

Pengaruh Paparan Sinar Matahari terhadap Penuaan Kulit Wajah Berdasarkan Penilaian *Skin Analyzer* pada Perempuan Minahasa di Sulawesi Utara

Effect of Sun Exposure on Facial Skin Aging Based on Skin Analyzer Assessment among Minahasan Women in North Sulawesi

Tara S. Kairupan,¹ Marlyn G. Kapantow,¹ Nurdjannah J. Niode,¹ Nova H. Kapantow^{1,2}

¹Bidang Ilmu Dermatologi, Venereologi, dan Estetika, Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

²Bidang Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
Email: tarakairupan@unsrat.ac.id

Received: December 23, 2025; Accepted: February 23, 2026; Published online: February 26, 2026

Abstract: Sun exposure is considered the predominant extrinsic contributor to skin aging. This was an observational analytical study with a cross-sectional design involving 177 Minahasan women aged 30-69 years residing in Manado City, Tomohon City, and Minahasa Regency, North Sulawesi Province, Indonesia. Participants were categorized into low sun exposure group (≤ 2 hours per day; $n = 82$) and high sun exposure group (≥ 5 hours per day; $n = 95$), based on the average daily exposure over the past ten years. Demographic data and sun exposure status were obtained through interviews and structured questionnaires. Facial skin aging was assessed using a skin analyzer, evaluating pores, wrinkles, pigmentation, and facial sebum. The results demonstrated that, overall, participants with high sun exposure had higher scores for pores, wrinkles, pigmentation, and U-area sebum than those with low sun exposure (all $p < 0.001$), whereas no significant difference was observed in the T-area sebum ($p = 0.075$). Age-stratified analysis showed consistent differences for wrinkles and U-area sebum across all age groups, while differences in pores and pigmentation were more pronounced in younger age groups. In conclusion, sun exposure contributes to facial skin aging and underscore the importance of photoprotection as a preventive strategy.

Keywords: skin aging; skin analyzer; sun exposure

Abstrak: Paparan sinar matahari merupakan faktor ekstrinsik utama yang berkontribusi pada penuaan kulit. Penelitian ini merupakan studi analitik observasional dengan desain potong lintang yang melibatkan 177 perempuan suku Minahasa berusia 30-69 tahun yang berdomisili di Kota Manado, Kota Tomohon, dan Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Subjek dikelompokkan menjadi kelompok paparan rendah (≤ 2 jam per hari; $n = 82$) dan kelompok paparan tinggi (≥ 5 jam per hari; $n = 95$), berdasarkan rerata paparan harian selama 10 tahun terakhir. Data demografik dan status paparan sinar matahari diperoleh melalui wawancara dan kuesioner terstruktur. Penuaan kulit wajah dinilai menggunakan *skin analyzer* dengan parameter pori, kerutan, pigmentasi, dan sebum wajah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan, subjek dengan paparan tinggi sinar matahari memiliki skor pori, kerutan, pigmentasi, dan sebum area-U yang lebih tinggi dibandingkan dengan subjek dengan paparan rendah (seluruhnya $p < 0,001$), sedangkan pada sebum area-T tidak ditemukan perbedaan yang bermakna ($p = 0,075$). Analisis berdasarkan kelompok usia memperlihatkan bahwa perbedaan pada komponen kerutan dan sebum area-U konsisten ditemukan di semua kelompok usia, sedangkan perbedaan pada komponen pori dan pigmentasi lebih menonjol pada kelompok usia yang lebih muda. Simpulan penelitian ini ialah paparan sinar matahari berkontribusi terhadap penuaan kulit wajah dan menegaskan pentingnya fotoproteksi sebagai strategi pencegahan.

Kata kunci: penuaan kulit; *skin analyzer*; paparan sinar matahari

PENDAHULUAN

Penuaan kulit merupakan suatu proses kompleks dan dinamis yang melibatkan penurunan struktur dan fungsi kulit seiring waktu, dipengaruhi oleh faktor intrinsik (genetik, usia dan hormonal) serta faktor ekstrinsik (eksogen).^{1,2} Sebagian besar (80-90%) penuaan ekstrinsik disebabkan oleh pajanan sinar matahari (*photoaging*, dermatoheliosis).³ Komponen sinar matahari, seperti sinar ultraviolet (UV), sinar tampak, dan sinar inframerah, masing-masing memberikan kontribusi pada perubahan degeneratif pada kulit, termasuk pembentukan kerutan dan garis-garis halus, dispigmentasi ireguler, gangguan pembuluh darah, hilangnya elastisitas dan kekencangan kulit, serta peningkatan risiko transformasi ganas sel kulit.^{3,4}

Photoaging telah banyak dilaporkan dalam berbagai penelitian di berbagai negara.⁵⁻¹⁰ Mekanismenya bersifat kompleks, antara lain dipengaruhi oleh intensitas radiasi UV, fototipe kulit, serta faktor geografis.¹¹ Dalam studi epidemiologi, pajanan sinar matahari umumnya diklasifikasikan berdasarkan durasi paparan harian,⁵⁻⁷ jenis aktivitas atau pekerjaan,⁸ serta pola perilaku individu.^{9,10} Pajanan harian yang tinggi (≥ 5 jam per hari), dikaitkan dengan peningkatan risiko terjadinya *photoaging*, sedangkan pajanan ≤ 2 jam per hari dikategorikan sebagai pajanan rendah.^{5,6} Sebagian besar penelitian terdahulu dilakukan pada populasi dengan fototipe kulit yang lebih terang di wilayah beriklim sedang, dan data pada populasi di daerah tropis dengan paparan UV tinggi masih relatif terbatas. Perbedaan fototipe kulit dan kondisi geografis tersebut berpotensi menghasilkan pola penuaan kulit yang berbeda.¹²

