

Profil Penyakit Mata Terkait Paparan Sinar UV di Klinik Mata SMEC Samarinda

Nur Khoma Fatmawati^{1*}, Ronny Isnuwardana², Muh. Amir Masruhim³, Nataniel Tandirogang⁴, Rahmat Bakhtiar⁵, Esti Handayani Hardi⁶, Daniel Tarigan⁷

^{1,2,5} Departemen Kesehatan Masyarakat, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

³ Departemen Biokimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

⁴ Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

⁶ Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

⁷ Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

ABSTRAK

Paparan sinar UV berlebih merupakan faktor risiko penting terjadinya berbagai penyakit mata yang dapat menimbulkan gangguan penglihatan berat hingga kebutaan. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan profil penyakit mata yang berhubungan dengan paparan sinar ultraviolet di Klinik Mata SMEC Samarinda serta dampaknya terhadap fungsi penglihatan. Penelitian ini merupakan studi deskriptif retrospektif menggunakan data rekam medis pasien periode 2022–2025. Penyakit yang dianalisis meliputi pterigium, dan degenerasi makula. Hasil penelitian menunjukkan total sampel sebanyak 749 pasien, terdiri atas 470 kasus pterigium (62.7%) dan 279 kasus degenerasi makula (37.3%). Secara tahunan, tren kasus pterigium meningkat dari 52 kasus pada tahun 2022 menjadi 186 kasus pada tahun 2025, sementara kasus degenerasi makula (*wet* AMD) meningkat dari 46 kasus pada tahun 2022 menjadi 78 kasus pada tahun 2025. Dampak klinis menunjukkan pterigium menyebabkan gangguan penglihatan berat hingga kebutaan pada 5% kasus dan bersifat reversibel, sedangkan degenerasi makula menyebabkan gangguan penglihatan berat hingga kebutaan pada 26% kasus yang bersifat irreversibel. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa adanya peningkatan kasus degenerasi retina yang berhubungan dengan paparan UV dan menyebabkan kebutaan yang bersifat irreversibel.

Kata Kunci: Deforestasi, Degenerasi Makula, Kebutuhan, Pterigium, Ultraviolet

ABSTRACT

*Excessive UV exposure is a well-recognized risk factor for various ocular diseases that may cause severe visual impairment and blindness. This study aimed to describe the profile of UV-related eye diseases and their visual impact among patients attending SMEC Eye Clinic Samarinda. A retrospective descriptive study was conducted using medical record data from 2022 to 2025. The ocular conditions analyzed included pterigium, and macular degeneration, the results demonstrated a total sample of 749 patients, consisting of 470 cases of pterigium (62.7%) and 279 cases of macular degeneration (37.3%). Annual trends showed pterigium cases rising from 52 cases in 2022 to 186 cases in 2025, while macular degeneration (*wet* AMD) increased from 46 cases in 2022 to 78 cases in 2025. Clinically, pterigium resulted in severe visual impairment to blindness in 5% of cases, while macular degeneration caused severe visual impairment to blindness in 26% of cases, reflecting its irreversible nature. These findings highlight an increasing incidence of retinal degeneration associated with ultraviolet exposure contributes to irreversible blindness.*

Keywords: Ultraviolet Radiation, Deforestation, Pterigium, Macular Degeneration, Blindness

Koresponden:

Nama : Nur Khoma Fatmawati

Alamat : Jl. Bugis RT 2 No 2 kelurahan Mugirejo kecamatan Sungai Pinang Samarinda Kalimantan Timur

No. Hp : 081334118707

e-mail : gusma_riqo@yahoo.com

PENDAHULUAN

Peningkatan laju deforestasi global maupun nasional untuk berbagai kepentingan industri, seperti pertambangan dan perluasan pemukiman, memiliki implikasi serius terhadap perubahan iklim regional. Salah satu dampak biofisik yang paling signifikan dari hilangnya kanopi hutan adalah peningkatan suhu permukaan dan eskalasi paparan radiasi sinar ultraviolet (UV) yang mencapai permukaan bumi [1–3]. Berdasarkan data pemantauan satelit dari *Global Forest Watch*, Indonesia tercatat kehilangan sekitar 32 juta hektar tutupan pohon sepanjang periode 2001–2024, sebuah luasan yang setara dengan 20% dari total tutupan pohon pada tahun 2000 [4–6]. Dinamika kehilangan hutan primer ini terus berfluktuasi secara mengkhawatirkan, sebagai contoh pada tahun 2023 terjadi lonjakan kehilangan hutan primer sebesar 27% dibandingkan tahun sebelumnya [6,7]. Sejalan dengan hal tersebut, data resmi Badan Pusat Statistik (BPS) periode 2013–2022 turut mengonfirmasi adanya laju deforestasi berskala besar di sebagian besar pulau utama Indonesia, dengan wilayah Kalimantan sebagai salah satu kontributor utamanya [6].

