berfungsi menggerakkan kepala miosin serta berperan dalam pelepasan ikatan miosin dan aktin sehingga siklus pembentukan dan pelepasan jembatan silang dapat berlangsung secara berulang selama masih terdapat stimulasi dan ion kalsium.^{7,8}

Relaksasi otot terjadi ketika rangsangan saraf berhenti sehingga pelepasan ion kalsium (Ca^{2+}) dari retikulum sarkoplasma terhenti. ATP kemudian digunakan untuk memompa kembali ion kalsium ke dalam retikulum sarkoplasma melalui pompa kalsium aktif. Penurunan kadar kalsium di sarkoplasma menyebabkan troponin dan tropomiosin kembali menutupi tempat pengikatan miosin pada aktin sehingga pembentukan jembatan silang tidak dapat berlangsung. Selain itu, ATP juga diperlukan untuk melepaskan kepala miosin dari filamen aktin. Oleh karena itu, ATP memiliki peran yang sangat penting dalam proses kontraksi maupun relaksasi otot, dan kekurangan ATP akan menyebabkan serat otot tetap berada dalam keadaan berkontraksi.⁸

Gambar 1. Perbandingan Kontraksi Otot Normal dan Kaku Mayat



Sumber: Sherwood, 2018

Mekanisme Terjadinya Kaku Mayat

Setelah kematian, sirkulasi darah dan suplai oksigen ke jaringan berhenti. Terhentinya pasokan oksigen menyebabkan respirasi aerobik dalam sel tidak lagi berlangsung sehingga produksi ATP secara bertahap menurun dan akhirnya habis. Penurunan ATP merupakan perubahan biokimia utama yang mendasari terjadinya kaku mayat.⁹

Pada kematian sel menyebabkan hilangnya integritas membran sel otot. Akibatnya, ion kalsium keluar dan meningkatkan konsentrasi ion kalsium di sitosol jaringan otot. Peningkatan kadar kalsium ini memicu pembentukan ikatan antara filamen aktin dan miosin yang sudah dibekali ATP sebelum kematian. Namun, karena tidak tersedia ATP yang cukup setelah kematian, ikatan tersebut tidak dapat diputuskan kembali.^{7,8}

Filamen tipis dan tebal yang tetap terikat oleh jembatan silang yang tidak dapat terurai menyebabkan otot yang mati menjadi kaku. Kaku mayat mulai muncul sekitar 1–2 jam setelah kematian, kekakuan ini pertama kali muncul pada otot jantung, dan kemudian menyebar dari proksimal ke distal. Hal ini dapat diamati pada kelopak mata, diikuti oleh leher, rahang bawah, dada, anggota tubuh bagian atas, perut, anggota tubuh bagian bawah, dan akhirnya pada jari tangan dan kaki. Kekakuan biasanya mencapai puncaknya dalam waktu 6–12 jam setelah kematian.^{7,9}

Pada tahap selanjutnya, proses pembusukan menyebabkan degradasi protein otot melalui aktivitas enzim proteolitik. Kompleks aktin-miosin yang sebelumnya menetap mulai mengalami kerusakan sehingga kekakuan otot berangsur-angsur

menghilang. Kaku mayat umumnya menghilang sekitar 24–36 jam setelah kematian dan diikuti oleh fase relaksasi sekunder (*secondary flaccidity*), yaitu keadaan ketika otot kembali lemas akibat proses dekomposisi jaringan.^{7,9}

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di India tahun 2024 oleh Dahiya dkk, didapatkan beberapa data terkait dengan kaku mayat sebagai berikut.⁴

Waktu kemunculan kaku mayat pada berbagai kelompok otot

Kaku mayat berkembang secara bertahap pada berbagai kelompok otot dan mengikuti pola kraniokaudal. Berikut merupakan urutan kemunculan dan menghilangnya kaku mayat yang dapat digunakan dalam perkiraan waktu kematian.^{4,13}

Tabel 1. Waktu munculnya kaku mayat berdasarkan kelompok otot

Kelompok otot	Rata-rata waktu kemunculan kaku mayat (menit)
Mata	119
Rahang	176
Leher	235
Ekstremitas atas	316
Ekstremitas bawah	406
Jari-jari tangan	527
Jari-jari kaki	618

