

## Prosedur diagnostik radiologi non-invasif pada penyakit kulit: Tinjauan literatur

Linda Julianti Wijayadi<sup>1,\*</sup>, Karinnia<sup>1</sup>, Kelvin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bagian Ilmu Penyakit Kulit dan Kelamin Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup> Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

\*korespondensi email: [lindajuliantiw@fk.untar.ac.id](mailto:lindajuliantiw@fk.untar.ac.id)

### ABSTRAK

Diagnosis yang tepat suatu penyakit kulit merupakan hal penting dalam menatalaksana penyakit tersebut. Namun, prosedur diagnostik standar emas, yaitu biopsi kulit memerlukan biaya yang mahal. Kemajuan dalam teknologi pencitraan dapat membantu mendiagnosis suatu penyakit kulit. Tujuan dari studi ini ialah untuk melakukan tinjauan literatur mengenai peran modalitas pencitraan non-invasif dalam menilai pasien dengan penyakit kulit inflamasi. Studi literatur ini menggunakan basis data yang dikumpulkan dari Pubmed dan Cochrane dengan tahun publikasi artikel dari 2014 hingga 2024. Kata kunci yang digunakan ialah *skin and ultrasound* atau *confocal* atau *impedance* atau *optoacoustic* atau diagnosis dan inflamasi. Sebanyak 6 artikel studi disertakan dalam studi tinjauan literatur ini. Studi tersebut menjelaskan tentang *reflectance confocal microscopy* (RCM), *optical coherence tomography* (OCT) dan ultrasonografi (USG) pada penyakit kulit. Ultrasonografi merupakan modalitas yang paling umum digunakan pada penyakit kulit terutama dengan keterlibatan organ lain, meskipun resolusinya rendah. Studi ini menunjukkan bahwa teknologi non-invasif dapat digunakan untuk menggambarkan dengan baik beberapa penyakit kulit.

**Kata kunci:** diagnosis; radiologi pencitraan; non-invasif; penyakit kulit

### ABSTRACT

The diagnosis of skin diseases are important things to manage the diseases. A gold standard diagnostic procedure which is skin biopsy is however costly. An advancement in imaging technology might adjunct for the diagnosis of skin disease. The aim of this study is to review the literature regarding the role of non invasive imaging modalities in assessing patients with inflammatory skin disease. The database included in this study gathered from Pubmed and Cochrane that published from 2014 to 2024 using the keyword skin and ultrasound or confocal or impedance or optoacoustic and diagnosis and inflammation. A total of 6 studies are included in this review article. The studies describe about reflectance confocal microscopy (RCM), optical coherence tomography (OCT) and ultrasound (US) in skin disease. Ultrasound is the most common modality used in skin disease especially with other organ involvement, despite being low in resolution. Studies shows that non invasive technology can be used to picture several skin diseases.

**Keywords:** diagnosis; imaging; non-invasive; skin disease

## PENDAHULUAN

Penyakit kulit yang teridentifikasi pada tahun 2019 mencapai 4.859.267.654 kasus baru penyakit kulit dan subkutan, meningkat hingga dua kali lipat dari jumlah di tahun 1990. Laki-laki memiliki kasus yang dilaporkan sedikit lebih tinggi daripada perempuan, meliputi *acne vulgaris*, *alopecia areata*, *bacterial skin disease*, *ulkus dekubitus*, *dermatitis*, *fungus skin disease*, *pruritus*, *psoriasis*, *skabies*, *urtikaria*, *viral skin disease*, serta penyakit kulit dan subkutan lainnya, dengan bakteri dan jamur menjadi penyebab yang paling umum. Jumlah tertinggi kejadian dan kematian penyakit kulit tercatat di Asia Selatan dengan insiden sebesar 25% dan mortalitas sebesar 25%.<sup>1</sup>