Di tingkat regional, Provinsi Kalimantan Timur menghadapi tekanan deforestasi yang masif akibat intensifikasi aktivitas pertambangan batubara dan mineral, ekspansi perkebunan kelapa sawit skala besar, serta pembangunan infrastruktur wilayah termasuk pengembangan Kawasan Ibu Kota Nusantara (IKN) dan fenomena kebakaran lahan kronis [7]. Transformasi lanskap yang ekstrem ini secara langsung mengurangi fungsi mitigasi alami pohon terhadap radiasi matahari, sehingga berkontribusi pada peningkatan intensitas indeks sinar UV ke kategori sangat tinggi hingga ekstrem di wilayah ini setiap tahunnya [8]. Paparan radiasi UV yang melebihi ambang batas aman diketahui memicu berbagai degradasi kesehatan sistemik pada manusia, mulai dari supresi sistem imun, gangguan integritas kulit, hingga kerusakan struktur organ penglihatan. Dalam konteks dinamika lingkungan di Kalimantan Timur, masyarakat yang beraktivitas intensif di luar ruangan seperti pekerja sektor lapangan, pertanian, pertambangan, dan transportasi urban menjadi kelompok populasi yang paling rentan menghadapi konvergensi risiko panas ekstrem (*heat stress*) dan radiasi UV [9,10].

Paparan radiasi matahari kronis, beban termal lingkungan, dan polusi udara ambien memiliki korelasi patologis yang kuat terhadap penurunan fungsi mata [11–13]. Retina dan struktur anterior mata merupakan jaringan yang sangat sensitif terhadap cedera fotokimia karena paparan konstan terhadap cahaya penembus. Radiasi UV yang mengenai jaringan mata bertindak sebagai induktor utama pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang memicu stres oksidatif kronis [14]. Di area segmen anterior, stres fotokimia ini menginduksi kerusakan fokal pada sel induk limbus dan upregulasi sitokin inflamasi yang memicu pembentukan pterygium [15,16]. Sementara pada segmen posterior, jaringan retina yang secara fisiologis memiliki tingkat konsumsi oksigen tinggi serta kaya akan asam lemak tak jenuh majemuk (*polyunsaturated fatty acids*) menjadi sangat rentan terhadap kerusakan degeneratif fotoreseptor pada makula [17,18].

Mengingat manifestasi klinis dari kerusakan ini dapat berkisar dari gangguan penglihatan ringan hingga kebutaan permanen, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil penyakit mata terkait paparan sinar UV di Klinik Mata SMEC Samarinda sebagai langkah awal mitigasi dampak kesehatan akibat perubahan lingkungan di Kalimantan Timur.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan desain penelitian deskriptif retrospektif. Desain ini dipilih untuk menggambarkan dan menyajikan karakteristik klinis serta demografis pasien pterygium dan pasien degenerasi makula secara sistematis tanpa memberikan perlakuan atau mencari hubungan sebab-akibat antar variabel. Penelitian ini dilaksanakan di Klinik Mata SMEC Samarinda, Kalimantan Timur. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada posisi Klinik Mata SMEC sebagai salah satu pusat layanan kesehatan mata rujukan di Samarinda yang memiliki volume kasus penyakit mata yang representatif.

Pengambilan data rekam medis dilakukan pada bulan Mei 2026, dengan sumber data berasal dari rekam medis pasien periode Januari 2022–Desember 2025.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pasien yang didiagnosis menderita pterigium dan degenerasi makula (Age-related Macular Degeneration/AMD) yang terdaftar di Klinik Mata SMEC Samarinda selama periode Januari 2022–Desember 2025. Teknik pengambilan sampel menggunakan total sampling, yaitu seluruh rekam medis pasien yang memenuhi kriteria inklusi dan tidak memenuhi kriteria eksklusi selama periode penelitian diikutsertakan sebagai sampel penelitian. Dengan metode ini diperoleh sebanyak 749 rekam medis pasien yang memenuhi kriteria untuk dianalisis.

Kriteria inklusi meliputi: (1) pasien dengan diagnosis pterigium atau degenerasi makula yang ditegakkan oleh dokter spesialis mata, (2) memiliki rekam medis yang lengkap mencakup data usia, jenis kelamin, diagnosis, tahun kunjungan, dan hasil pemeriksaan tajam penglihatan (visus), serta (3) tercatat pada periode Januari 2022–Desember 2025. Kriteria eksklusi meliputi: (1) rekam medis yang tidak lengkap atau tidak dapat dibaca, (2) data pasien yang tercatat lebih dari satu kali sehingga hanya kunjungan pertama yang dianalisis, dan (3) pasien dengan penyakit mata lain yang menjadi penyebab utama gangguan penglihatan sehingga tidak memungkinkan dilakukan klasifikasi sesuai tujuan penelitian.

