

Penggunaan *Low Level Laser* dalam Dermatologi Kosmetik

Mutia Fadhila Sy,¹ Nelva Karmila Jusuf²

¹Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi Dermatologi Venereologi dan Estetika, ²Departemen Dermatologi dan Venereologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

ABSTRAK

Low level laser therapy (LLLT) digunakan di hampir semua bidang kedokteran modern, termasuk dermatologi kosmetik. LLLT memiliki efek menguntungkan untuk tata laksana kerutan, akne vulgaris, skar hipertrofik, rambut rontok, selulit, dan perawatan luka bakar. LLLT dapat mengurangi kerusakan akibat sinar UV, baik sebagai pengobatan maupun profilaksis. Pada kelainan pigmentasi seperti vitiligo, LLLT dapat meningkatkan pigmentasi dengan merangsang proliferasi melanosit dan mengurangi depigmentasi. Sifat non-invasif dan hampir tidak adanya efek samping LLLT mendorong pengujian lebih lanjut dalam bidang dermatologi kosmetik.

Kata Kunci: Dermatologi kosmetik, LLLT, *low level laser therapy*.

ABSTRACT

Low level laser therapy (LLLT) is used in almost all areas of modern medicine, including cosmetic dermatology. LLLT has been beneficial for the treatment of wrinkles, acne vulgaris, hypertrophic scars, hair loss, cellulite, and burns. LLLT can reduce UV damage both as a treatment and as a prophylaxis. In pigmentation disorders such as vitiligo, LLLT can increase pigmentation by stimulating melanocyte proliferation and reducing depigmentation. The non-invasive nature and near absence of side effects of LLLT encourage further research in cosmetic dermatology. **Mutia Fadhila Sy, Nelva Karmila Jusuf. Low Level Laser Use in Cosmetic Dermatology.**

Keywords: Cosmetic dermatology, LLLT, low level laser therapy.



Mermin Dunia Kedokteran is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Laser atau *light amplification by stimulated emission of radiation* merupakan alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik dalam bentuk cahaya yang tidak dapat dilihat ataupun dapat dilihat, melalui proses pancaran terstimulasi.¹ Di bidang dermatologi, laser terutama digunakan sebagai alat untuk memanaskan sel dan jaringan secara presisi dan selektif, yaitu memengaruhi beberapa target penyerap cahaya dalam kulit. Pendekatan baru terapi laser yaitu penggunaan LED untuk fototerapi disebut *low level laser therapy* (LLLT) karena frekuensi energi yang dipancarkan dari LED relatif rendah.²

Laser atau *light amplification by stimulated emission of radiation* merupakan alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik dalam bentuk cahaya yang tidak dapat dilihat ataupun dapat dilihat, melalui proses

pancaran terstimulasi.¹ Di bidang dermatologi, laser terutama digunakan sebagai alat untuk memanaskan atau menguapkan sel dan jaringan secara presisi dan sering selektif, yaitu memengaruhi beberapa target penyerap cahaya dalam kulit. Pendekatan baru terapi laser yaitu penggunaan LED untuk fototerapi disebut *low level laser therapy* (LLLT) karena frekuensi energi yang dipancarkan dari LED relatif rendah.²

LLLT atau terapi laser (cahaya) tingkat rendah adalah teknologi untuk mengobati kondisi yang memerlukan stimulasi, menghilangkan rasa nyeri dan peradangan, serta pemulihan fungsi. Meskipun secara alami terpapar cahaya lebih banyak daripada organ lainnya, kulit masih merespons *infrared* dan *near infrared* (NIR) dengan baik.³