Indonesia termasuk negara tropis dengan tingkat pajanan sinar matahari tinggi sepanjang tahun.¹³ Populasinya mencakup spektrum fototipe kulit Fitzpatrick yang luas, dengan mayoritas berada pada fototipe III-V.¹⁴ Permasalahan utama kulit wajah pada perempuan Indonesia yang dilaporkan meliputi hiperpigmentasi, tanda-tanda penuaan struktural, pembesaran pori, serta penurunan produksi sebum setelah usia 50 tahun.¹⁴ Penelitian di Banda Aceh melaporkan adanya hubungan bermakna antara pajanan sinar matahari dengan tingkat keparahan *photoaging* dan penurunan hidrasi kulit pada pekerja sosial.¹⁵ Sementara itu, studi pada populasi pesisir Jakarta dengan pemeriksaan dermoskopi juga menemukan manifestasi klinis berupa kerutan, perubahan pigmentasi, dan perubahan struktur kulit.¹⁶ Namun, derajat *photoaging* yang dinilai menggunakan dermoskopi pada populasi tersebut tidak menunjukkan korelasi yang bermakna dengan parameter pajanan matahari jangka pendek seperti *sun index*.^{16,17} Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara pajanan sinar matahari dan penuaan kulit dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik populasi dan metode penilaian, sehingga data yang tersedia belum merepresentasikan seluruh wilayah dan etnis di Indonesia.

Sulawesi Utara merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang terletak dekat dengan garis khatulistiwa (0° - 3° lintang utara dan 123° - 126° bujur timur) dengan suku mayoritas yaitu suku Minahasa.¹⁸ Hingga saat ini, belum terdapat penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh pajanan sinar matahari terhadap penuaan kulit pada populasi ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan yang ada dengan menganalisis pengaruh pajanan sinar matahari terhadap penuaan kulit wajah berdasarkan penilaian *skin analyzer* pada perempuan suku Minahasa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi analitik observasional dengan rancangan potong lintang. Lokasi penelitian meliputi Kota Manado, Kota Tomohon, dan Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara.

Populasi penelitian yaitu perempuan suku Minahasa yang berdomisili di Kota Manado, Kota Tomohon, dan Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Sampel penelitian diambil secara *purposive sampling* dengan kriteria inklusi antara lain: 1) usia 30-69 tahun; 2) indeks massa tubuh normal, dan 3) bersedia mengisi *informed consent*. Kriteria eksklusi meliputi: 1) perokok aktif atau riwayat perokok; 2) konsumsi alkohol ≥ 8 unit/minggu; 3) memiliki riwayat tindakan kosmetik pada wajah, prosedur terapi atau rejuvenasi berbasis cahaya, dan tindakan bedah plastik

wajah; 4) memiliki riwayat penggunaan terapi retinoid oral atau topikal, hidrokuinon topikal, atau agen topikal lainnya untuk pencegahan dan terapi penuaan kulit; 5) memiliki gangguan pada kulit wajah seperti akne vulgaris, dermatitis seboroik, rosasea, psoriasis; vitiligo, penyakit vesikobulosa, penyakit jaringan ikat, trauma, luka bakar, dan infeksi kulit; 6) memiliki riwayat penyakit sistemik, gangguan psikiatrik, atau gangguan hormonal; 7) memiliki gangguan makan, malnutrisi, atau obesitas.

Status pajanan sinar matahari dikategorikan berdasarkan rata-rata durasi pajanan harian selama 10 tahun terakhir. Kelompok pajanan rendah didefinisikan sebagai pajanan ≤ 2 jam per hari, sedangkan kelompok pajanan tinggi didefinisikan sebagai pajanan ≥ 5 jam per hari. Kriteria inklusi untuk kelompok pajanan rendah sinar matahari yaitu pekerja dalam ruangan yang menghabiskan waktunya di dalam ruangan setiap hari dan/atau secara aktif menghindari pajanan sinar matahari setiap hari selama ≥ 10 tahun terakhir. Kriteria eksklusi memiliki riwayat pekerjaan, kegiatan olahraga, rekreatif, dan/atau kebiasaan berjemur di bawah sinar matahari selama ≥ 25 menit pada pukul 10.00-14.00 (indeks UV ≥ 8), tanpa fotoproteksi, lebih dari 1x/minggu, selama 10 tahun terakhir. Kriteria inklusi untuk kelompok pajanan tinggi sinar matahari yaitu pekerja luar ruangan yang terpajan sinar matahari ≥ 5 jam/hari, ≥ 5 hari dalam seminggu, selama ≥ 10 tahun terakhir. Kriteria eksklusi yaitu melakukan fotoproteksi ketat dan teratur dengan penutup wajah dan tabir surya topikal pada wajah selama bekerja di luar ruangan.

Variabel penelitian meliputi usia, pekerjaan, tingkat pendidikan, domisili, penuaan kulit berdasarkan *skin analyzer*, serta status pajanan sinar matahari. Penuaan kulit dinilai pada area wajah dengan instrumen *skin analyzer* A-ONE Simple® (Bomtech Electronics Co., Ltd., Korea Selatan). Cara kerja alat yaitu dengan mengambil foto pada keseluruhan wajah pasien yang kemudian akan dianalisis oleh program internal *skin analyzer*. Hasil penilaian dinyatakan dalam bentuk skor indeks, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan tingkat keparahan atau intensitas parameter yang lebih besar. Komponen yang dinilai antara lain kerutan (skala 1-10), pigmentasi (skala 1-10), pori-pori (skala 1-10), sebum area-U (skala 0-10.000), dan sebum area-T (skala 0-25.000). Status pajanan sinar matahari dibagi atas 2 kelompok yaitu pajanan tinggi dan pajanan rendah, sesuai dengan kriteria sampel di atas. Metode penilaian yaitu melalui pengisian kuesioner dan wawancara.