Diagnosis pterigium ditetapkan berdasarkan hasil pemeriksaan klinis dokter spesialis mata yang menunjukkan pertumbuhan jaringan fibro-vaskular berbentuk segitiga dari konjungtiva ke arah kornea sesuai dengan diagnosis yang tercatat pada rekam medis. Diagnosis degenerasi makula mengacu pada diagnosis Age-related Macular Degeneration (AMD) yang ditegakkan oleh dokter spesialis mata berdasarkan pemeriksaan fundus dan/atau pemeriksaan penunjang yang tersedia di Klinik Mata SMEC Samarinda sebagaimana tercantum pada rekam medis pasien.

Gangguan penglihatan diklasifikasikan berdasarkan nilai ketajaman penglihatan (visual acuity/visus) yang tercatat pada rekam medis sesuai kategori World Health Organization (WHO), yaitu: normal atau mild visual impairment ($\geq 6/18$), moderate visual impairment ($< 6/18$ – $6/60$), severe visual impairment ($< 6/60$ – $3/60$), dan blindness ($< 3/60$).

Pengumpulan data dilakukan melalui telaah rekam medis pasien menggunakan lembar ekstraksi data yang telah disusun peneliti. Variabel yang dikumpulkan meliputi diagnosis penyakit, usia, jenis kelamin, tahun kunjungan, serta kategori gangguan penglihatan. Seluruh data kemudian diberi kode (coding), diperiksa kelengkapannya (editing), dan dimasukkan ke dalam perangkat lunak statistik untuk dianalisis. Untuk menjamin kualitas data, dilakukan pemeriksaan kelengkapan rekam medis sebelum proses ekstraksi, verifikasi kesesuaian data dengan sumber rekam medis, serta pengecekan ulang (double-check) terhadap hasil entri data guna meminimalkan kesalahan pencatatan. Rekam medis yang tidak memenuhi kriteria kelengkapan tidak diikutsertakan dalam analisis.

Analisis data dilakukan secara deskriptif menggunakan perangkat lunak Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versi 27. Hasil analisis disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi, persentase, tabel, dan diagram untuk menggambarkan karakteristik pasien berdasarkan diagnosis penyakit, jenis kelamin, tahun kejadian, serta kategori gangguan penglihatan.

HASIL

Berdasarkan hasil pengumpulan data sekunder melalui data rekam medis di Klinik Mata SMEC Samarinda untuk periode tahun 2022 hingga 2025, diperoleh total sampel penelitian sebanyak 749 pasien yang memenuhi kriteria inklusi. Sampel tersebut terdiri dari 470 pasien yang terdiagnosis Pterigium dan 279 pasien yang terdiagnosis Degenerasi Makula.

Distribusi frekuensi sampel berdasarkan diagnosis penyakit dan jenis kelamin disajikan secara rinci pada Diagram di bawah ini.

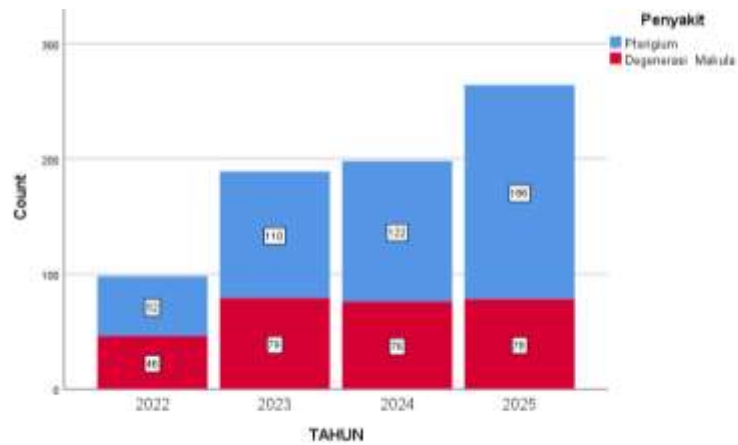


Diagram 1. Distribusi Frekuensi Pasien Berdasarkan Diagnosis di Klinik Mata SMEC Samarinda

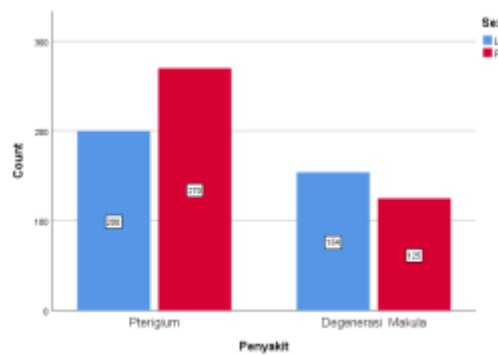


Diagram 2. Distribusi Frekuensi Pasien Berdasarkan Jenis Kelamin di Klinik Mata SMEC Samarinda Periode 2022–2025