Mekanisme yang terkait dengan stimulasi fotobioseluler oleh LLLT belum sepenuhnya

dipahami. Dari pengamatan, LLLT memiliki jangkauan efek yang luas pada tingkat molekuler, seluler, dan jaringan.³ Biologi dasar mekanisme kerja LLLT dianggap melalui penyerapan *infrared* dan NIR oleh kromofor mitokondria, khususnya *cytochrome c oxidase* (CCO), yang terkandung dalam rantai *respiratory* di dalam mitokondria, dan mungkin juga oleh fotoseptor di membran plasma sel.⁴ Akibatnya, terjadi serangkaian peristiwa di mitokondria, menyebabkan biostimulasi berbagai proses. Penyerapan energi cahaya ini diduga dapat menyebabkan fotodisosiasi inhibitor *nitric oxide* dari CCO, yang mengarah ke peningkatan aktivitas enzim, transpor elektron, respirasi mitokondria, dan produksi adenosin trifosfat (ATP).³ Pada gilirannya, LLLT mengubah keadaan redoks seluler yang menginduksi aktivasi banyak jalur sinyal intraseluler, dan mengubah afinitas faktor transkripsi yang berkaitan dengan proliferasi sel, kelangsungan hidup, perbaikan jaringan,

Alamat Korespondensi email: mutiamfs@gmail.com

ANALISIS

dan regenerasi.^{2,3} LLLT mengacu pada penggunaan *infrared* atau laser *near-infrared* dengan panjang gelombang antara 600 dan 1000 nm dengan daya 1-1000 mW dalam kepadatan energi 0,1-100 J/cm^{2,5}

LLLT digunakan di hampir semua bidang kedokteran modern, termasuk dermatologi kosmetik⁶ dalam perbaikan estetika, misalnya untuk stimulasi pertumbuhan kembali rambut, peremajaan kulit, memudarkan garis-garis halus dan kerutan di wajah, dan untuk obesitas dan lemak tubuh.⁷

APLIKASI KLINIS

LLLT untuk Peremajaan Kulit

Tanda dan gejala umum penuaan kulit termasuk kerutan kulit, dispigmentasi, telangiectasia, dan berkurangnya elastisitas. Pada tingkat histologis dan molekuler, gambaran umum termasuk menurunnya kolagen, fragmentasi serat kolagen, degenerasi elastotik serat elastis, munculnya pembuluh dermal yang melebar dan berkeluk-luk, disorientasi dan atrofi epidermis, serta peningkatan regulasi *matrix metalloproteinases* (MMPs), terutama MMP-1 dan MMP-2.⁸

Terapi cahaya tingkat rendah (LLLT) adalah pilihan perawatan baru untuk peremajaan kulit non-termal dan non-ablatif, yang telah terbukti efektif memperbaiki kondisi kulit seperti kerutan dan elastisitas kulit.⁹ LLLT meningkatkan penyembuhan luka, mengurangi nyeri pasca-operasi, edema, dan beberapa jenis peradangan.⁵ Studi awal melaporkan peningkatan produksi prokolagen, kolagen, *basic fibroblast growth factor* (bFGF), dan proliferasi fibroblas, setelah penyinaran laser energi rendah dalam pengaturan yang berbeda. LLLT dengan panjang gelombang 633 nm dan 830 nm paling umum digunakan dalam aplikasi klinis penyembuhan luka dan peremajaan kulit.¹⁰

LLLT untuk Akne Vulgaris

Cutibacterium acnes (*C. acnes*) yang sebelumnya dinamai *Propionibacterium acnes* (*P. acnes*) memiliki peran utama dalam perkembangan akne vulgaris dengan bekerja pada trigliserida dan melepaskan sitokin yang menghasilkan reaksi inflamasi dan mengubah keratinisasi infundibular.¹¹ Patogenesis lesi akne vulgaris dimulai dengan perubahan keratinisasi folikel yang mengarah ke komedo, peningkatan dan perubahan produksi sebum

di bawah kendali androgen, kolonisasi folikel oleh *C. acnes*, dan mekanisme inflamasi kompleks yang melibatkan imunitas bawaan dan didapat.¹²

Salah satu mekanisme kerja LLLT untuk terapi akne vulgaris adalah melalui penyerapan cahaya (khususnya cahaya biru) oleh porfirin yang diproduksi oleh *C. acnes*, dan bertindak sebagai *fotosensitizer* endogen. Proses ini menyebabkan reaksi fotokimia dan pembentukan radikal bebas reaktif dan spesies oksigen tunggal yang kemudian menyebabkan destruksi bakteri.^{2,10}