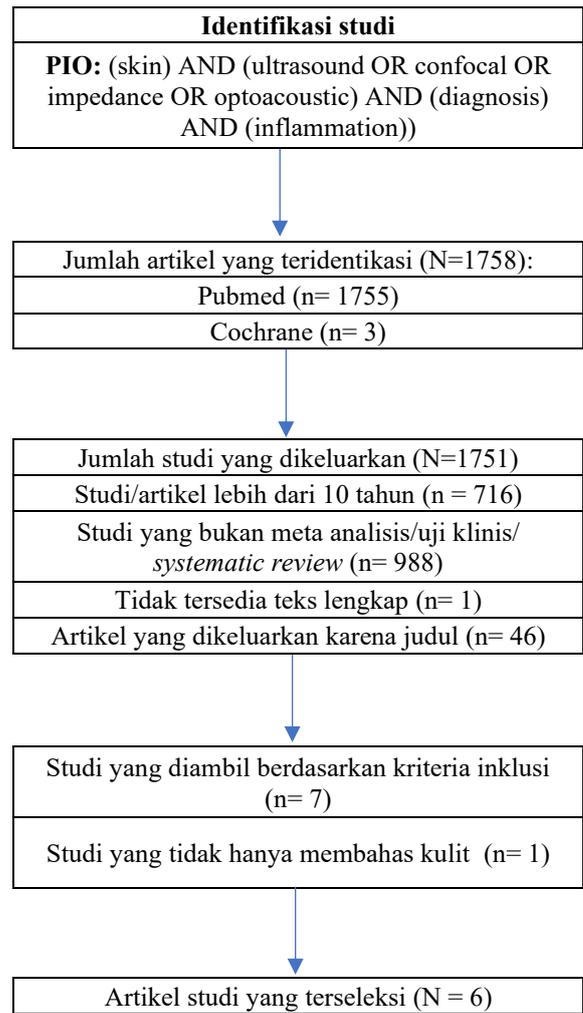
Penyakit kulit dapat diklasifikasikan lebih lanjut menjadi penyakit kulit neoplastik dan non-neoplastik atau sering disebut sebagai penyakit kulit inflamasi.<sup>2</sup> Peradangan dengan tanda klasiknya meliputi panas, nyeri, kemerahan, pembengkakan, dan hilangnya fungsi penting untuk homeostasis fisiologis. Jika hal ini tidak terkontrol, peradangan akan mengakibatkan kerusakan atau penyakit dengan mengaktifkan banyak mediator inflamasi dan sistem komplemen, koagulasi, dan fibrinolisis. Kondisi tersebut menyebabkan pentingnya untuk

membedakan peradangan dan infeksi, terutama pada luka yang tidak kunjung sembuh.<sup>3</sup> Diagnosis penyakit dermatologis dapat dibuat dengan keluhan pasien yang terperinci, riwayat medis sebelumnya, daftar pengobatan, pemeriksaan fisik, dengan atau tanpa kombinasi histopatologi dari biopsi kulit.<sup>2,4</sup> Namun, pengamatan dokter kulit bersifat subjektif dan memiliki variasi antar pengamat yang luas. Evaluasi histologis lesi kulit berpigmen juga merupakan tugas yang menantang bahkan dengan pendekatan histologis. Saat ini, modalitas diagnostik non-invasif menjadi sorotan mengingat morbiditas dan tingginya biaya biopsi kulit.<sup>5</sup> Ultrasonografi (USG) dapat memperlihatkan penebalan pada stratum korneum, mendeteksi adanya peradangan dan edema pada dermis, serta peradangan dan vasodilatasi pada tautan dermo-epidermal. Pencitraan non-invasif lainnya seperti *optical coherence tomography* (OCT) dan *reflectance confocal microscopy* (RCM) dapat memberikan resolusi jaringan yang lebih baik.<sup>6</sup> Strategi non-invasif dengan menggunakan pendekatan radiologis merupakan strategi yang menjanjikan untuk memperoleh penilaian yang terperinci. Studi ini bertujuan untuk

meninjau literatur mengenai peran modalitas pencitraan non-invasif dalam menilai pasien dengan penyakit kulit inflamasi.