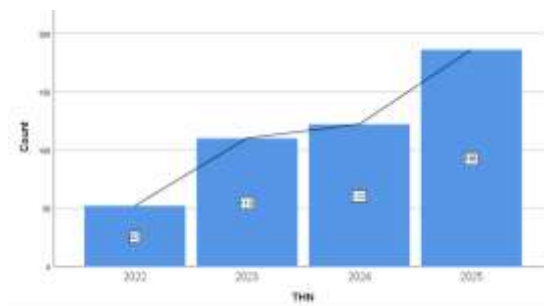


Diagram 3. Frekuensi Kasus Pterigium

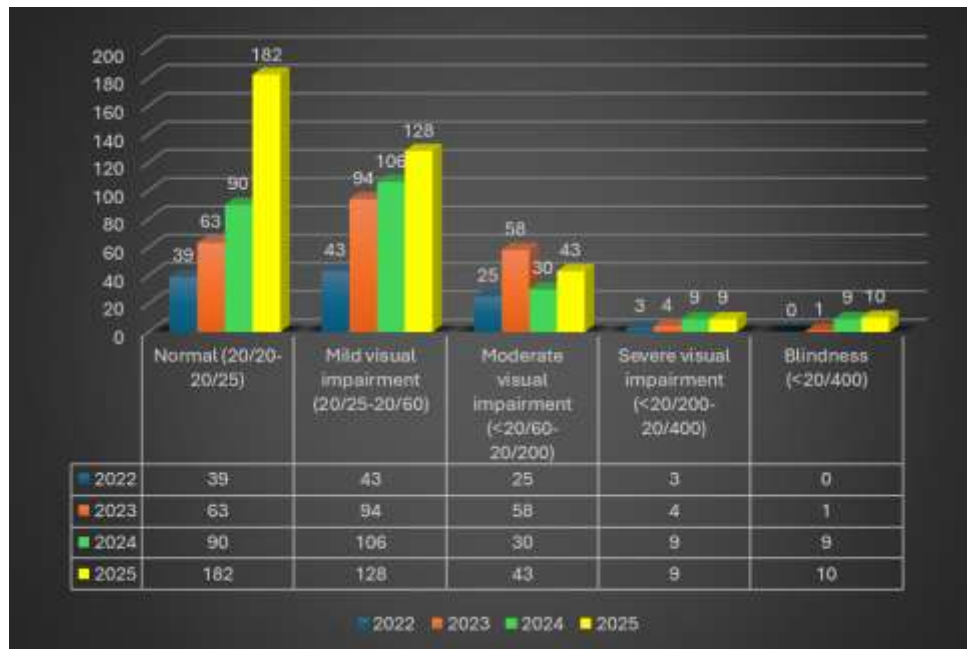


Diagram 4. Data gangguan penglihatan dari tahun 2022 sampai 2025 pada kasus Pterigium