Pengolahan dan analisis data dengan uji yang sesuai menggunakan perangkat Microsoft Excel dan *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). Tingkat signifikansi atau α sebesar 5%.

HASIL PENELITIAN

Subjek penelitian berjumlah 177 perempuan suku Minahasa yang berusia 30-69 tahun; 82 orang termasuk kelompok pajanan rendah dan 95 orang termasuk kelompok pajanan tinggi sinar matahari. Tabel 1 memperlihatkan karakteristik demografik subjek penelitian. Berdasarkan jenis pekerjaan, pada kelompok pajanan rendah, jenis pekerjaan terbanyak yaitu pegawai (76,8%), diikuti oleh ibu rumah tangga (17,1%), pensiunan (3,7%), dan pemuka agama (2,4%). Pada kelompok pajanan tinggi, jenis pekerjaan terbanyak ialah yaitu ibu rumah tangga (53,7%), diikuti oleh petani (36,8%), pegawai (7,4%), dan pedagang (2,1%). Berdasarkan tingkat pendidikan, pada kelompok pajanan rendah, tingkat pendidikan terbanyak yaitu tamat perguruan tinggi (73,2%), tamat SMA (17,1%), dan tamat SMP (9,7%). Pada kelompok pajanan tinggi, tingkat pendidikan terbanyak yaitu tamat SD (29,5%), diikuti oleh tamat SMP (25,3%), tamat SMA (23,1%), tidak sekolah/tidak tamat SD (14,7%), dan tamat perguruan tinggi (7,4%). Berdasarkan domisili, subjek penelitian tersebar dalam beberapa kabupaten/kota di Sulawesi Utara meliputi Kota Manado 53 orang dan 2 orang, Kota Tomohon 17 orang dan 2 orang, serta Kabupaten Minahasa 12 orang dan 91 orang, berturut-turut untuk kelompok pajanan rendah dan pajanan tinggi sinar matahari.

Tabel 2 memperlihatkan rerata skor penilaian *skin analyzer* serta hasil perbandingan *mean rank* dengan uji Mann Whitney untuk setiap komponen penuaan kulit berdasarkan status pajanan sinar matahari dan kelompok usia.

Tabel 1. Karakteristik demografik subjek penelitian

Karakteristik demografik	Pajanan rendah sinar matahari		Pajanan tinggi sinar matahari	
	n	%	n	%
Usia				
30 - 39 tahun	20	24,4	20	21,0
40 - 49 tahun	22	26,8	23	24,2
50 - 59 tahun	20	24,4	30	31,7
60 - 69 tahun	20	24,4	22	23,1
Pekerjaan				
Pegawai	63	76,8	7	7,4
Ibu rumah tangga	14	17,1	51	53,7
Petani	0	0	35	36,8
Pensiunan	3	3,7	0	0
Pemuka agama	2	2,4	0	0
Pedagang	0	0	2	2,1
Tingkat Pendidikan				
Tidak sekolah/tidak tamat SD	0	0	14	14,7
Tamat SD	0	0	28	29,5
Tamat SMP	8	9,7	24	25,3
Tamat SMA	14	17,1	22	23,1
Tamat PT	60	73,2	7	7,4
Domisili				
Kota Manado	53	64,6	2	2,1
Kabupaten Minahasa				
Kecamatan Langowan	8	9,8	47	49,5
Kecamatan Lembean Timur	4	4,9	23	24,2
Kecamatan Kawangkoan	0	0	21	22,1
Kota Tomohon	17	20,7	2	2,1
Total	82	100	95	100

Tabel 2. Karakteristik penuaan kulit wajah berdasarkan penilaian *skin analyzer* antara kelompok pajanan rendah dan kelompok pajanan tinggi sinar matahari

Komponen penuaan kulit	Rerata skor penilaian <i>skin analyzer</i> Kategori Usia				Total Subjek (30-69 tahun)
	30-39 tahun	40-49 tahun	50-59 tahun	60-69 tahun	
A. Pori (0-10)					
- Kelompok pajanan rendah	5,5	5,9	6,2	6,3	6,0
- Kelompok pajanan tinggi	6,3	6,2	6,4	6,5	6,4
	p <0,001*	p = 0,007*	p = 0,073	p = 0,090	p <0,001*
B. Kerutan (0-10)					
- Kelompok pajanan rendah	2,3	3,3	3,7	4,6	3,5
- Kelompok pajanan tinggi	3,8	4,3	5,1	5,5	4,7
	p <0,001*	p = 0,029*	p <0,001*	p = 0,006*	p <0,001*
C. Pigmentasi (0-10)					
- Kelompok pajanan rendah	2,2	2,0	3,4	3,7	3,1
- Kelompok pajanan tinggi	4,2	4,1	4,2	4,3	4,1
	p = 0,003*	p = 0,055	p = 0,218	p = 0,174	p <0,001*
D. Sebum area-U (0-10.000)					
- Kelompok pajanan rendah	499,8	251,7	156,2	212,1	279,2
- Kelompok pajanan tinggi	898,9	1177,3	662,7	523,2	804,7
	p = 0,003*	p <0,001*	p <0,001*	p = 0,017*	p <0,001*
E. Sebum area-T (0-25.000)					
- Kelompok pajanan rendah	618,8	307,3	154,9	110,6	298,1
- Kelompok pajanan tinggi	466,2	595,6	279,9	291,4	398,2
	p = 0,417	p = 0,064	p = 0,921	p = 0,174	p = 0,075

Keterangan: Data disajikan sebagai nilai rerata. Analisis statistik dilakukan menggunakan uji Mann-Whitney. Nilai $p < 0,05$ menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik. Kelompok pajanan rendah didefinisikan sebagai pajanan sinar matahari ≤ 2 jam per hari dan kelompok pajanan tinggi sebagai pajanan ≥ 5 jam per hari, berdasarkan rata-rata durasi pajanan harian selama 10 tahun terakhir.