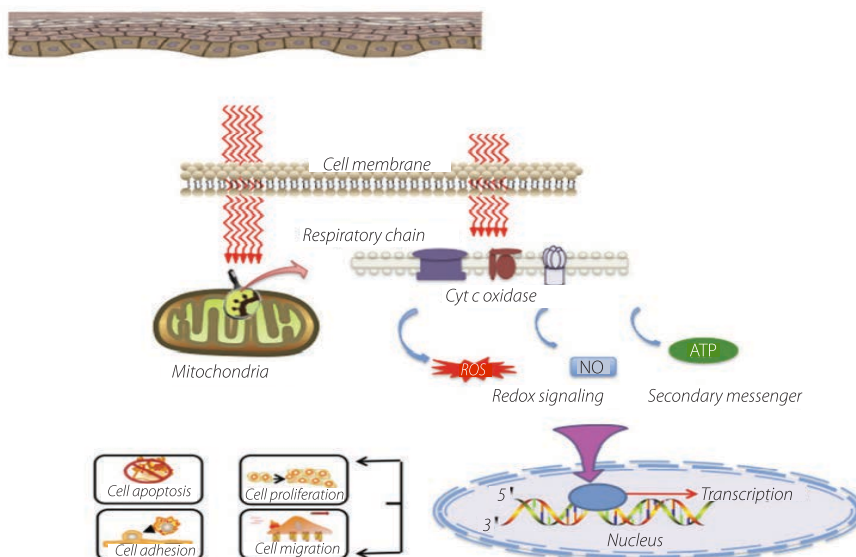
Beberapa penelitian¹³⁻¹⁵ telah menunjukkan manfaat *infrared* hingga *near infrared* (NIR) (rentang spektrum 630 nm hingga 1000 nm, dan daya non-termal kurang dari 200

mW) untuk pengobatan akne vulgaris. *Infrared* dapat digunakan sendiri atau dalam kombinasi dengan modalitas lain (khususnya cahaya biru); kombinasi cahaya merah dan biru memiliki efek sinergis untuk pengobatan akne vulgaris.⁹

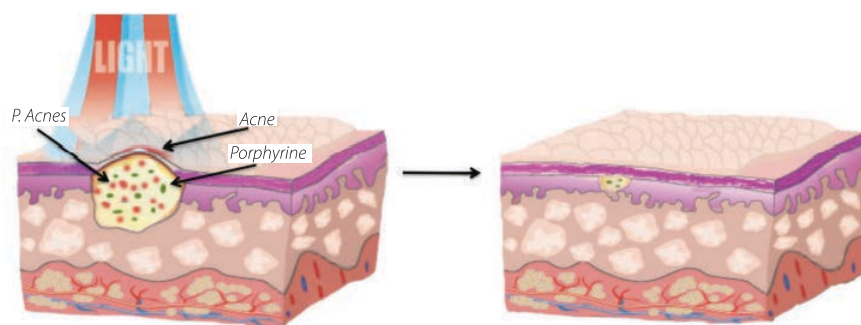
Satu studi menunjukkan perbaikan signifikan lesi akne vulgaris aktif setelah menggunakan LLLT spektrum merah 630-nm dengan pengaruh 12 J/cm² 2 kali seminggu selama 12 sesi, bersama dengan *clindamycin* 2% topikal.⁹

LLLT untuk Skar Hipertrofik dan Keloid

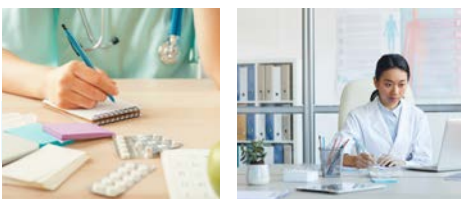
Skar hipertrofik dan keloid adalah lesi kulit fibrotik jinak yang biasanya timbul setelah pembedahan, trauma, atau akne vulgaris, dan sulit dihilangkan. Karakteristik utama lesi ini adalah proliferasi fibroblastik dan deposisi