### METODE PENELITIAN

Studi ini merupakan kajian pustaka atau tinjauan literatur dengan menggunakan *platform* penelusuran pustaka daring. Data yang disertakan dalam studi ini merupakan data sekunder dari penelitian terdahulu di Pubmed dan Cochrane yang kami batasi hingga 10 tahun. Kami menggunakan kata kunci berdasarkan komponen PIO, yaitu populasi pada penyakit kulit, intervensi menggunakan ultrasonografi (*ultrasound*), konfokal (*confocal*), impedansi (*impedance*), optoakustik (*optoacoustic*) serta *outcome* atau hasil berupa diagnosis, inflamasi. Kriteria inklusi studi ini meliputi artikel jurnal memiliki judul dan isi yang relevan dengan tujuan, tersedia teks lengkap, berbahasa Indonesia atau Inggris, dan dipublikasi pada tahun 2014 hingga 2024. Artikel jurnal yang tercantum hanya abstrak saja atau tidak tersedia teks lengkap, studi bukan pada manusia, bukan meta-analisis atau uji klinis atau tinjauan sistematis akan dikeluarkan dari studi literatur ini. Alur pengambilan serta penilaian artikel literatur yang dilakukan dijelaskan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Alur pencarian literatur studi**

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 6 studi disertakan dalam tinjauan ini (**Tabel 1**). Al-Clear, dkk.<sup>7</sup> dan Guida, dkk.<sup>8</sup> menjelaskan tentang RCM dan OCT pada penyakit kulit. Barbic, dkk.<sup>9</sup>, Gottlieb, dkk.<sup>10</sup>, Vanhaecke, dkk.<sup>11</sup>, dan Wu, dkk.<sup>12</sup> menjelaskan tentang penggunaan USG pada penyakit kulit.

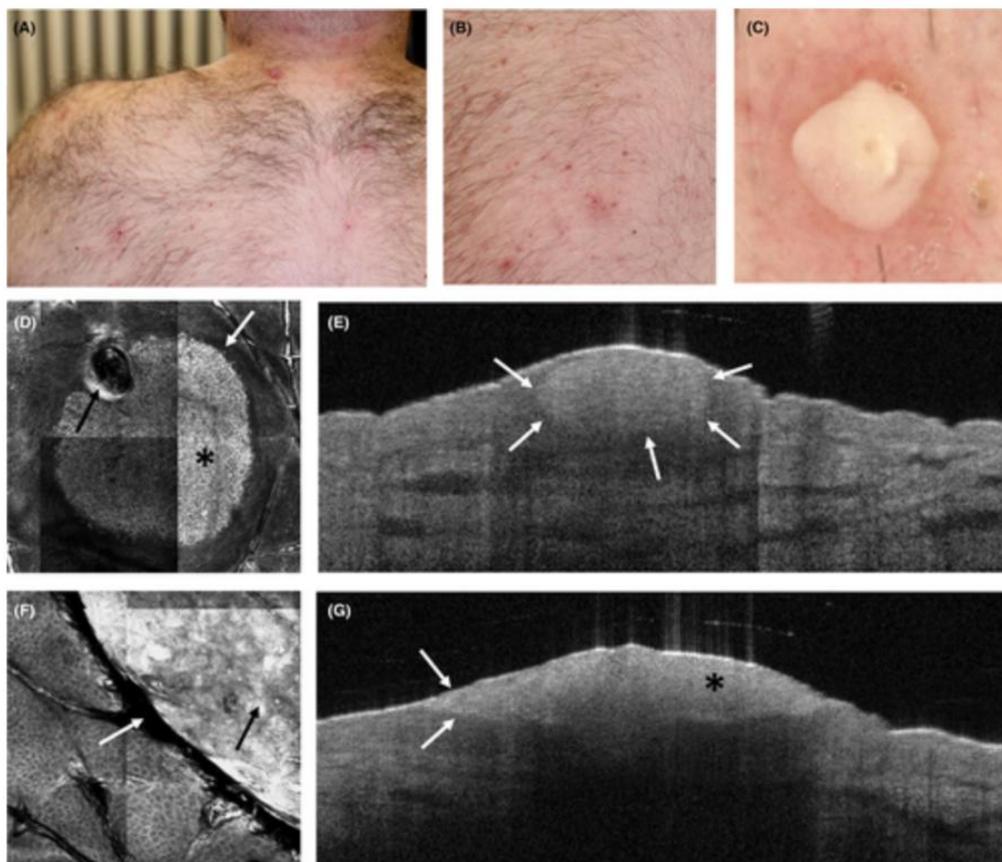
**Tabel 1. Hasil pencarian literatur studi modalitas radiologi non-invasif pada penyakit kulit**