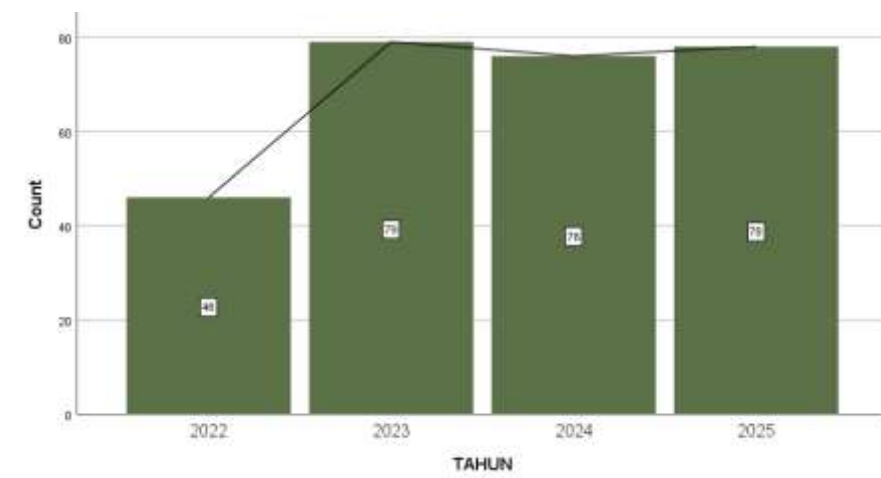


Diagram 5. Frekuensi Kasus Degenerasi Makula

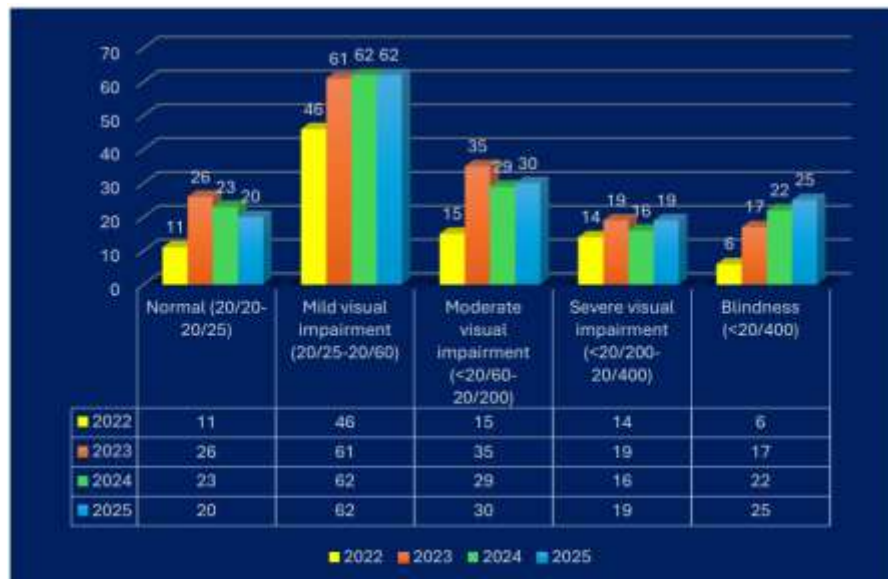


Diagram 6. Data gangguan penglihatan dari tahun 2022 sampai 2025 pada kasus Degenerasi Makula

PEMBAHASAN

Hasil penelitian di Klinik Mata SMEC Samarinda periode 2022–2025 menunjukkan bahwa pterigium merupakan kasus yang paling umum ditemukan, mencakup lebih dari separuh total subjek penelitian (62,7%). Hal ini sejalan dengan kondisi geografis Kota Samarinda yang terletak di dekat garis khatulistiwa, di mana intensitas paparan radiasi ultraviolet (UV) matahari sangat tinggi sepanjang tahun. Radiasi UV-B diketahui merupakan faktor risiko lingkungan paling utama dalam patogenesis pterigium karena memicu kerusakan fokal pada sel induk limbus (*limbal stem cells*), peningkatan (*upregulation*) sitokin inflamasi, dan stimulasi faktor pertumbuhan angiogenik pada jaringan konjungtiva [19–22].

Hal yang menarik dari temuan ini adalah tingginya angka kejadian pterigium pada pasien perempuan (57,4%) dibandingkan laki-laki (42,6%). Meskipun banyak literatur klasik menyebutkan bahwa pria memiliki risiko lebih tinggi akibat faktor pekerjaan di luar ruangan (*outdoor*), pergeseran tren atau karakteristik sosial-demografi lokal di Samarinda dapat memengaruhi hasil ini. Tingginya angka pasien perempuan kemungkinan dipengaruhi oleh meningkatnya aktivitas luar ruangan wanita modern di Samarinda. Di samping itu, adanya kesadaran kosmetik dan perilaku mencari pengobatan (*health-seeking behavior*) yang lebih tinggi pada populasi perempuan mendorong mereka untuk segera memeriksakan diri ke klinik spesialis mata ketika muncul keluhan estetika atau rasa mengganjal akibat tumbuhnya selaput pada mata. Karena penelitian ini tidak mengumpulkan data mengenai pekerjaan, lama paparan sinar matahari, tingkat pendidikan, maupun perilaku pencarian pengobatan (*health-seeking behavior*), penyebab tingginya proporsi perempuan tidak dapat dipastikan dan memerlukan penelitian analitik lebih lanjut.

Degenerasi makula mencatat total 279 kasus (37,3%) di Klinik Mata SMEC Samarinda selama periode empat tahun pengamatan. Penyakit ini merupakan salah satu penyebab utama penurunan tajam penglihatan yang bersifat progresif pada populasi lanjut usia. Patofisiologinya melibatkan stres oksidatif kronis, disfungsi epitel pigmen retina (*Retinal Pigment Epithelium* / RPE), serta akumulasi drusen yang merusak sel fotoreseptor pada makula [23].

Pada kelompok degenerasi makula, proporsi pasien laki-laki (55,2%) ditemukan lebih tinggi daripada perempuan (44,8%). Secara epidemiologis, perbedaan distribusi jenis kelamin ini diduga kuat berkaitan erat

dengan akumulasi faktor risiko lingkungan lokal, terutama tingginya paparan sinar UV matahari akibat aktivitas luar ruangan. Radiasi sinar UV secara teoritis dapat menembus hingga ke segmen posterior mata, meningkatkan stres oksidatif di jaringan retina, serta mempercepat kerusakan fotoreseptor pada makula [24–26]. Di Samarinda, populasi laki-laki cenderung lebih banyak terlibat dalam sektor pekerjaan atau aktivitas *outdoor* jangka panjang tanpa proteksi mata yang memadai (seperti kacamata anti-UV). Hal ini diduga menjadi faktor kontribusi utama mengapa pasien laki-laki dengan degenerasi makula lebih mendominasi dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini tidak tersedia informasi mengenai pekerjaan, durasi paparan sinar matahari, penggunaan pelindung mata, kebiasaan merokok, maupun faktor risiko individual lainnya, sehingga perbedaan proporsi antara laki-laki dan perempuan tidak dapat dijelaskan secara kausal.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa sebagian besar pasien dengan penyakit mata yang berkaitan dengan paparan sinar ultraviolet (UV) di Klinik Mata SMEC Samarinda selama tahun 2022–2025 berada pada kategori mild visual impairment (20/25–20/60), dengan jumlah kasus meningkat dari 46 pasien pada tahun 2022 menjadi 62 pasien pada tahun 2025. Selain itu, terdapat peningkatan jumlah pasien dengan moderate visual impairment, severe visual impairment, dan blindness selama periode pengamatan. Temuan ini menunjukkan bahwa paparan UV kronis berpotensi menimbulkan spektrum gangguan penglihatan yang luas, mulai dari penurunan visus ringan hingga kebutaan [16,27].