Gambar 1. Mekanisme aksi LLLT.³



Gambar 2. Pengobatan akne vulgaris dengan cahaya merah dan biru. Kelenjar *sebaceous* dikoloni oleh *C. acnes*, yang dapat dibunuh oleh cahaya biru karena porfirin endogen yang mereka hasilkan bertindak sebagai *fotosensitizer* dan membentuk spesies oksigen reaktif. Cahaya merah dapat mengurangi peradangan dan merangsang penyembuhan dengan jaringan parut minimal.⁹



kolagen berlebihan.¹⁶ Patofisiologi keloid masih belum diketahui, namun dapat dipicu salah satunya oleh faktor genetik. Sel-sel endotel vaskular yang berperan penting dalam penyembuhan luka mengalami disfungsi dan dapat menyebabkan pembentukan keloid.¹⁷

Regulasi buruk faktor pertumbuhan yaitu ekspresi *transforming growth factor beta-1* (TGF- β 1) dan jalur sinyal interleukin 6 (IL-6) diduga memiliki peran penting dalam proses ini, dengan demikian penghambatan jalur IL-6 dan/atau ekspresi TGF- β 1 dapat dijadikan target terapi potensial. Laporan efek LLLT pada pengurangan level mRNA IL-6, modulasi *platelet-derived growth factor* (PDGF), TGF- β , interleukin seperti IL-13 dan IL-15, dan MMPs (semuanya berhubungan dengan perbaikan luka abnormal) telah mengarahkan LLLT sebagai alternatif pilihan terapi.^{9,16}

Sebuah modalitas pengobatan baru *pulsed dye lasers* (PDLs) dengan panjang gelombang 585 nm, diyakini bertindak melalui induksi penghancuran kapiler dan perubahan pembentukan kolagen lokal. Selain itu, PDL tampaknya merangsang peningkatan regulasi MMP, yang juga membantu memperbaiki keloid dan bekas luka hipertrofik. Protokol yang direkomendasikan memerlukan dosis *pulse* yang tidak tumpang tindih antara 6,0 hingga 7,5 J/cm² untuk spot 7 mm, dan 4,5–5,5 J/cm² untuk spot 10 mm.¹⁸ Namun, hasil definitif kemanjuran PDL untuk penggunaan klinis masih kurang. Terapi PDL dapat memiliki efek samping ringan, umumnya timbul purpura.⁵

LLLT untuk Perawatan Rambut Rontok

Androgenetic alopecia (AGA) adalah bentuk paling umum dari kerontokan rambut pada pria, memengaruhi hampir 50%-60% populasi pria.¹⁹ Selain itu, ada *alopecia aerata* (AA), dan alopesia akibat kemoterapi.

Pada tahun 2007, The Food and Drug Administration Amerika Serikat (FDA) telah menyetujui penggunaan LLLT sebagai modalitas pengobatan baru untuk rambut rontok.²⁰ LLLT dapat merangsang kembalinya folikel rambut telogen ke tahap anagen, meningkatkan proliferasi folikel anagen aktif, mencegah perkembangan tahap katagen prematur, dan memperpanjang durasi fase anagen.^{3,9} Aksi LLLT pada mitokondria menyebabkan peningkatan produksi

ATP, modulasi ROS, dan stimulasi faktor transkripsi. Faktor transkripsi ini selanjutnya bertanggung jawab untuk sintesis protein yang menyebabkan respons hilir tertentu yang mengarah pada peningkatan proliferasi dan migrasi sel, yaitu modulasi kadar sitokin, faktor pertumbuhan, dan mediator inflamasi, serta peningkatan oksigenasi jaringan.²¹

Sebanyak 24 pria *androgenetic alopecia* (AGA) dievaluasi melalui fotografi global dan fototrikogram, menggunakan cahaya *infrared* 655-nm dan cahaya *infrared* 780-nm, sekali sehari selama 10 menit. Setelah 14 minggu pengobatan, peningkatan signifikan kepadatan rambut dan anagen, rasio telogen diamati pada kedua vertex dan oksiput; 83% pasien melaporkan hasil yang memuaskan.²¹

Penelitian lain dilakukan pada 28 pasien AGA pria dan 7 wanita. Setiap pasien diberi perawatan menggunakan suatu perangkat laser untuk rambut rontok yang digunakan di rumah dalam jangka waktu 6 bulan, selama 5-10 menit selang sehari. Hasilnya menunjukkan peningkatan pertumbuhan rambut di semua area yang dirawat, baik pada pria maupun wanita. Pada pria, peningkatan terbesar diamati di area vertex, sedangkan untuk wanita, peningkatan terbaik terlihat di area temporal. Semua area yang dirawat menunjukkan peningkatan jumlah rambut.^{5,22}