Author	Tipe studi	Jumlah studi didalamnya	Penyakit kulit	Modalitas	Hasil
Al-Chaet, <i>et al.</i> , 2023 <sup>7</sup>	systematic review	39	Acne vulgaris, rosacea, alopecia areate, hidradenitis supurativa, folliculitis decalvans, lichen planopilaris, discoid lupus erythematosus, frontal fibrosing alopecia, keratosis pilaris	RCM dan OCT	RCM dan OCT dapat memvisualisasikan secara kuantitatif seperti ukuran, bentuk, isi, kelainan folikel rambut, serta memiliki potensi untuk mendukung diagnosis klinis dan evaluasi efek pengobatan.
Guida S, <i>et al.</i> , 2021 <sup>8</sup>	systematic review	40	psoriasiform, spongiotic dan interface dermatitis, boullous disease dan scleroderma	RCM dan OCT	RCM dan OCT sangat berguna dalam follow-up, penilaian respon pengobatan, menghindari biopsi berulang dan dapat mengidentifikasi area terbaik untuk dilakukan biopsi.
Barbic D, <i>et al.</i> , 2017 <sup>9</sup>	systematic review and meta analysis	8	Infeksi kulit dan jaringan lunak, suspek abses	point-of-care ultrasound (POCUS)	Penggunaan POCUS membantu membedakan abses dari selulitis pada pasien dengan infeksi kulit dan jaringan lunak di unit gawat darurat
Gottlieb M, <i>et al.</i> , 2020 <sup>10</sup>	systematic review dan meta analysis	14	Infeksi kulit dan jaringan lunak	point-of-care ultrasound (POCUS)	POCUS memiliki akurasi diagnostik yang baik untuk membedakan abses dari selulitis dan menyebabkan perubahan manajemen pengobatan yang tepat pada 10% kasus.
Vanhaecke A, <i>et al.</i> , 2021	systematic review dan additional pilot study	4	Fibrosis kulit di sklerosis sistemik	high frequency ultrasound (HFUS)	Terdapat heterogenitas dalam hal aspek teknis, metode akuisisi gambar, dan definisi yang digunakan untuk ketebalan kulit, yang mencegah penarikan kesimpulan yang tegas. Meskipun ada keterbatasan ini, studi percontohan terstandarisasi yang dilakukan menunjukkan cara penerapan HFUS sebagai alat pelengkap yang andal untuk mengukur fibrosis kulit pada sklerosis sistemik.
Wu J, <i>et al.</i> , 2022	systematic review dan meta analysis	7	Infeksi kulit dan jaringan lunak	point-of-care ultrasound (POCUS)	POCUS berguna dalam mengidentifikasi abses pada pasien anak dengan infeksi kulit dan jaringan lunak di unit gawat darurat terutama jika pemeriksaan fisik meragukan.

Ultrasonografi merupakan modalitas paling umum yang digunakan pada penyakit kulit terutama dengan keterlibatan organ lain, meskipun resolusinya rendah.<sup>13</sup> Teknologi non-invasif beresolusi tinggi diklasifikasikan sebagai metode mikroskopis dan mesoskopis. Metode mikroskopis hanya dapat menembus hingga kedalaman lebih dangkal dari 0,5 – 1 mm, namun metode mesoskopis dapat menembus hingga 10 mm. Modalitas yang dihitung sebagai mikroskopis ialah RCM dan *multiphoton microscopy* (MP), sedangkan metode

mesoskopis mencakup OCT dan ultrasonografi frekuensi tinggi (*high-frequency ultrasonography*/HFUS).<sup>14</sup>