Waktu hilangnya kaku mayat pada berbagai kelompok otot

Kaku mayat akan mengalami resolusi secara progresif akibat autolisis dan proses dekomposisi jaringan. Hilangnya kaku mayat terjadi secara bertahap dan umumnya mengikuti pola kraniokaudal, yaitu dimulai dari otot-otot wajah dan rahang, kemudian berlanjut ke leher, ekstremitas atas, batang tubuh, hingga ekstremitas bawah. Pola resolusi kaku mayat ini memiliki nilai forensik yang penting karena dapat membantu dalam perkiraan waktu pascakematian.⁴

Tabel 2. Waktu hilangnya kaku mayat berdasarkan kelompok otot

Kelompok otot	Rata-rata waktu hilangnya kaku mayat (menit)
Mata	800
Rahang	938
Leher	1.065
Ekstremitas atas	1.194
Ekstremitas bawah	1.333
Jari-jari tangan	1.478
Jari-jari kaki	1.588

Pengaruh usia terhadap kaku mayat

Usia memengaruhi kecepatan muncul dan menghilangnya kaku mayat. Pada kelompok usia 11–19 tahun, kaku mayat muncul lebih cepat dengan rata-rata waktu 4,64 jam. Sebaliknya, pada kelompok usia di atas 70 tahun, rata-rata waktu muncul kaku mayat lebih lambat yaitu 5,59 jam. Kaku mayat cenderung menghilang lebih cepat pada anak-anak dan lansia dibandingkan pada kelompok usia dewasa.⁴

Tabel 3. Waktu munculnya kaku mayat berdasarkan usia

Usia (Tahun)	Rata-rata waktu munculnya kaku mayat (menit)
0-10	309
11-19	278
20-29	324
30-39	306
40-49	330
50-59	292
60-69	316
≥ 70	335

Tabel 4. Waktu hilangnya kaku mayat berdasarkan usia

Usia (Tahun)	Rata-rata waktu munculnya kaku mayat (menit)
0-10	821
11-19	956
20-29	1.103
30-39	999
40-49	984
50-59	1.032
60-69	979
≥ 70	1.085

Pengaruh suhu lingkungan terhadap kaku mayat

Suhu lingkungan merupakan faktor eksternal yang paling berpengaruh terhadap perkembangan kaku mayat karena seluruh proses biokimia pascakematian sangat dipengaruhi oleh temperatur. Setelah kematian, kaku mayat berkembang akibat habisnya cadangan ATP dan terbentuknya kompleks aktomiosin yang permanen. Sebagaimana reaksi kimia lainnya, proses tersebut berlangsung lebih cepat pada suhu tinggi dan lebih lambat pada suhu rendah. Oleh karena itu, mayat yang berada pada lingkungan panas umumnya mengalami onset kaku mayat lebih cepat, mencapai kekakuan maksimal lebih dini, tetapi juga mengalami pelepasan rigor lebih cepat akibat percepatan autolisis dan pembusukan. Sebaliknya, pada lingkungan dingin, pembentukan kaku mayat menjadi lebih lambat dan dapat bertahan lebih lama.^{2,5,11}

Dalam kondisi iklim tropis seperti Indonesia, kaku mayat seringkali berkembang lebih cepat dibandingkan negara beriklim sedang. Pada suhu lingkungan yang tinggi (>30°C), rigor dapat mulai terdeteksi dalam waktu kurang dari 1–2 jam setelah kematian dan menghilang sebelum 24 jam akibat pembusukan yang cepat. Sebaliknya, pada mayat yang disimpan dalam ruang pendingin atau ditemukan pada daerah pegunungan dengan suhu rendah, kaku mayat dapat tertunda beberapa jam dan bertahan lebih dari 48 jam. Oleh karena itu, dalam praktik forensik, suhu lingkungan saat korban ditemukan harus selalu dicatat secara sistematis

karena memiliki dampak langsung terhadap interpretasi waktu kematian.^{5,11}

Selain mempercepat atau memperlambat kaku mayat, suhu ekstrem juga dapat menghasilkan fenomena yang menyerupai kaku mayat tetapi memiliki mekanisme berbeda, yaitu heat stiffening pada suhu tinggi dan cold stiffening pada suhu sangat rendah. Oleh sebab itu, pemeriksa harus mampu membedakan ketiga kondisi tersebut sebelum melakukan interpretasi waktu kematian.^{2,11}

Pengaruh aktivitas sebelum kematian terhadap kaku mayat

Aktivitas fisik yang dilakukan sesaat sebelum kematian merupakan salah satu faktor yang paling signifikan dalam memengaruhi perkembangan kaku mayat. Aktivitas otot yang berat, seperti berlari, berkelahi, kejang, tenggelam dengan perjuangan hebat, atau aktivitas fisik intens lainnya menyebabkan konsumsi ATP yang besar sebelum kematian. Akibatnya, saat kematian terjadi, cadangan ATP yang tersisa dalam otot menjadi jauh lebih sedikit sehingga kaku mayat berkembang lebih cepat.⁵