LLLT dapat merangsang pertumbuhan rambut melalui modulasi proses inflamasi dan respons imunologis. Beberapa sitokin seperti *interferon gamma* (IFN- γ), IL-1 α dan β , TNF- α dan Fas-antigen, dan faktor penghambat migrasi makrofag diduga terlibat dalam siklus pertumbuhan rambut dan patogenesis AA, sehingga peran LLLT mungkin karena efek modulasinya pada inflamasi.¹⁹

LLLT juga dapat berfungsi merangsang dan meningkatkan pertumbuhan rambut pada kasus alopesia yang diinduksi kemoterapi. Dalam satu penelitian pada model tikus, diberikan berbagai rejimen kemoterapi dan LLLT, menggunakan perangkat laser untuk rambut rontok. Pada semua tikus yang diberi perawatan laser, pertumbuhan kembali rambut terjadi lebih cepat jika dibandingkan dengan kelompok plasebo. Selain itu, LLLT tidak menghalangi kemanjuran prosedur kemoterapi.⁵

LLLT untuk Pengobatan Selulit

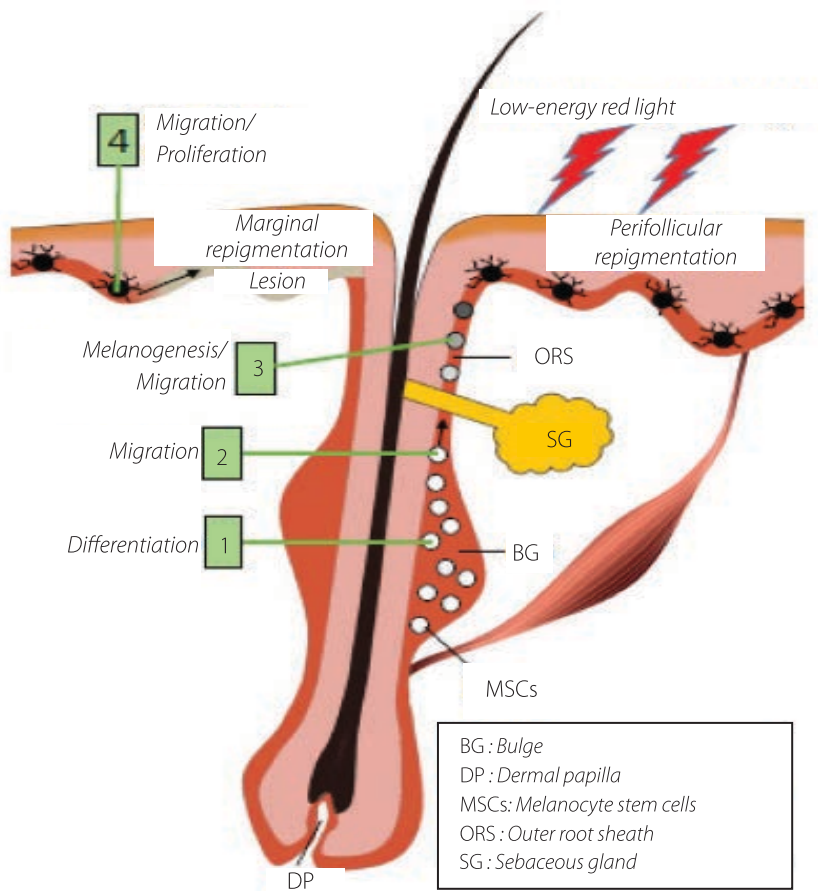
Selulit adalah suatu kondisi pada 85% wanita pasca-pubertas yang menimbulkan masalah kosmetik utama bagi wanita; klinis tampak seperti "kulit jeruk" yang khas, paling sering di area paha dan bokong. Penelitian dilakukan dengan 83 subjek yang memiliki selulit ringan hingga sedang, dilakukan pemberian laser panjang gelombang ganda (650 nm dan 915 nm) dalam kombinasi dengan alat pijat. Hasilnya menunjukkan perbaikan penampilan selulit, serta pengurangan 71% lingkaran paha, dibandingkan dengan pengurangan 53% di lingkaran paha kelompok kontrol.²³