Peningkatan jumlah pasien dengan *mild visual impairment* kemungkinan berkaitan dengan dominasi kasus pterigium selama periode penelitian. Pada pterigium, radiasi UV-B menyebabkan stres oksidatif pada sel stem limbal kornea yang mengakibatkan kerusakan DNA, aktivasi faktor transkripsi *nuclear factor-kappa B* (NF- κ B), peningkatan ekspresi *matrix metalloproteinases* (MMPs), serta pelepasan sitokin proinflamasi [20,28,29]. Proses tersebut memicu proliferasi jaringan fibrovaskular ke arah kornea sehingga mengubah permukaan kornea dan menyebabkan astigmatisme ireguler. Kondisi ini mengakibatkan penurunan ketajaman penglihatan pada tahap awal penyakit [30,31].

Peningkatan jumlah pasien dengan *moderate visual impairment* dan *severe visual impairment* mencerminkan progresivitas penyakit, baik akibat pertumbuhan pterigium yang semakin mendekati atau menutupi aksis visual maupun akibat kerusakan retina pada degenerasi makula. Pada degenerasi makula, akumulasi stres oksidatif kronis menyebabkan disfungsi epitel pigmen retina, pembentukan drusen, serta kerusakan fotoreseptor yang secara bertahap menurunkan fungsi penglihatan sentral [24,25]. Dengan demikian, kedua penyakit memberikan kontribusi terhadap penurunan fungsi penglihatan melalui mekanisme patofisiologi yang berbeda.

Temuan yang paling penting adalah peningkatan jumlah kasus *blindness* dari 6 kasus pada tahun 2022 menjadi 25 kasus pada tahun 2025. Kebutuhan pada kelompok penyakit terkait UV dalam penelitian ini terutama ditemukan pada pasien dengan degenerasi makula, mengingat kerusakan retina pada penyakit ini bersifat progresif dan umumnya tidak dapat dipulihkan. Paparan radiasi elektromagnetik jangka panjang dapat meningkatkan pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) pada epitel pigmen retina (*retinal pigment epithelium*/RPE). Akumulasi kerusakan oksidatif menyebabkan disfungsi mitokondria, inflamasi kronis, pembentukan drusen, dan apoptosis fotoreseptor. Kerusakan pada makula menyebabkan hilangnya penglihatan sentral yang bersifat progresif dan sering kali tidak dapat dipulihkan. Oleh karena itu, meskipun jumlah kasus degenerasi makula lebih sedikit dibandingkan pterigium, penyakit ini memberikan dampak yang lebih besar terhadap gangguan penglihatan berat hingga kebutaan.

Peningkatan jumlah pasien dengan gangguan penglihatan berat hingga kebutaan juga dapat dipengaruhi oleh karakteristik geografis Kalimantan Timur. Samarinda merupakan wilayah tropis dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun. Perubahan tutupan lahan akibat urbanisasi dan deforestasi dapat meningkatkan paparan radiasi UV pada masyarakat. Meskipun demikian, penelitian ini tidak memiliki data mengenai tingkat paparan sinar matahari pada masing-masing pasien sehingga pengaruh faktor lingkungan

tersebut tidak dapat dievaluasi secara langsung dan hanya dapat dijelaskan berdasarkan bukti ilmiah yang telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pterigium merupakan penyakit mata yang paling banyak ditemukan di Klinik Mata SMEC Samarinda selama periode 2022–2025, sedangkan degenerasi makula memberikan dampak yang lebih besar terhadap gangguan penglihatan berat hingga kebutaan. Temuan ini mendukung pentingnya upaya promotif dan preventif melalui edukasi mengenai perlindungan mata dari paparan sinar ultraviolet, penggunaan pelindung mata saat beraktivitas di luar ruangan, serta deteksi dini pada kelompok berisiko. Namun, karena penelitian ini menggunakan desain deskriptif retrospektif, hasil yang diperoleh hanya menggambarkan distribusi kasus dan tidak dapat menjelaskan hubungan sebab-akibat maupun faktor risiko terjadinya pterigium dan degenerasi makula. Oleh karena itu, penelitian analitik dengan pengukuran faktor paparan, pekerjaan, perilaku penggunaan pelindung mata, serta faktor risiko lainnya diperlukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai determinan kedua penyakit tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa selama periode 2022–2025, pterigium merupakan penyakit mata yang paling banyak ditemukan di Klinik Mata SMEC Samarinda, yaitu sebesar 62.7% dari seluruh kasus yang diteliti, dengan proporsi lebih tinggi pada perempuan (57,4%). Sementara itu, degenerasi makula mencakup 37.3% dari total kasus dan memiliki proporsi lebih tinggi pada laki-laki (55.2%). Selain itu, degenerasi makula memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap gangguan penglihatan berat hingga kebutaan dibandingkan pterigium.