Pada komponen pori, kelompok paparan rendah sinar matahari, rerata skor terendah yaitu 5,5 ditemukan pada kategori usia 30-39 tahun, dan rerata skor tertinggi yaitu 6,3 ditemukan pada usia 60-69 tahun, dengan tren peningkatan skor sesuai peningkatan kelompok usia. Pada komponen pori kelompok paparan tinggi sinar matahari, rerata skor terendah yaitu 6,2 ditemukan pada kategori usia 40-49 tahun, dan rerata skor tertinggi yaitu 6,5 pada usia 60-69 tahun. Rerata skor pori untuk keseluruhan subjek penelitian usia 30-69 tahun yaitu 6,0 untuk kelompok paparan rendah sinar matahari dan 6,4 untuk kelompok paparan tinggi sinar matahari. Perbedaan bermakna dari komponen pori antara kelompok paparan rendah sinar matahari dan kelompok paparan tinggi sinar matahari ditemukan pada kategori usia 30-39 tahun ($p<0,001$) dan 40-49 tahun ($p=0,007$).

Pada komponen kerutan, rerata skor terendah ditemukan pada kategori usia 30-39 tahun, yaitu 2,3 pada kelompok paparan rendah, dan 3,8 pada kelompok paparan tinggi. Rerata skor kerutan tertinggi ditemukan pada usia 60-69 tahun, yaitu 4,6 pada kelompok paparan rendah, dan 5,5 pada kelompok paparan tinggi, dengan tren peningkatan skor sesuai peningkatan kelompok usia. Rerata skor kerutan untuk keseluruhan subjek penelitian usia 30-69 tahun yaitu 3,5 untuk kelompok paparan rendah sinar matahari dan 4,7 untuk kelompok paparan tinggi sinar matahari. Perbedaan bermakna dari komponen kerutan antara kelompok paparan rendah sinar matahari dan kelompok paparan tinggi sinar matahari ditemukan pada semua kategori usia, yaitu 30-39 tahun ($p<0,001$), 40-49 tahun ($p=0,029$), 50-59 tahun ($p<0,001$), dan 60-69 tahun ($p=0,006$).

Pada komponen pigmentasi kelompok paparan rendah sinar matahari, kategori usia 30-39 tahun dan 40-49 tahun memiliki rerata skor yang lebih rendah (2,2 dan 2,0, berturut-turut), dibandingkan dengan kategori usia 50-59 tahun dan 60-69 tahun (3,4 dan 3,7, berturut-turut). Pada komponen pigmentasi kelompok paparan tinggi sinar matahari, rerata skor terendah yaitu 4,1 pada kategori usia 40-49 tahun, dan tertinggi yaitu 4,3 pada kategori usia 60-69 tahun. Rerata skor pigmentasi untuk keseluruhan subjek penelitian usia 30-69 tahun yaitu 3,1 untuk kelompok paparan rendah sinar matahari dan 4,1 untuk kelompok paparan tinggi sinar matahari. Perbedaan bermakna dari komponen pigmentasi antara kelompok paparan rendah dan kelompok paparan tinggi sinar matahari ditemukan hanya pada kategori usia 30-39 tahun ($p=0,003$), dan tidak pada kategori usia lainnya.

Pada komponen sebum area-U kelompok paparan rendah sinar matahari, rerata skor terendah yaitu 156,2 ditemukan pada kategori usia 50-59 tahun, sedangkan rerata skor tertinggi yaitu 499,8 ditemukan pada usia 30-39 tahun. Pada sebum area-U kelompok paparan tinggi sinar matahari, rerata skor terendah yaitu 523,2 ditemukan pada kategori usia 60-69 tahun, dan tertinggi yaitu 1177,3 pada kategori usia 40-49 tahun. Rerata skor sebum area-U untuk keseluruhan subjek penelitian usia 30-69 tahun yaitu 279,2 untuk kelompok paparan rendah sinar matahari dan 804,7 untuk kelompok paparan tinggi sinar matahari. Perbedaan bermakna pada komponen sebum area-U antara kelompok paparan rendah dan kelompok paparan tinggi sinar matahari ditemukan pada seluruh kategori usia, yaitu 30-39 tahun ($p=0,003$), 40-49 tahun ($p<0,001$), 50-59 tahun ($p<0,001$), dan 60-69 tahun ($p=0,017$).

Pada komponen sebum area-T kelompok paparan rendah sinar matahari, rerata skor terendah yaitu 110,6 ditemukan pada kategori usia 60-69 tahun, sedangkan rerata skor tertinggi yaitu 618,8 ditemukan pada usia 30-39 tahun. Pada sebum area-T kelompok paparan tinggi sinar matahari, rerata skor terendah yaitu 279,9 ditemukan pada kategori usia 50-59 tahun, dan tertinggi yaitu 595,6 ditemukan pada kategori usia 40-49 tahun. Rerata skor sebum area-T untuk keseluruhan subjek penelitian usia 30-69 tahun yaitu 298,1 untuk kelompok paparan rendah sinar matahari dan 398,2 untuk kelompok paparan tinggi sinar matahari. Tidak ditemukan perbedaan bermakna dari komponen sebum area-T antara kelompok paparan rendah dan kelompok paparan tinggi sinar matahari pada semua kategori usia.