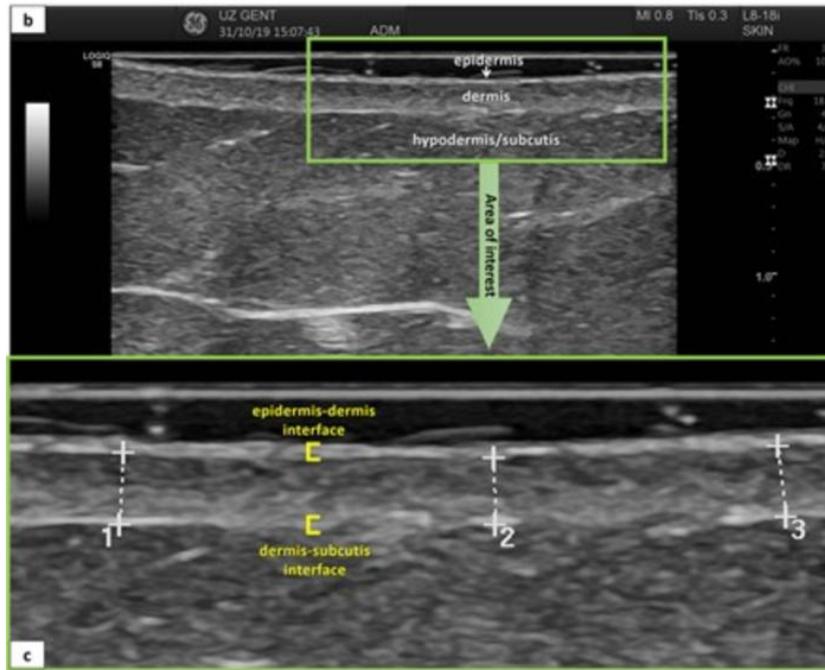
*Reflectance confocal microscopy* (RCM) dan *optical coherence tomography* (OCT) dapat menilai tingkat keparahan dan efek terapeutik. Keduanya memberikan gambaran yang menyerupai temuan mikroskopis dan lebih jauh dari yang digambarkan oleh dermoskopi (**Gambar 2**). Baik RCM maupun OCT memberikan tampilan material hiperreflektif di dalam epidermis dalam memvisualisasikan pustula.<sup>7</sup>



**Gambar 2. Visualisasi folikulitis Malassezia dengan menggunakan beberapa modalitas. Pemeriksaan fisik (A,B), pustul superfisial pada dermoscopy (C), RCM (D,E), OCT (F,G).<sup>7</sup>**

Ultrasonografi frekuensi tinggi menggunakan gelombang suara pada rentang frekuensi tertentu yang dihasilkan oleh transduser ke kulit (**Gambar 3**). Modalitas ini membantu dalam mengevaluasi ketebalan kulit dan

karakteristik seperti edema atau jaringan parut. Selain itu, juga dapat mengukur ketebalan saraf, pola ekogenitas, dan abses. Hasil ini tidak setepat pada RCM atau OCT yang sebanding dengan temuan histologis.<sup>15</sup>



**Gambar 3.** Visualisasi kulit lengan kiri pasien dengan sklerosis sistemik menggunakan high frequency ultrasound. Epidermis, dermis dan hipodermis/subcutis (b), pengukuran ketebalan dermal (c).<sup>11</sup>

Dokter kulit saat ini menggunakan analisis histologis biopsi jaringan sebagai standar emas. Dermoskopi memudahkan mengidentifikasi struktur untuk membedakan antara lesi kulit berpigmen jinak dan ganas dengan dengan pemanfaatan distribusi warna untuk mengidentifikasi pola. Namun, dermoskopi tidak tersedia secara umum dan hanya dapat dilakukan oleh profesional medis yang terampil dan terlatih. Saat ini telah terjadi revolusi

signifikan pendekatan klinis dalam dermatologi yang dapat memberikan pandangan struktural dengan jelas tentang kulit, beberapa di antaranya meliputi ultrasonografi, mikroskopi confocal, tomografi koherensi optik dan modalitas lainnya yang tidak dijelaskan dalam studi ini seperti pencitraan fluoresensi, pencitraan multispektral dan hiperspektral, tomografi multifoton, spektroskopi, dan kecerdasan buatan.<sup>4</sup>