Hasil penelitian ini menggambarkan profil penyakit mata yang diketahui berkaitan dengan paparan sinar ultraviolet pada populasi pasien di Klinik Mata SMEC Samarinda. Namun, karena penelitian ini menggunakan desain deskriptif retrospektif dan tidak mengukur tingkat paparan sinar ultraviolet maupun faktor risiko individual pada setiap pasien, penelitian ini tidak dapat menyimpulkan hubungan sebab-akibat antara paparan sinar ultraviolet dan kejadian penyakit mata.

Temuan ini mendukung pentingnya upaya promotif dan preventif melalui edukasi mengenai perlindungan mata dari paparan sinar ultraviolet, penggunaan pelindung mata saat beraktivitas di luar ruangan, serta deteksi dini pada kelompok berisiko. Penelitian analitik dengan pengukuran paparan sinar ultraviolet dan faktor risiko lainnya diperlukan untuk mengklarifikasi hubungan antara paparan ultraviolet dan kejadian pterigium maupun degenerasi makula.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ramadhany N. Laju Deforestasi Hutan Akibat Aktivitas Pertambangan di Provinsi Kalimantan Timur. *Rekayasa Hijau J Teknol Ramah Lingkungan*. 2023;7(1):10–9. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
2. Awaluddin A, Suhardiman A, Karyati K, Marjenah M, Kiswanto K, Sulistioadi YB. Deforestasi dan degradasi hutan di KPHP Telake Kalimantan Timur. *ULIN J Hutan Trop*. 2025 Sep;9(1):325–36. doi:10.32522/ujht.v9i2.17513 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
3. Sotomayor MR, Campos AGH, Filho ARP de P, Goulart ACA, Vacario BGL, Orrut  a JFG, et al. Climate changes and cancer risk: Key factors and emerging health threats. *Hyg Environ Heal Adv*. 2025;16(August). doi:10.1016/j.heha.2025.100145 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
4. Indonesia Deforestation Rates & Statistics. GFW. [[View at Publisher](#)]
5. WRI. How much forest was lost in 2023? World Resources Institute Research. [[View at Publisher](#)]
6. BPS I. Deforestation Rate (Netto) in Indonesia, Inside and Outside Forest Area 2013-2022 (Ha/year) - Statistical Data - BPS-Statistics Indonesia. [[View at Publisher](#)]
7. FCPF FCPF. Forest Carbon Partnership Facility (FCPF) : Emission Reductions Program Document