Sebaliknya, kematian mendadak yang terjadi tanpa aktivitas fisik bermakna sebelumnya, misalnya akibat infark miokard akut yang sangat cepat, dapat memperlihatkan perkembangan kaku mayat yang relatif lebih lambat karena cadangan ATP otot masih cukup banyak pada saat kematian terjadi. Hubungan antara aktivitas fisik dan kaku mayat menjelaskan mengapa korban yang meninggal setelah perjuangan hebat sering menunjukkan rigor yang berkembang lebih awal dibandingkan korban yang meninggal secara tenang saat tidur.⁵

Pada kasus tertentu, aktivitas otot yang sangat intens sebelum kematian juga dapat menyebabkan fenomena *cadaveric spasm* atau spasme kadaverik pada kelompok otot tertentu. Temuan tersebut dapat memberikan informasi penting mengenai aktivitas terakhir korban sebelum meninggal dan membantu rekonstruksi kejadian di tempat perkara.¹¹

Pengaruh penyebab kematian terhadap kaku mayat

Penyebab kematian dapat memengaruhi kaku mayat melalui perubahan metabolisme tubuh sebelum kematian. Kematian yang didahului oleh kejang hebat, hipertermia, sepsis, keracunan tertentu, atau aktivitas otot yang berlebihan cenderung mempercepat timbulnya kaku mayat karena cadangan ATP telah banyak digunakan sebelum kematian. Sebaliknya, kematian yang berlangsung singkat tanpa fase perjuangan yang

panjang dapat memperlambat timbulnya kaku mayat.^{5,7}

Pada kasus epilepsi, tetanus, keracunan striktrin, atau kondisi lain yang menimbulkan kontraksi otot hebat sebelum kematian, kaku mayat sering muncul lebih cepat dan bertahan lebih singkat. Sebaliknya, pada penderita penyakit kronis yang menyebabkan kelemahan otot berat, seperti kanker stadium lanjut, distrofi otot, atau kaheksia, kaku mayat dapat sangat lemah bahkan sulit dinilai secara klinis.^{5,7,11}

Tahapan kaku mayat berdasarkan waktu kematian

Fase awal terjadi sekitar 1–2 jam setelah kematian. Pada tahap ini kekakuan mulai terdeteksi pada otot-otot kecil seperti kelopak mata, otot wajah, dan rahang bawah. Pemeriksa biasanya menemukan tahanan ringan saat mencoba membuka mulut atau menggerakkan mandibula. Sendi-sendi besar masih relatif mudah digerakkan.^{1,7}

Fase perkembangan berlangsung sekitar 6–12 jam pascakematian. Kekakuan menyebar secara progresif ke leher, ekstremitas atas, batang tubuh, dan ekstremitas bawah. Tahanan terhadap pergerakan sendi menjadi semakin nyata. Pada tahap ini distribusi kaku mayat mengikuti pola kраниокаудал sesuai hukum Nysten.^{1,7}

Kaku maksimal umumnya bertahan sekitar 12–24 jam setelah kematian. Seluruh kelompok otot tubuh mengalami kekakuan penuh dan sendi sangat sulit digerakkan. Pada fase ini, apabila sendi dipaksa digerakkan, dapat terdengar suara robekan serabut otot atau tendon. Tubuh mempertahankan posisi yang ditempati saat rigor berkembang.^{1,7}

Fase pelepasan terjadi sekitar 24–36 jam setelah kematian. Kekakuan mulai berkurang akibat autolisis dan aktivitas enzim proteolitik yang memecah kompleks aktomiosin. Pelepasan rigor terjadi dengan urutan yang sama seperti saat munculnya, yaitu dimulai dari otot-otot kecil kemudian berlanjut ke kelompok otot besar. Pada akhir fase ini tubuh kembali menjadi lemas (*secondary flaccidity*).^{1,7}

Pemeriksaan kaku mayat pada praktik forensik

Pemeriksaan kaku mayat merupakan bagian rutin dalam pemeriksaan luar jenazah. Tujuan utama pemeriksaan ini adalah menilai ada tidaknya kekakuan, distribusinya pada berbagai kelompok otot, derajat kekakuan, serta menghubungkannya dengan perkiraan waktu kematian. Pemeriksaan harus dilakukan secara sistematis dari kepala hingga ekstremitas bawah agar pola penyebaran rigor dapat dievaluasi dengan baik. Pemeriksaan yang tidak sistematis berisiko menyebabkan interpretasi yang salah terhadap fase kaku mayat.⁷