*Reflectance confocal microscopy* (RCM) ialah teknik non-invasif yang menilai warna dan struktur mikro kulit untuk dermoskopi, sitologi, dan elemen arsitektur potongan kulit yang horizontal. Sementara OCT menggambarkan potongan kulit horizontal dan vertikal. Penilaian tambahan terhadap fitur morfologi dan vaskular kulit dimungkinkan oleh *high-definition* OCT (HD-OCT) dan OCT angiografi atau *dynamic* OCT (D-OCT).<sup>8</sup> *Optical coherence tomography* (OCT) memiliki resolusi lebih rendah daripada RCT yang memiliki sensitivitas dan spesifisitas tinggi dan membantu membedakan lesi jinak dan ganas. Namun, RCM mahal dan membutuhkan keahlian.<sup>6</sup>

Pada OCT, komedo acne vulgaris (AV) memiliki morfologi yang bervariasi dengan infundibula yang lebih besar dengan batas yang cerah dan tampilan yang lebih gelap tergantung pada jumlah keratin, sedangkan pada RCM, komedo tersebut muncul sebagai infundibula yang melebar dengan batas seperti cincin bawang yang cemerlang. Karakteristik lain dari AV ialah pustula yang memiliki permukaan berbentuk kubah dengan permukaan epidermis yang utuh atau tipis dan tidak rata. Pustula juga menunjukkan peningkatan vaskularitas dan mencakup infiltrat inflamasi cerah yang terstruktur

dan terkumpul di RCM. Pada OCT, pustula berbentuk kubah dipenuhi partikel-partikel cemerlang.<sup>7</sup>

Tungau demodex pada rosacea berbentuk bulat atau kerucut, berwarna abu-abu dengan cincin cemerlang di sekelilingnya, seperti yang terlihat pada RCM. Jika OCT digunakan, tungau hadir di bagian superfisial folikel rambut sebagai titik-titik terang, bulat, dan berkelompok. Namun, keduanya tidak dapat membedakan tahap kehidupan atau spesies tungau.<sup>7</sup>

Pada RCM, terlihat struktur adneksa folikel dan lumen kosong yang berisi bahan refraktif berkurang pada alopecia aerata. Ostium folikel alopecia fibrosis frontal dikelilingi oleh aperture folikel yang melebar dengan tepi epitel akantotik dan hiperkeratotik. Tidak semua batang rambut terlihat. Alopecia aerata terwujud dalam OCT sebagai folikel kecil dan kepadatan rambut yang berkurang.<sup>7</sup>

Pada hidradenitis supuratif, RCM menunjukkan formasi bulat atau ovoid yang muncul sebagai bahan amorf keabu-abuan dan sangat reflektif di rongga infundibular komedo ganda dan tripel. Infiltrat inflamasi terkadang muncul sebagai bintik-bintik terang individu atau berkelompok. Fitur OCT mencakup infundibulum hiperkeratinisasi yang mengandung bahan amorf. Lesi inflamasi

nodular menunjukkan tanda-tanda hipervaskularisasi dan dilatasi pembuluh darah. Kontur sambungan dermal-epidermal tidak digambarkan dengan jelas. Epidermis lebih tebal di tempat nodul berada.<sup>7</sup>

Pada RCM, infiltrat inflamasi ditemukan di atas stratum korneum dan granulosum yang terganggu, sedangkan infeksi folikulitis pada pustula *Malassezia* tampak superfisial dan mengandung material granular, hiperreflektif atau material abu-abu muda yang heterogen. Sebaliknya, pustula oval dengan tampilan seperti lensa atau tidak teratur, batas yang tidak jelas, dan campuran material abu-abu muda di dalamnya terlihat pada OCT. Beberapa memiliki bercak hitam berpola keju Swiss. Namun, tidak semua pustula menunjukkan folikel rambut yang berdekatan. Pustula pada folikulitis *Malassezia* tampak lebih superfisial dibandingkan dengan AV.<sup>7</sup>

