



ISSN 0216-0773

# MEDIA DERMATO-VENEREOLOGICA INDONESIANA

**Editorial:** Perkembangan ilmu dermatologi: Dari klinik hingga terapi regeneratif

Hubungan lama sakit dengan kadar interleukin-6 pasien reaksi kusta tipe 1 di RS Donorejo Jepara: Sebuah studi potong lintang

Klinikopatologi pemfigus vulgaris dan pengukuran aktivitas penyakit pemfigus dengan *Pemphigus Disease Area Index*

*Acrokeratosis verruciformis of Hopf*: Kasus langka pada pasien geriatri

*Pityriasis lichenoides* pascavaksinasi m-RNA COVID-19

Dermatomiositis klasik dengan *anti-Mi-2 antibody* positif: Sebuah laporan kasus jarang dengan prognosis baik

Ulkus genital akibat herpes genitalis pada pasien geriatri imunokompromi dengan keganasan paru

Peran dan potensi *stem cell* dan *secretome stem cell* sebagai terapi regeneratif dalam penatalaksanaan skar

Karakteristik dermatosis akibat sengatan ubur-ubur di Indonesia

DNA salmon sebagai agen biostimulator dalam peremajaan kulit

Interaksi metabolisme kolesterol dengan psoriasis

Tata laksana dermatitis radiasi

MDVI	Vol. 53	No. 1	Hal. 1–72	Jakarta Jan–Mar 2026	ISSN 0216-0773
------	---------	-------	-----------	-------------------------	----------------

## DAFTAR ISI

<b>Editorial:</b> Perkembangan ilmu dermatologi: Dari klinik hingga terapi regeneratif	1
<i>Nurrachmat Mulianto</i>	
<b>ARTIKEL ASLI</b>	
Hubungan lama sakit dengan kadar interleukin-6 pasien reaksi kusta tipe 1 di RS Donorejo Jepara: Sebuah studi potong lintang	2–7
<i>Amalia An Nidha*, Qonita Nur Qolby, Syifa Nurisma Putri</i>	
<b>LAPORAN KASUS</b>	
Klinikopatologi pemfigus vulgaris dan pengukuran aktivitas penyakit pemfigus dengan <i>Pemphigus Disease Area Index</i>	8–12
<i>Awalia Astarina*, Kristo A Nababan</i>	
<i>Acrokeratosis verruciformis of Hopf</i> : Kasus langka pada pasien geriatri	13–16
<i>Keiko Yolanda*, Rahadi Rihatmadja, Shannaz Nadia Yusharyahya</i>	
<i>Pityriasis lichenoides</i> pascavaksinasi m-RNA COVID-19	17–21
<i>Riani Laurensia*, Shannaz Nadia Yusharyahya, Lili Legiawati, Rinadewi Astriningrum, Rahadi Rihatmadja, Kenny Andrianus</i>	
Dermatomiositis klasik dengan <i>anti-Mi-2 antibody</i> positif: Sebuah laporan kasus jarang dengan prognosis baik	22–26
<i>Riani Laurensia*, Eylene Meisyah Fitri, Windy Keumala Budianti, Rahadi Rihatmadja, Endi Novianto, Andravina Pranathania</i>	
Ulkus genital akibat herpes genitalis pada pasien geriatri imunokompromi dengan keganasan paru	27–34
<i>Seno Lamsir*, Prasetyadi Mawardi, Endra Yustin Ellistasari, Pratiwi Prasetya Primisawitri</i>	
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	
Peran dan potensi <i>stem cell</i> dan <i>secretome stem cell</i> sebagai terapi regeneratif dalam penatalaksanaan skar	35–40
<i>Ade Gustina Siahaan, Imam Budi Putra*</i>	
Karakteristik dermatosis akibat sengatan ubur-ubur di Indonesia	41–50
<i>Anita Valencia*, Dediando Hidajat, Yoga Pamungkas Susani</i>	
DNA salmon sebagai agen biostimulator dalam peremajaan kulit	51–55
<i>Ella Finarsih ES*, Nelva Karmila Jusuf</i>	
Interaksi metabolisme kolesterol dengan psoriasis	56–63
<i>Irvandra Afren*, Nopriyati, Athuf Thaha, Sarah Diba, Fifa Argentina, Soenarto Kartowigno</i>	
Tata laksana dermatitis radiasi	64–72
<i>Widyastuti, Henry Kodrat*</i>	

### PERKEMBANGAN ILMU DERMATOLOGI: DARI KLINIK HINGGA TERAPI REGENERATIF

Artikel MDVI edisi 1 tahun 2026 akan memuat 11 artikel yang terdiri atas 1 artikel asli, 5 laporan kasus dan 5 tinjauan pustaka yang telah melalui proses seleksi oleh dewan redaksi untuk ditampilkan dalam edisi ini.