Inspeksi

Pemeriksaan dimulai dengan inspeksi umum terhadap posisi tubuh. Pemeriksa mengamati apakah tubuh tampak lemas, menunjukkan kekakuan sebagian, atau mengalami kekakuan menyeluruh. Posisi ekstremitas, posisi kepala, fleksi atau ekstensi sendi, serta kesesuaian posisi tubuh dengan lingkungan sekitar perlu dicatat secara rinci. Pada fase kaku mayat lanjut, tubuh cenderung mempertahankan posisi yang ditempati ketika kekakuan berkembang.^{7,11}

Inspeksi juga bertujuan mengidentifikasi kondisi yang dapat memengaruhi interpretasi kaku mayat, seperti paparan panas, pendinginan, pembusukan lanjut, trauma berat, atau penyakit yang memengaruhi sistem muskuloskeletal. Temuan-temuan tersebut harus didokumentasikan sebelum pemeriksaan manipulatif dilakukan.^{10,11}

Pemeriksaan rahang

Pemeriksaan rahang merupakan langkah pertama karena otot mastikasi termasuk kelompok otot yang paling awal mengalami kaku mayat. Pemeriksa menempatkan satu tangan pada dahi dan tangan lainnya pada mandibula, kemudian mencoba membuka mulut secara perlahan. Pada fase flaksiditas primer, rahang dapat dibuka tanpa hambatan. Pada rigor awal, mulai terdapat tahanan ringan. Pada rigor sedang hingga maksimal, rahang sulit atau hampir tidak dapat dibuka tanpa menggunakan tenaga yang cukup besar.^{7,11}

Temuan rahang yang mulai kaku sementara ekstremitas masih lemas umumnya menunjukkan kaku mayat fase awal, yang sering berkorelasi dengan P sekitar 1–2 jam. Sebaliknya, kekakuan rahang bersama seluruh tubuh menunjukkan rigor yang telah berkembang lebih lanjut.^{7,11}



Gambar 2. Pemeriksaan Kaku Mayat pada Kelompok Otot Sekitar Mata.



Gambar 3. Pemeriksaan Kaku Mayat pada Kelompok Otot Sekitar Rahang

Pemeriksaan leher

Pemeriksaan leher dilakukan dengan menggerakkan kepala secara pasif ke arah fleksi, ekstensi, dan rotasi. Pada kondisi normal pascakematian awal, kepala dapat digerakkan dengan mudah. Seiring perkembangan kaku mayat, otot-otot leher memberikan tahanan yang semakin nyata terhadap gerakan tersebut.⁷



Gambar 4. Pemeriksaan Kaku Mayat pada Kelompok Otot Leher

Penilaian leher penting karena merupakan salah satu area transisi antara otot wajah dan otot batang tubuh. Kekakuan pada leher yang muncul bersamaan dengan kekakuan rahang sering menunjukkan kaku mayat sedang berkembang.⁷

Pemeriksaan ekstremitas atas

Pemeriksaan ekstremitas atas dilakukan pada sendi bahu, siku, pergelangan tangan, dan jari. Pemeriksa menggerakkan masing-masing sendi secara pasif dan menilai besar tahanan yang dirasakan. Pada rigor awal, biasanya sendi bahu dan siku masih relatif mudah digerakkan, sedangkan jari-jari mulai menunjukkan kekakuan ringan. Pada rigor maksimal, seluruh sendi ekstremitas atas menunjukkan tahanan yang nyata terhadap pergerakan pasif.¹¹

Karena ekstremitas atas berada di antara otot wajah dan ekstremitas bawah dalam urutan perkembangan kaku mayat, penilaian daerah ini memiliki nilai penting untuk menentukan fase perkembangan kaku mayat.¹¹



Gambar 5. Pemeriksaan Kaku Mayat pada Kelompok Otot Ekstremitas Atas



Gambar 6. Pemeriksaan Kaku Mayat pada Kelompok Otot Jari-Jari Tangan

Pemeriksaan ekstremitas bawah

Pemeriksaan ekstremitas bawah meliputi sendi panggul, lutut, pergelangan kaki, dan jari kaki. Sesuai hukum Nysten, kaku mayat biasanya mencapai ekstremitas bawah setelah mengenai kepala, leher, dan ekstremitas atas. Oleh karena itu, ekstremitas bawah sering digunakan untuk membedakan rigor awal dengan rigor yang telah berkembang luas.^{7,11}