Gejala decalvans folliculitis pada RCM meliputi pembuluh darah yang melebar, pengaburan papila dermal, hiper/parakeratosis, spongiosis dengan ruang antarsel yang membesar dan gelap di antara keratinosit, infiltrat inflamasi yang cerah, dan penggabungan beberapa rambut (>5 batang rambut) dari unit folikel yang melebar yang sama, sedangkan pada OCT menunjukkan

rambut yang menggumpal, pustula, dan sinyal vaskular yang meningkat dengan dilatasi pleksus yang dalam pada kulit perifolikular.<sup>7</sup>

Lichen planopilaris pada RCM ditandai dengan penebalan serat dermal dan infiltrasi inflamasi yang memengaruhi epidermis, jaringan adneksa, dan dermis bagian atas. Spongiosis, infundibula adneksa yang melebar, adalah kondisi lain yang mirip dengan lupus eritematosus diskoid pada RCM. Kondisi ini ditandai dengan pembuluh darah yang melebar dengan infiltrasi perivaskular sel inflamasi dan lumina hitam, bulat atau oval yang mencakup material yang sangat refraktif. Pada OCT, keratosis pilaris bermanifestasi sebagai kapiler dermal yang melebar paling dekat dengan rongga, penebalan perifolikular epidermis, dan dilatasi kistik dengan sumbat keratotik pada folikel rambut.<sup>7</sup>

Dermatitis spongiotik ditunjukkan sebagai area gelap di dalam epidermis dengan RCM dan OCT. Dari atas stratum korneum hingga lapisan epidermis bersel pertama pada RCM, sisik dermatitis psoriasiform diwakili oleh peningkatan jumlah gambar (tumpukan). *Optical coherence tomography* (OCT) digunakan untuk mengevaluasi parameter yang sama. Pembuluh darah yang melebar terlihat sebagai area gelap kanalikular

linier pada RCM dan OCT. Meskipun dapat terlihat pada RCM dan OCT, faktor lain seperti parakeratosis, akantosis, spongiosis, dan papilomatosis tidak berkorelasi dengan pola dermoskopi. Lesi morfoderma pada OCT ditandai dengan warna hitam yang seragam (hiporefraktif) pada dermis, peningkatan ketebalan dermal pada histopatologi, dan pengendapan berlebihan komponen matriks ekstraseluler pada dermal, yang sesuai dengan tampilan dermoskopi berkas fibrotik.<sup>8</sup> Serat kolagen dermal yang menebal, yang secara histopatologi sesuai dengan berkas kolagen yang menebal dan terhialinisasi, merupakan tanda sklerosis sistemik pada RCM. *Optical coherence tomography* (OCT) menunjukkan lapisan kulit yang mencakup sambungan dermoepidermal dan lapisan dermal dengan kemampuan yang terganggu untuk membedakan antara dermis retikuler dan papiler.<sup>7</sup>

Ultrasonografi frekuensi tinggi (HFUS) menunjukkan peningkatan deposisi kolagen dermal.<sup>11</sup> Sensitivitas dan spesifisitas gabungan ultrasonografi seperti POCUS lebih tinggi daripada pemeriksaan fisik (sensitivitas: 0,90 > 0,86; spesifisitas: 0,80 < 0,69).<sup>11</sup> Modalitas ini dapat digunakan pada orang dewasa dan anak-anak.<sup>9-10</sup> Beberapa penyakit kulit yang dapat dievaluasi

dengan USG ialah skleroderma, psoriasis, dermatomiositis, lupus eritematosus sistemik, pemfigus, dan pemfigoid.<sup>6</sup> Namun, USG memiliki resolusi yang lebih rendah daripada RCM dan OCT. Selain itu, USG bergantung pada operator sehingga kurangnya pengalaman akan menyebabkan kesalahan diagnosis.<sup>6,12</sup>