Hasil analisis secara keseluruhan pada total subjek, ditemukan perbedaan bermakna antara kelompok paparan rendah dan kelompok paparan tinggi sinar matahari pada komponen pori ($p<0,001$), kerutan ($p<0,001$), pigmentasi ($p<0,001$), sebum area-U ($p<0,001$), namun tidak pada sebum area-T ($p=0,075$).

BAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh pajanan sinar matahari terhadap penuaan kulit wajah pada perempuan suku Minahasa di Sulawesi Utara. Komponen penuaan kulit wajah yang dinilai pada penelitian ini yaitu pori, kerutan, pigmentasi, dan sebum berdasarkan pemeriksaan *skin analyzer*.

Pori-pori wajah adalah fitur visual kulit yang dibentuk oleh pembukaan kelenjar pilosebaceus yang membesar. Pori-pori dapat tampak membesar seiring dengan penuaan akibat hilangnya elastisitas kulit secara alamiah dan efek *photoaging*.¹⁹ Pada penelitian ini ditemukan adanya perbedaan bermakna pada komponen pori kulit antara kelompok pajanan rendah dan tinggi sinar matahari. Pada kelompok pajanan rendah, terlihat peningkatan skor pori kulit seiring pertambahan usia, sedangkan pada kelompok pajanan tinggi, skor pori kulit tertinggi terjadi pada usia 60-69 tahun. Penelitian oleh Sugiyama-Nakagiri et al²⁰ pada subjek Jepang menggunakan alat Vivascope 1500[®], menemukan peningkatan luas pori total, luas pori rerata, dan jumlah total pori pada subjek berusia di atas 50 tahun. Nilai-nilai ini mencapai puncaknya pada usia 50-an, kemudian sedikit menurun setelahnya. Penelitian Shaiek et al²¹ pada individu Kaukasia menggunakan alat Dermascore+[®], melaporkan ukuran pori yang lebih besar pada pasien berusia 30-50an tahun, dibandingkan dengan kelompok usia 18-25 tahun ataupun 50-70an tahun. Studi kohort berbasis populasi di Belanda oleh Eecen et al²² menunjukkan bahwa pajanan UV buatan melalui *tanning bed* berhubungan bermakna dengan derajat pori wajah yang lebih berat. Sebaliknya, studi Flament et al¹⁰ pada populasi di Cina melaporkan bahwa karakteristik pori wajah tidak menunjukkan hubungan bermakna dan konsisten dengan pajanan sinar matahari alami. Heterogenitas jenis kulit dapat berperan, di mana ukuran pori-pori dapat dipengaruhi oleh banyak faktor selain penuaan dan pajanan UV, antara lain kecenderungan genetik, jenis kulit, xenobiotik komedogenik, jerawat dan seborrhea.²³

Terdapat perbedaan bermakna pada komponen kerutan antara kelompok pajanan rendah dan tinggi sinar matahari di semua kelompok usia. Skor kerutan ditemukan meningkat seiring bertambahnya usia, dan kelompok pajanan tinggi memiliki skor kerutan yang lebih tinggi. Penelitian Du et al²⁴ di Indonesia mengukur parameter penuaan terkait garis-garis halus, kerutan, dan lingkaran hitam di bawah mata dan menunjukkan perburukan seiring bertambahnya usia, yang lebih progresif dan cepat dibandingkan perubahan warna. Pajanan sinar UV menyebabkan degradasi kolagen dermal, elastin, dan menyebabkan kerutan dalam, hilangnya elastisitas, serta gangguan tekstur kulit.²⁵ Hasil penelitian ini selaras dengan temuan Chung et al^{6,7} yang menunjukkan bahwa pajanan sinar matahari yang lebih dari 5 jam per hari secara bermakna meningkatkan risiko kerutan dibandingkan pajanan 1-2 jam per hari, terlepas dari pengaruh usia dan jenis kelamin. Pengaruh pajanan sinar pada kerutan kulit juga dilaporkan oleh beberapa penelitian lainnya pada ras Kaukasia dan Asia.^{9,10,26} Secara biologis, temuan ini konsisten dengan mekanisme *photoaging*, di mana UV-A menembus dermis dan memicu pembentukan spesies oksigen reaktif yang mengaktifasi matriks metaloproteinase, sehingga menyebabkan degradasi kolagen tipe I dan III serta fragmentasi serabut elastin. Selain itu, UV juga menghambat sintesis kolagen baru oleh fibroblas, sehingga terjadi ketidakseimbangan antara degradasi dan regenerasi matriks dermal, yang secara klinis tampak sebagai kerutan, hilangnya elastisitas, dan perubahan tekstur kulit.²⁷

Perbedaan bermakna komponen pigmentasi ditemukan pada usia 30-39 tahun, dengan skor lebih rendah pada kelompok pajanan sinar matahari rendah. Meskipun tidak semua kelompok usia bermakna secara statistik, rerata skor pigmentasi konsisten lebih tinggi pada kelompok pajanan tinggi, dan perbedaan bermakna juga terlihat pada analisis total usia 30-69 tahun. Hal ini menunjukkan arah hubungan sejalan antara pajanan UV dan peningkatan pigmentasi. Tidak tercapainya kemaknaan pada beberapa kelompok usia kemungkinan disebabkan oleh variasi data yang besar, ukuran sampel yang terbatas, serta sifat kumulatif pigmentasi, di mana pada usia yang lebih tua nilai dasar pigmentasi sudah meningkat pada kedua kelompok pajanan.²⁸ Secara biologis, peningkatan pigmentasi akibat pajanan sinar matahari pada awalnya merupakan mekanisme protektif kulit, karena melanin membantu melindungi sel kulit dari efek merusak sinar UV dengan