Apabila rahang dan ekstremitas atas telah kaku tetapi tungkai masih relatif lemas, kaku mayat kemungkinan masih berada pada fase perkembangan. Sebaliknya, apabila seluruh tungkai bawah menunjukkan kekakuan yang kuat, kaku mayat umumnya telah mencapai fase maksimal.^{7,11}



Gambar 7. Pemeriksaan Kaku Mayat pada Kelompok Otot Ekstremitas Bawah



Gambar 8. Pemeriksaan Kaku Mayat pada Kelompok Otot Jari-Jari Kaki

RINGKASAN

Kaku mayat merupakan salah satu indikator penting dalam memperkirakan waktu kematian. Kaku mayat terjadi akibat habisnya cadangan ATP setelah kematian sehingga filamen aktin dan miosin pada otot tidak dapat terlepas, menyebabkan otot menjadi kaku. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan di India oleh Dahiya dkk tahun 2024, kaku mayat umumnya mulai muncul dalam 1–2 jam setelah kematian, mencapai puncak dalam 6–12 jam, bertahan sekitar 12–24 jam, dan menghilang dalam 24–36 jam akibat proses pembusukan. Perkembangan kaku mayat mengikuti pola kraniokaudal (Hukum Nysten), dimulai dari otot wajah dan rahang, kemudian leher, ekstremitas atas, hingga ekstremitas bawah. Pola ini dapat digunakan sebagai pedoman dalam perkiraan waktu kematian.

Namun, akurasi perkiraan waktu kematian berdasarkan kaku mayat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti suhu lingkungan, usia, aktivitas fisik sebelum kematian, dan penyebab kematian. Oleh karena itu, penilaian kaku mayat sebaiknya dikombinasikan dengan tanda pascakematian lain, seperti livor mortis, algor mortis, dan tanda pembusukan, untuk memperoleh perkiraan waktu kematian yang lebih akurat.

SIMPULAN

Kaku mayat merupakan indikator pascakematian yang penting dan cukup andal dalam memperkirakan waktu kematian karena memiliki pola kemunculan dan hilangnya kekakuan yang relatif teratur. Namun, ketepatan perkiraan waktu kematian berdasarkan kaku mayat dipengaruhi oleh berbagai faktor internal maupun eksternal. Oleh sebab itu, interpretasi kaku mayat tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar Perkiraan waktu kematian, melainkan harus dikombinasikan dengan temuan forensik lainnya agar diperoleh perkiraan waktu kematian yang lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Almulhim A.M and Menezes R.G. Evaluation of Postmortem Changes. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2023.
2. Burkhard M. Early Postmortem Changes. In: Houck MM, editors. Encyclopedia of Forensic Sciences, Third Edition. Elsevier; 2023.
3. Choudhury, A., & Mahanta, A. Estimation of time since death from morphological changes occurring in white blood cells after death. *Cureus*. 2025; 17(8), e89773.
4. Dahiya SK, Kaushik R, Jakhar JK, Dhatarwal SK, Dahiya A. Rigor Mortis: a reliable tool for estimating time since death in Indian scenario. *J Indian Acad Forensic Med*. 2024; 37(4):387-391.
5. Gomes, A.M. EMS in Crime Scene. Academic Press. 2021.
6. Saukko, P., & Knight B. Knight's Forensic Pathology Fourth Edition. CRC Press. 2016
7. Shedge R, Krishan K, Warriar V, & Kanchan T. Postmortem Changes. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. 2023
8. Sherwood, L. Human Physiology: From Cells to Systems. 9th edn. Boston, MA: Cengage Learning. 2018
9. Shrestha, R., Kanchan, T., & Krishan, K. Methods of estimation of time since death. In StatPearls. StatPearls Publishing. 2023
10. Strete G., Sălcudean A., Cozma A.-A., & Radu C.-C. Current Understanding and Future Research Direction for Estimating the Postmortem Interval : A Systematic Review. *Diagnostics*, 2025. 15(15): 1954.
11. Tsokos M. & Byard R.W. Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine, Second Edition. Elsevier. 2016
12. Wati R, Nurfitriani, Marendengi KSA, Muthaheer NA, Mathius D, Surdam Z, et al. Perkiraan waktu dan posisi kematian berdasarkan temuan tanatologi: laporan kasus 95 luka. *Fakumi Med J*. 2025;5(2):102-110.