Gel anti-selulit berbasis fosfotidilkolin topikal juga telah digunakan bersama dengan rangkaian LED (660 nm dan 950 nm), sebagai modalitas eksperimental untuk pengurangan selulit.²⁴ Hasil penelitian sangat menarik karena LLLT tunggal gagal mengurangi selulit, tetapi dalam kombinasi dengan gel anti-selulit topikal dapat menghasilkan pengurangan selulit paha pada 8 dari 9 pasien.²⁴ LLLT menjanjikan alternatif pengobatan, terutama jika digunakan dalam kombinasi dengan modalitas lain. LLLT mungkin memiliki berbagai aplikasi dengan profil efek samping relatif kecil, namun potensi sepenuhnya masih belum diketahui.^{9,24}

LLLT untuk Perawatan Luka Bakar

LLLT menstimulasi penyembuhan luka bakar lebih cepat. Dalam satu penelitian, 9 pasien luka bakar derajat 2 akibat terapi laser non-ablatif diberi LLLT setiap hari selama seminggu. Penyembuhan luka bakar diamati secara substansial 50% lebih cepat.²⁵ Dalam studi lain oleh Weiss, *et al*,²⁶ laser CO₂ dan generator pola terkomputerisasi digunakan untuk menginduksi 2 luka bakar identik di lengan bawah pasien, 1 di setiap sisi lengan bawah. Kedua tempat cedera diganti balutannya setiap hari menggunakan balutan anti-lengket dan salep, salah satu area juga diberi LLLT. Area yang diberi terapi LLLT menunjukkan re-epitelisasi jaringan yang lebih cepat.²⁷

Pada penelitian 19 pasien bekas luka bakar, pasien dirawat dengan sumber cahaya berdaya rendah (670 nm, 400 mW, 4 J/cm²)² kali seminggu selama 8 minggu. Pasca-perawatan, bekas luka dilaporkan menjadi lebih lembut dan lebih lentur. Selain itu, juga dilaporkan perbaikan rasa nyeri dan pruritus, serta perbaikan pola bekas luka. Hasil yang



Gambar 3. Skema yang diusulkan untuk efek radiasi sinar merah berenergi rendah pada sel pigmen pada berbagai tahap diferensiasi; (1) Diferensiasi sel induk melanosit, (2) Migrasi MB selubung akar luar yang belum matang, (3) Melanogenesis dan migrasi selubung akar luar MB, (4) Migrasi dan proliferasi melanosit perilesional. Efek fotobiomodulasi ini menghasilkan repigmentasi perifollicular dan marginal pada vitiligo.²⁹

lebih baik diperoleh pada bekas luka bakar tidak lebih dari 12 bulan.⁹

LLLT untuk Vitiligo

Vitiligo adalah kelainan pigmentasi didapat yang ditandai dengan depigmentasi kulit dan rambut. Temuan saat ini menunjukkan bahwa melanosit, melanoblas, keratinosit,

dan fibroblas mungkin terlibat dalam proses repigmentasi vitiligo.⁹

Pada tahun 1982, efek LLLT diteliti pada biosintesis katekolamin yang terlibat dalam biosintesis melanin, ditemukan bahwa LLLT dapat memengaruhi kondisi seperti vitiligo dan skleroderma; dilaporkan bahwa

setelah 6-8 bulan terapi laser He-Ne energi rendah (632 nm, 25 mW/cm²), ada tingkat repigmentasi nyata pada 64% pasien, sedangkan repigmentasi folikel diamati pada 34% pasien lainnya. Dengan demikian, LLLT disarankan sebagai modalitas pengobatan vitiligo.²⁸