- (ER-PD). [[View at Publisher](#)]
8. Sahroni TR, Yasin V, Alfari L, Ariefka R, Siagian RC, Karim MA, et al. Impact of Urban Development on Uv Exposure: a Clustering and Machine Learning Assessment. *J Environ Sci Sustain Dev*. 2024;7(2):686–727. doi:10.7454/jessd.v7i2.1258 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 9. Zulkarnain M, Setyowati DL, Muhammad Sultan. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kelelahan Di Kota Samarinda. *PREPOTIF J Kesehat Masy*. 2022;6(3):1549–56. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 10. Tampubolon AD, Kurniawan B, Jayanti S. Analisis Faktor Yang Berhubungan dengan Derajat Dry Eye Syndrome Pada Pengemudi Ojek Online di Sekitar Kampus Undip Tembalang, Kota Semarang. *Ikesma*. 2023;19(4):234. doi:10.19184/ikesma.v19i4.40697 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 11. Thebeau C, Zhang S, Kolesnikov A V, Kefalov VJ, Semenkovich CF, Rajagopal R. Light Deprivation Reduces the Severity of Experimental Diabetic Retinopathy. *Neurobiol Dis*. 2020;137:1–27. doi:10.1016/j.nbd.2020.104754. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 12. Wan ZQ, Gao Y, Cui M, Zhang YJ. Association between risk factors and retinal nerve fiber layer loss in early stages of diabetic retinopathy. *Int J Ophthalmol*. 2021;14(2):255–62. doi:10.18240/IJO.2021.02.12 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 13. Yang Y, Chen L, Liu Q, Mu M, Huang J, Zhang G, et al. Long-term exposure to multiple air pollutants and multi-level socioeconomic status: joint effects on age-related macular degeneration, subsequent ocular comorbidity, and death in middle-aged and older adults. *BMC Med*. 2025;23(1). doi:10.1186/s12916-025-04224-6 PubMed PMID: 40597158. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 14. Han JH, Amri C, Lee H, Hur J. Pathological Mechanisms of Particulate Matter-Mediated Ocular Disorders: A Review. *Int J Mol Sci*. 2024 Nov;25(22):12107. doi:10.3390/ijms252212107 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 15. Ramzi A. Jurnal Kedokteran Unram Diagnosis and Management of Pterygium. Vol. 15. 2026;15(1). [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 16. Dammak A, Pastrana C, Martin-gil A, Carpena-torres C, Cerda AP, Simovart M, et al. Oxidative Stress in the Anterior Ocular Diseases : Diagnostic and Treatment. 2023. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 17. Millen AE, Dighe S, Kordas K, Aminigo BZ, Zafron ML, Mu L. Air Pollution and Chronic Eye Disease in Adults: A Scoping Review. *Ophthalmic Epidemiol*. 2024;31(1):1–10. doi:10.1080/09286586.2023.2183513 PubMed PMID: 36864662. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 18. Nebbioso M, Franzone F, Lambiasi A, Bonfiglio V, Limoli PG, Artico M, et al. Oxidative Stress Implication in Retinal Diseases—A Review. *Antioxidants*. 2022 Sep;11(9):1790. doi:10.3390/antiox11091790 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 19. Wong YL, Wong SW, Ting DSJ, Muralidhar A, Sen S, Schaff O, et al. Impacts of climate change on ocular health: A scoping review. *J Clim Chang Heal*. 2024;15. doi:10.1016/j.joclim.2023.100296 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 20. Chun YH, Paik J sun, Oh JH, Kim H seung, Na K sun. Association between pterygium , sun exposure, and serum 25-hydroxyvitamin in a nationally representative sample of Korean adults. 2018;1–8. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 21. Zahara NE, Dokter P, Kedokteran F, Lampung U. Paparan Sinar Matahari sebagai Faktor Risiko Pterigium pada Pekerja Sektor Agrikultur Sunlight Exposure as a Risk Factor of Pterygium in Agriculture Sector Workers. Vol. 7. 2020;7:40–5. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 22. Modenese A, Gobba F. Occupational exposure to solar radiation at different latitudes and pterygium: A systematic review of the last 10 years of scientific literature. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(1):7–10. doi:10.3390/ijerph15010037 PubMed PMID: 29278403. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]

- [Scholar\]](#)
23. Liu L, Li C, Yu H, Yang X. A critical review on air pollutant exposure and age-related macular degeneration. *Sci Total Environ.* 2022;840(April):156717. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.156717 PubMed PMID: 35709989. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 24. Böhm EW, Buonfiglio F, Voigt AM, Bachmann P, Safi T, Pfeiffer N, et al. Oxidative stress in the eye and its role in the pathophysiology of ocular diseases. *Redox Biol.* 2023;68(November):1–37. doi:10.1016/j.redox.2023.102967 PubMed PMID: 38006824. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 25. Van Norren D, Vos JJ. Light damage to the retina: An historical approach. *Eye.* 2016;30(2):169–72. doi:10.1038/eye.2015.218 PubMed PMID: 26541088. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 26. Hamba N, Gerbi A, Tesfaye S. Histopathological effects of ultraviolet radiation exposure on the ocular structures in animal studies –literature review. *Transl Res Anat.* 2021;22(August 2020):100086. doi:10.1016/j.tria.2020.100086 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 27. Ivanov I V, Mappes T, Schaupp P, Lappe C, Wahl S. Ultraviolet radiation oxidative stress affects eye health. 2018;(December 2017):1–13. doi:10.1002/jbio.201700377 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 28. Jyh J, Siak K, Ng SL, Seet L fong, Beuerman RW. The Nuclear-Factor kB Pathway Is Activated in Pterygium AND. 2010;230–6. doi:10.1167/iovs.10-5735 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 29. Park J young, Choi Y, Kim H do, Kuo H hsi, Chang Y chan, Kim C ho. Matrix Metalloproteinases and Their Inhibitors in the Pathogenesis of Epithelial Differentiation , Vascular Disease , Endometriosis , and Ocular Fibrotic Pterygium. 2025;1–23. [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 30. Yoon CH, Seol BR, Choi HJ. Effect of pterygium on corneal astigmatism , irregularity and higher - order aberrations : a comparative study with normal fellow eyes. *Sci Rep.* 2023;1–9. doi:10.1038/s41598-023-34466-4 [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]
 31. Xu W, Li X. The effect of pterygium on front and back corneal astigmatism and aberrations in natural - light and low - light conditions. *BMC Ophthalmol.* 2024;1–6. doi:10.1186/s12886-023-03270-z [[View at Publisher](#)] [[Google Scholar](#)]