menurunkan terjadinya kerusakan DNA,²⁹ akan tetapi, pajanan sinar UV berulang memicu keratinosit untuk terus memproduksi TNF- α , yang kemudian merangsang sekresi endotelin dan produksi faktor *stem-cell factors* secara autokrin, yang menyebabkan aktivasi melanogenik terus-menerus dari melanosit sekitar, yang menyebabkan pigmentasi tidak merata.^{28,29} Peningkatan pigmentasi lokal pada *photoaging* sebagian besar merupakan hasil dari peningkatan jumlah melanosit dopa-positif di lapisan epidermis basal.³⁰ Penelitian Flament et al^{9,10} pada populasi Kaukasia (2013) dan Cina (2015) melaporkan bahwa gangguan pigmentasi meningkat bermakna pada individu dengan pajanan UV lebih tinggi. Sebaliknya, penelitian Chung et al⁷ pada populasi Korea menunjukkan bahwa pajanan sinar matahari berhubungan lebih konsisten dengan peningkatan kerutan dibandingkan dengan derajat pigmentasi, di mana perubahan pigmentasi tidak selalu meningkat secara linear seiring bertambahnya paparan matahari. Dengan demikian, walaupun radiasi UV berperan dominan dalam terjadinya pigmentasi wajah, peningkatannya tidak selalu berjalan sebanding dengan besarnya pajanan, sehingga kontribusi faktor lain tetap perlu diperhitungkan.

Berkaitan dengan sebum, produksi sebum pada wajah tidak merata dan terbagi menjadi dua area utama, yaitu area-T yang meliputi dahi, hidung, dan dagu dengan produksi sebum lebih tinggi, serta area-U yang mencakup kedua pipi dengan produksi sebum yang relatif lebih rendah.³¹ Sebum dapat dipandang sebagai salah satu parameter penuaan kulit karena mencerminkan perubahan fungsi kelenjar sebacea yang berperan dalam menjaga hidrasi, integritas barrier kulit, dan respons terhadap paparan lingkungan.³² Pada penelitian ini, ditemukan perbedaan yang bermakna pada sebum area-U antara kelompok pajanan rendah dan tinggi sinar matahari di seluruh kelompok usia, di mana pajanan sinar matahari yang lebih tinggi berkaitan dengan kadar sebum area-U yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian eksperimental pada hamster oleh Akitomo et al³³ yang menunjukkan bahwa pajanan UVB meningkatkan aktivitas kelenjar sebacea dan produksi sebum. Namun, sebum yang terpapar UV mudah mengalami peroksidasi sehingga dapat merusak integritas kulit dan meningkatkan kehilangan air melalui kulit. Mekanisme ini juga didukung oleh ulasan pada manusia oleh Piquero-Casals et al³⁴ yang melaporkan bahwa radiasi UV, terutama UVB, dapat meningkatkan produksi sebum, merangsang proliferasi keratinosit, serta memicu respons inflamasi kulit. Dalam penelitian ini, meskipun tidak terdapat perbedaan bermakna secara keseluruhan pada sebum area-T, tampak kecenderungan peningkatan skor sebum pada kelompok pajanan rendah seiring bertambahnya usia. Hal ini mungkin mencerminkan perubahan produksi sebum di area T-wajah yang dapat dipengaruhi oleh faktor selain paparan sinar matahari, seperti faktor genetik dan hormonal.³⁵ Terkait faktor usia, Du et al²⁴ melaporkan bahwa kadar sebum relatif stabil hingga usia 50 tahun, kemudian cenderung menurun pada dekade berikutnya. Peningkatan usia diketahui berkaitan dengan penurunan fisiologis produksi sebum akibat menurunnya aktivitas kelenjar sebacea dan perubahan regulasi hormonal. Kondisi ini berkontribusi terhadap kulit yang semakin kering, penurunan fungsi barrier, serta meningkatnya kerentanan terhadap tanda-tanda penuaan kulit.³² Perbedaan pengaruh usia dan pajanan UV terhadap sebum menunjukkan bahwa perubahan sebum dalam proses penuaan kulit bersifat kompleks dan tidak dapat dijelaskan oleh satu faktor saja.³⁵

Temuan penelitian ini menegaskan pentingnya fotoproteksi sebagai langkah utama dalam pencegahan penuaan kulit akibat pajanan sinar matahari. Fotoproteksi tidak hanya berperan dalam mencegah pembentukan kerutan dan pembesaran pori, tetapi juga dalam menurunkan risiko terjadinya pigmentasi tidak merata serta perubahan fungsi kelenjar sebacea, khususnya pada area wajah yang lebih sensitif terhadap radiasi UV. Upaya fotoproteksi meliputi penggunaan tabir surya secara teratur, pemakaian pelindung fisik seperti topi atau payung, serta pembatasan aktivitas luar ruangan pada jam pajanan sinar matahari tertinggi. Edukasi mengenai fotoproteksi sejak usia muda menjadi penting, terutama pada populasi yang tinggal di daerah tropis seperti Sulawesi Utara, guna memperlambat proses *photoaging* dan menjaga kesehatan kulit jangka panjang.^{36,37}

Keterbatasan penelitian ini meliputi desain potong lintang dan populasi yang terbatas, sehingga hasil perlu diinterpretasikan secara hati-hati. Penilaian pajanan sinar matahari yang berbasis kuesioner berpotensi menimbulkan bias ingatan, dan penggunaan instrumen *skin analyzer*

yang belum memungkinkan perbandingan langsung dengan penelitian lain turut membatasi interpretasi hasil. Selain itu, meskipun beberapa faktor perancu telah dikendalikan melalui kriteria inklusi dan eksklusi, pengendalian tersebut masih bergantung pada data anamnesis, sehingga variasi biologis individual dan riwayat paparan sinar matahari jangka panjang belum sepenuhnya dapat dieliminasi. Selain itu, penelitian ini tidak memasukkan kelompok paparan sinar matahari menengah, yang secara metodologis bertujuan untuk memperjelas kontras antara paparan rendah dan tinggi serta mengurangi risiko kesalahan klasifikasi. Namun, karena paparan menengah merupakan kondisi yang paling umum di masyarakat, hal ini dapat membatasi generalisasi hasil penelitian terhadap populasi yang lebih luas.