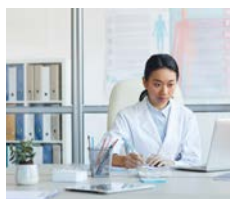
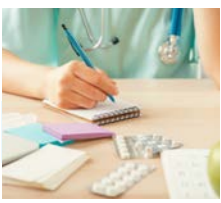
LLLT telah terbukti sangat meningkatkan perlekatan melanosit ke kolagen tipe-IV dan dengan demikian memodulasi fungsi fisiologis melanosit. Fibronektin, di antara elemen *extracellular matrix* (ECM) lainnya, telah terbukti memiliki efek signifikan pada diferensiasi dan migrasi melanoblas (MB) dan melanosit yang dikultur. Oleh karena itu, iradiasi laser He-Ne dianggap tidak hanya memberikan proliferasi, pertumbuhan, dan migrasi melanosit, tetapi juga lingkungan mikro untuk menginduksi repigmentasi pada vitiligo. Laser He-Ne adalah pilihan terapi untuk vitiligo tipe segmental dan depigmentasi di daerah tanpa folikel rambut, dengan kepadatan rendah, atau resisten terhadap pengobatan. Untuk pasien anak atau untuk area anatomi yang membutuhkan perhatian khusus (misalnya, area periokular), laser He-Ne diindikasikan karena profil keamanan yang menguntungkan.²⁹

SIMPULAN

LLLT telah diselidiki sebagai modalitas pengobatan dan pengelolaan beberapa kondisi dermatologi kosmetik. Beberapa penelitian menggunakan LLLT untuk peremajaan kulit, pengobatan akne vulgaris, skar hipertrofik, luka bakar, dan vitiligo. Data lebih baru menunjukkan potensinya untuk pengobatan kondisi kosmetik seperti alopesia dan selulit. LLLT menyediakan pendekatan pengobatan yang ramah pasien dengan cara non-invasif, efek samping ringan, dan nyaman.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wheeland RG. Basic laser physics and safety. In: Goldberd DJ, editor. Laser dermatology. Berlin: Springer; 2013. p.1-10.
2. Weiss RA, Geronemus RG, McDaniel DH. LED low-level light photomodulation for reversal of photoaging. In: Gurpreet S, Ahluwalia, editors. Cosmetic applications of laser & light-based systems. New York: William Andrew Inc. 2009 .p. 271-8.
3. Avci P, Gupta A, Sadasivam M, Vecchio D, Pam Z, Pam N, et al. Low-level laser (light) therapy (LLLT) in skin: Stimulating, healing, restoring. *Semin Cutan Med Surg.* 2013;32(1):41–52.
4. Karu TI, Pyatibrat LV, Kalendo GS. Photobiological modulation of cell attachment via cytochrome c oxidase. *Photochem Photobiol Sci.* 2004;3(2):211-6.
5. Pires de Sousa MV. What is low-level laser (light) therapy? In: Hamblin MR, Pires de Sousa MV, Agrawal T, editors. Handbook of low-level laser therapy. Singapore: Pan Stanford Publishing Pte. Ltd; 2017 .p. 1-11.
6. Arjmand B, Khodadost M, Sherafat JS, Tavirani MR, Ahmadi N, Moghadam MH, et al. Low-level laser therapy: Potential and complications. *J Lasers*