## KESIMPULAN

Kemajuan medis yang pesat menyebabkan beberapa perangkat dan teknologi dapat memberikan alternatif dalam mendiagnosis berbagai penyakit kulit, terutama dengan cara yang non-invasif.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Yakupu A, Aimaier R, Yuan Bo, Chen B, Cheng J, Zhao Y, *et al*. The burden of skin and subcutaneous diseases: findings from the global burden of disease study 2019. *Front Public Health*. 2023;11:1145513.
2. Harvey NT, Wood BA, Chan J. Skin biopsy in the diagnosis of inflammatory skin disease. *AFP*. 2017;46(5):283-8.
3. Dissemond J, Romanelli M. Inflammatory skin diseases and wounds. *British J Dermatol*. 2022;187(2):167-77.
4. Jartarkar SR, Patil A, Wollina U, Gold MH, Stege H, Grabbe S, Goldust M. New diagnostic and imaging technologies in dermatology. *J Cosmetic Dermatol*. 2021;20(12):3782-7.
5. Pathania YS, Apalla Z, Salerni G, Patil A, Grabbe S, Goldust M. Non-invasive diagnostic techniques in pigmentary skin disorders and skin cancer. *J cosmetic Dermatol*. 2021;21(2):444-50.

6. Chai K, Zhu R, Luo F, Shi Y, Liu M, Xiao Y. Updated role of high-frequency ultrasound in assessing dermatological manifestation in autoimmune skin diseases. *Acta Derm Venereol.* 2022;102:1969.
7. Al-Chaer RN, Bouazzi D, Jemec G, Mogensen M. Confocal microscopy and optical coherence tomography of inflammatory skin diseases in hairs and pilosebaceous units: A systematic review. *Exp Dermatol.* 2023;32(7):945-54.
8. Guida S, Longhitano S, Ardigò M, Pampena R, Ciardo S, Bigi L, *et al.* Dermoscopy, confocal microscopy and optical coherence tomography features of main inflammatory and autoimmune skin diseases: a systematic review. *Australian J Dermatol.* 2022;63(1):15-26.
9. Barbic D, Chenkin J, Cho DD, Jelic T, Scheuermeyer FX. In patients presenting to the emergency department with skin and soft tissue infections what is the diagnostic accuracy of point-of-care ultrasonography for the diagnosis of abscess compared to the current standard of care? A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2017;7:e013688.
10. Gottlieb M, Avila J, Chottiner M, Peksa GD. Point-of-care ultrasonography for the diagnosis of skin and soft tissue abscesses: a systematic review and meta-analysis. *Ann Emerg Med.* 2020;76(1):67-77.
11. Vanhaecke A, Cutolo M, Heeman L, Vilela V, Deschepper E, Melsens K, *et al.* High frequency ultrasonography: reliable tool to measure skin fibrosis in SCC? A systematic literature review and additional pilot study. *Rheumatology (Oxford).* 2021;61 (1):42-52.
12. Wu J, Ge L, Wang X, Jin Y. Role of point-of-care ultrasound (POCUS) in the diagnosis of an abscess in paediatric skin and soft tissue infections: a systematic review and meta-analysis. *Med Ultrason.* 2022;24(3):339-47.
13. Qi F, Yao A, He Y. Medial imaging examination in psoriasis and early psoriatic arthritis patients: an updated systematic review and meta-analysis. *Int J Dermatol.* 2021;60(11):1534-62.
14. Hindelang B, Aguirre J, Schwarz M, Bereznoi A, Eyerich K, Ntziachristos V. Non-invasive imaging in dermatology and the unique potential of Raster-Scan Optoacoustic Mesoscopy. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2019; 33(6):1051-61.
15. Gaurav V, Agrawal S, Najeeb A, Ahuja R, Saurabh S, Gupta S. Advancements in dermatological imaging modalities. *Indian Dermatol Online J.* 2024;15(2):278-92.