Pada akhirnya, diperlukan penelitian lanjutan dengan desain longitudinal, ukuran sampel yang lebih besar, serta metode pengukuran paparan UV dan parameter penuaan kulit yang lebih objektif untuk memperkuat dan memvalidasi temuan penelitian ini. Selain itu, penelitian lebih lanjut juga diperlukan untuk memahami mekanisme biologis yang mendasari pengaruh sinar matahari terhadap penuaan kulit, serta untuk mengembangkan strategi pencegahan penuaan kulit yang lebih efektif.

SIMPULAN

Terdapat pengaruh paparan sinar matahari terhadap penuaan kulit wajah berdasarkan penilaian *skin analyzer* pada perempuan Minahasa di Sulawesi Utara. Kelompok paparan tinggi memiliki skor penuaan kulit yang lebih berat dibandingkan kelompok paparan rendah, terutama pada komponen pori, kerutan, pigmentasi, dan sebum area-U, sedangkan sebum area-T tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna. Temuan ini mendukung pentingnya fotoproteksi sebagai strategi pencegahan penuaan kulit pada populasi yang diteliti.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kerns ML, Chien AL, Sewon K. Skin aging. In: Kang S, Amagai M, Bruckner AL, Enk AH, Margolis DJ, McMichael AJ, et al, editor. *Fitzpatrick's Dermatology* (9th ed). New York: McGraw Hill Companies; 2019. p. 1779-98.
2. Wong QA, Chew FT. Defining skin aging and its risk factors: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*. 2021;11(1):22075. Doi: 10.1038/s41598-021-01573-z.
3. Huang AH, Chien AL. Photoaging: a review of current literature. *Curr Derm Rep*. 2020;9(1):22-9. Doi: 10.1007/s13671-020-00288-0
4. Furukawa JY, Martinez RM, Morcho-Jácome AL, Castillo-Gómez TS, Pereda-Contreras VJ, Rosado C, et al. Skin impacts from exposure to ultraviolet, visible, infrared, and artificial lights - a review. *J Cosmet Laser Ther*. 2021;23(1-2):1-7. Doi: 10.1080/14764172.2021.195076.
5. El-Sayed MH, Saleh HM, El Zawahry KMA, Mostafa AE. The dermoscopic features of facial aging among Egyptians: A comparative study between males and females. *J Cosmet Dermatol* 2019;18(6):1803-13. Doi: 10.1111/jocd.12913
6. Chung JH. Characteristics of skin aging in Korean men and women. *Int J Cosmet Sci* 2005;27(1):50-2. Doi: 10.1111/j.1467-2494.2004.00254.8.x.
7. Chung JH, Lee SH, Youn CS, Park BJ, Kim KH, Park KC, et al. Cutaneous photodamage in Koreans: influence of sex, sun exposure, smoking, and skin color. *Arch Dermatol*. 2001;137(8):1043-51. Doi: 10.1001/archderm.137.8.1043.
8. Grandahl K, Olsen J, Friis KBE, Mortensen OS, Ibler KS. Photoaging and actinic keratosis in Danish outdoor and indoor workers. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2019;35(4):201-7. Doi: 10.1111/phpp.12451.
9. Flament F, Bazin R, Laquieze S, Rubert V, Simonpietri E, Piot B. Effect of the sun on visible clinical signs of aging in Caucasian skin. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2013;6:221-32. Doi: 10.2147/ccid.s44686.
10. Flament F, Bazin R, Qiu H, Ye C, Laquieze S, Rubert V, et al. Solar exposure(s) and facial clinical signs of aging in Chinese women: impacts upon age perception. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2015;8:75-84. Doi: 10.2147/ccid.s72244.
11. Amaro-Ortiz A, Yan B, D'Orazio JA. Ultraviolet radiation, aging and the skin: Prevention of damage by topical cAMP manipulation. *Molecules*. 2014;19(5):6202-19. Doi: 10.3390/molecules19056202.
12. Anna JT, Chien L, Tsai J, Chien AL. Reinforcing photoprotection for skin of color: a narrative review. *Dermatol Ther (Heidelb)*. 2023;13(9):1935-58. Doi: 10.1007/s13555-023-00982-4.
13. Nasruddin, Budiyo MA, Lubis MH. Hourly solar radiation in Depok, West Java, Indonesia (106.7942 Longitude, - 6.4025 Latitude). *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2018;105(1):012088. Doi: 10.1088/1755-1315/105/1/012088.