- Med Sci. 2021;12:e42.
7. Sawhney MK, Hamblin M. Low-level light therapy (LLLT) for cosmetics and dermatology. *Proc SPIE*. 2014;8932:1-4. DOI:10.1117/12.2041330.
 8. Kerns ML, Chien AI, Kang S. Skin aging. In: Kang S, Amagai M, Bruckner AL, editors. *Fitzpatrick's dermatology*. 9th Ed. Vol 1. New York: McGraw Hill Co; 2019 .p. 1779-91.
 9. Sawhney MK, Hamblin M. Low-level light therapy (LLLT) for cosmetics and dermatology. In: Hamblin MR, Pires de Sousa MV, Agrawal T, editors. *Handbook of low-level laser therapy*. Singapore: Pan Stanford Publ Pte. Ltd; 2017 .p. 1017-48.
 10. Glass GE. Photobiomodulation: The clinical applications of low-level light therapy. *Aesthetic Surg J*. 2021;41(6):723–38. DOI: 10.1093/asj/sjab025.
 11. Goh C, Cheng C, Agak G, Zaenglein AL, Graber EM, Thiboutot D, et al. Acne vulgaris. In: Kang S, Amagai M, editors. *Fitzpatrick's dermatology*. 9th ed. New York: McGraw-Hill Ed. 2019 .p. 1391- 418.
 12. Chandra R, Jusuf NK. Alternative modality in the treatment of acne vulgaris: Low level laser therapy. *J General-Procedural Dermatol Venereol Indon*. 2021;5(2);121-9. DOI: 10.19100/jdvi.v5i2.168.
 13. Cunliffe WJ, Goulden V. Phototherapy and acne vulgaris. *Br J Dermatol*. 2000;142: 855–64
 14. Goldberg DJ, Russell BA. Combination blue (415 nm) and red (633 nm) LED phototherapy in the treatment of mild to severe acne vulgaris. *J Cosmet Laser Ther*. 2006;8:71–5.
 15. Lee SY, You CE, Park MY. Blue and red light combination LED phototherapy for acne vulgaris in patients with skin phototype IV. *Lasers Surg Med*. 2007;39:180–8.
 16. Elsaie ML. Update on management of keloid and hypertrophic scars: A systemic review. *J Cosmetic Dermatol*. 2021;20(9):2729–38. DOI:10.1111/jocd.14310.
 17. Noishiki C, Takagi G, Kubota Y, Ogawa R. Endothelial dysfunction may promote keloid growth. *Wound Repair Regen*. 2017;25(6):976-83.
 18. Gauglitz GG. Management of keloids and hypertrophic scars: Current and emerging options. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2013;6:103–14.
 19. Blume PU, Kanti V. Androgenetic alopecia. In: Kang S, Amagai M, Bruckner AL, et al, editors. *Fitzpatrick's dermatology*. 9th Ed. vol 1. New York: McGraw Hill Co. 2019 .p. 1495-506.
 20. Torres AE, Lim HW. Photobiomodulation for the management of hair loss. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 2021;37:91–8. DOI: 10.1111/jocd.14370.
 21. Kim SS, Park MW, Lee CJ. Phototherapy of androgenetic alopecia with low level narrow band 655-nm red light and 780-nm infrared light. *J Am Acad Dermatol*. American Academy of Dermatology 65th Annual Meeting. 2007;56:AB112.
 22. Leavitt M, Charles G, Heyman E, Michaels D. HairMax laserComb laser phototherapy device in the treatment of male androgenetic alopecia: A randomized, double-blind, sham device-controlled, multicentre trial. *Clin Drug Investig*. 2009;29(5):283–92.
 23. Gold MH, Khatri KA, Hails K, Weiss RA, Fournier N. Reduction in thigh circumference and improvement in the appearance of cellulite with dual-wavelength, low-level laser energy and massage. *J Cosmet Laser Ther*. 2011;13(1):13–20.
 24. Sasaki GH, Oberg K, Tucker B, Gaston M. The effectiveness and safety of topical PhotoActiv phosphatidylcholine-based anti-cellulite gel and LED (red and near-infrared) light on Grade II-III thigh cellulite: A randomized, double-blinded study. *J Cosmet Laser Ther*. 2007;9(2):87–96.
 25. Hamblin MR, Freitas LF, de Carroll JD, Ferraresi C, Huang YY. *Low-level light therapy: Photobiomodulation*. Bellingham Washington USA: SPIE Press; 2018. DOI:10.1117/3.2295638.
 26. Weiss RA, McDaniel DH, Geronemus RG, Weiss MA, Beasley KL, Munavalli GM, et al. Clinical experience with light-emitting diode (LED) photomodulation. *Dermatol Surg*. 2005;31:1199–205.
 27. Gaida K, Koller R, Isler C, Aytakin O, Al-Awami M, Meissl G, et al. Low level laser therapy—a conservative approach to the burn scar ? *Burns* 2004;30(4):362–7.
 28. Bergqvista C, Ezzedine K. Vitiligo: A review. *Dermatology* 2020;236:571–92.
 29. Yu S, Lan CCE, Yu HS. Mechanisms of repigmentation induced by photobiomodulation therapy in vitiligo. *Exp Dermatol*. 2019;28:10-4.