14. Goh CL, Kang HY, Morita A, Zhang C, Wu Y, Prakoeswa CR, et al. Awareness of sun exposure risks and photoprotection for preventing pigmentary disorders in Asian populations: Survey results from three Asian countries and expert panel recommendations. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2024;40(1):e12932. Doi: 10.1111/phpp.12932.
15. Lestari W, Puspita DA, Mizfaruddin M, Hajar S. The effect of sun exposure on the severity degree of photoaging and skin hydration on service workers at dr. Zainoel Abidin Regional General Hospital Banda Aceh. *Berk Ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin*. 2023;35(3):214-8. Doi: 10.20473/bikk.v35.3.2023.214-218.
16. Sukma PMG, Menaldi SLSW, Wibawa LP, Yusharyahya SN, Isbayuputra M. Photoaging assessment by Glogau classification: correlation of dermoscopy findings in the coastal population of Indonesia. *Acta Dermatovenereol Alp Pannonica Adriat*. 2024;33(1):1-5. Doi: 10.15570/actaapa.2024.5.
17. Respati RA, Yusharyahya SN, Wibawa LP, Widaty S. The dermoscopic features of photoaging and its association with sun index score in the coastal population at Cilincing, Jakarta: a cross-sectional study. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2022;15:939-46. Doi: 10.2147/ccid.s355260.
18. Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara. Provinsi Sulawesi Utara Dalam Angka (Sulawesi Utara Province in Figures) 2022. [cited 2024 Jan 17]. Available from: <https://sulut.bps.go.id/id/publication/2022/02/25/58020909848743d283b68afa/provinsi-sulawesi-utara-dalam-angka-2022.html>
19. Jang SI, Kim EJ, Lee HK. A method of evaluating facial pores using optical 2D images and analysis of age-dependent changes in facial pores in Koreans. *Skin Res Technol*. 2018;24(2):304-8. Doi: 10.1111/srt.12430.
20. Sugiyama-Nakagiri Y, Sugata K, Iwamura M, Ohuchi A, Kitahara T. Age-related changes in the epidermal architecture around facial pores. *J Dermatol Sci*. 2008;50(2):151-4. Doi: 10.1016/j.jdermsci.2007.11.014.
21. Shaiek A, Flament F, François G, Lefebvre-Descamps V, Barla C, Vicic M, dkk. A new tool to quantify the geometrical characteristics of facial skin pores. *Skin Res Technol*. 2017;23(2):249-57. Doi: 10.1111/srt.12330.
22. Eecen CMW, de Brabander-Bethlem JC, Velthuis P, Liu M, Riley-Gillis B, Therrien J-P, et al. Facial pore severity is associated with age, smoking status and tanning bed use: results from a large Dutch population-based cohort. *JEADV Clin Pract*. 2025;4(5):1090-100. Doi: 10.1002/jvc2.70128.
23. Lee SJ, Seok J, Jeong SY, Park KY, Li K, Seo SJ. Facial pores: definition, causes, and treatment options. *Dermatol Surg*. 2016;42(3):277-85. Doi: 10.1097/dss.0000000000000657.
24. Du Y, Doraiswamy C, Mao J, Zhang Q, Liang Y, Du Z, et al. Facial skin characteristics and concerns in Indonesia: A cross-sectional observational study. *Skin Res Technol*. 2022;28(5):1-10. Doi: 10.1111/srt.13189.
25. Chen X, Yang C, Jiang G. Research progress on skin photoaging and oxidative stress. *Postepy dermatologii i alergologii*. 2021;38(6):931-6. Doi: 10.5114/ada.2021.112275.
26. Kom V, Surber C, Imanidis G. Skin surface topography and texture analysis of sun-exposed body sites in view of sunscreen application. *Skin Pharmacol Physiol*. 2016;29(6):291-9. Doi: 10.1159/000450760.
27. Feng C, Chen X, Yin X, Jiang Y, Zhao C. Matrix metalloproteinases on skin photoaging. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(12):3847-62. Doi: 10.1111/jocd.16558.
28. Imokawa G. Melanocyte Activation mechanisms and rational therapeutic treatments of solar lentigos. *Int J Mol Sci*. 2019;20(15):3666. Doi: 10.3390/ijms20153666.
29. Del Bino S, Bernerd F. Clinical and biological characterization of skin pigmentation diversity and its consequences on UV impact. *Int J Mol Sci*. 2018;19(9):2668. Doi: 10.3390/ijms19092668.
30. Rittié L, Fisher GJ. Natural and sun-induced aging of human skin. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2015;5(1):a015370. Doi: 10.1101/cshperspect.a015370.
31. Jung IS, Yun SJ, Lee JB. The difference in sebum secretion affecting development of acne. *Ann Dermatol*. 2019;31(4):426-33. Doi: 10.5021/ad.2019.31.4.426.
32. Naharro-Rodriguez J, Bacci S, Hernandez-Bule ML, Perez-Gonzalez A, Fernandez-Guarino M. Decoding skin aging: a review of mechanisms, markers, and modern therapies. *Cosmetics*. 2025;12(4):144. Doi: 10.3390/cosmetics12040144.
33. Akitomo Y, Akamatsu H, Okano Y, Masaki H, Horio T. Effects of UV irradiation on the sebaceous gland and sebum secretion in hamsters. *J Dermatol Sci*. 2003;31(2):151-9. Doi: 10.1016/s0923-1811(03)00003-3.
34. Piquero-Casals J, Morgado-Carrasco D, Rozas-Muñoz E, Mir-Bonafé JF, Trullàs C, Jourdan E, et al. Sun exposure, a relevant exposome factor in acne patients and how photoprotection can improve outcomes. *J Cosmet Dermatol*. 2023;22(6):1919-28. Doi: 10.1111/jocd.15726.
35. Hoover E, Aslam S, Krishnamurthy K. Physiology, Sebaceous Glands. Dalam: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 [cited 2026 Jan 22]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499819/>
36. Gabros S, Patel P, Zito PM. Sunscreens and photoprotection. Dalam: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [cited 2026 Jan 22]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537164/>
37. Rigel DS, Lim HW, Draeos ZD, Weber TM, Taylor SC. Photoprotection for all: current gaps and opportunities. *J Am Acad Dermatol*. 2022;86(3 Suppl):S18-26. Doi: 10.1016/j.jaad.2021.12.023.