Dalam edisi ini, terdapat beberapa artikel penelitian dan tinjauan pustaka yang mengangkat isu penting dalam dermatologi modern. Salah satunya membahas hubungan metabolisme kolesterol dengan psoriasis, yang menunjukkan adanya keterkaitan kompleks antara gangguan metabolik dan inflamasi kulit. Selain itu, terdapat penelitian analitik mengenai hubungan lama sakit dengan kadar interleukin-6 pada pasien reaksi kusta tipe 1 yang menunjukkan tidak adanya hubungan bermakna antara kedua variabel tersebut. Edisi ini juga menampilkan tinjauan sistematis terkait tatalaksana dermatitis radiasi yang menyoroti efektivitas kortikosteroid topikal dan fotobiomodulasi dalam menurunkan derajat keparahan.

Seiring dengan perkembangan dermatologi estetika dan regeneratif, beberapa artikel tinjauan pustaka dalam edisi ini membahas inovasi terapi terkini, seperti penggunaan DNA salmon sebagai agen biostimulator dalam peremajaan kulit serta potensi stem cell dan secretome dalam terapi regeneratif skar. Pendekatan ini mencerminkan kemajuan ilmu yang tidak hanya berfokus pada perbaikan klinis, tetapi juga pada regenerasi jaringan secara fisiologis.

Berbagai laporan kasus menarik juga turut disajikan dalam edisi ini. Salah satunya adalah kasus *acrokeratosis verruciformis* pada pasien geriatri dengan manifestasi klinis atipikal yang menekankan pentingnya korelasi klinikopatologis dalam penegakan diagnosis. Selain itu,

terdapat laporan kasus dermatomiositis dengan antibodi anti-Mi-2 yang berkaitan dengan prognosis yang lebih baik, serta kasus *pityriasis lichenoides* pascavaksinasi COVID-19 yang menunjukkan respons terapi yang baik terhadap kortikosteroid dan antibiotik.

Kasus lain yang tidak kalah menarik adalah herpes genitalis pada pasien geriatri imunokompromi dengan keganasan paru, yang menunjukkan manifestasi klinis tidak khas sehingga menjadi tantangan dalam diagnosis. Selain itu, terdapat laporan kasus pemfigus vulgaris dengan penilaian aktivitas penyakit menggunakan *Pemphigus Disease Area Index* (PDAI), yang menegaskan pentingnya evaluasi objektif dalam menentukan terapi dan memantau respons pengobatan.

Edisi ini juga menyoroti isu kesehatan masyarakat yang relevan di Indonesia, seperti dermatosis akibat sengatan ubur-ubur yang masih sering terjadi di wilayah pesisir, khususnya di daerah wisata. Hal ini menekankan pentingnya edukasi masyarakat serta upaya preventif untuk mengurangi risiko kejadian.

Semoga artikel yang diunggah pada edisi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca serta menjadi referensi dalam praktik klinis maupun pengembangan penelitian di bidang dermatologi, venerologi, dan estetika.

*Nurrachmat Mulianto*  
*Tim Editor MDVI*

### DNA SALMON SEBAGAI AGEN BIOSTIMULATOR DALAM PEREMAJAAN KULIT

*Ella Finarsih ES\*, Nelva Karmila Jusuf*

*Program Studi Dermatologi Venereologi dan Estetika  
Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara*

#### ABSTRAK

Penuaan kulit merupakan proses biologis kompleks yang melibatkan perubahan struktural dan fungsional pada tingkat seluler dan molekuler. Faktor intrinsik yaitu genetik dan metabolisme serta faktor ekstrinsik misalnya paparan sinar ultraviolet berperan dalam percepatan degradasi matriks ekstraseluler melalui peningkatan stres oksidatif dan aktivasi metaloproteinase. Perkembangan dermatologi estetika modern menunjukkan pergeseran pendekatan terapi dari sekadar koreksi volumetrik menuju stimulasi regenerasi jaringan secara fisiologis. Salah satu agen biostimulator yang menjanjikan adalah polydeoxyribonucleotide (PDRN) yang berasal dari deoxyribonucleic acid (DNA) ikan salmon. Tinjauan pustaka ini bertujuan membahas mekanisme kerja, indikasi klinis, cara aplikasi, keamanan, serta bukti ilmiah terkini penggunaan DNA salmon untuk peremajaan kulit. Literatur menunjukkan bahwa PDRN bekerja terutama melalui aktivasi reseptor adenosin A2A yang memicu peningkatan sintesis kolagen, angiogenesis, efek antiinflamasi, serta modulasi stres oksidatif. Berbagai studi eksperimental dan klinis mendukung peran PDRN sebagai agen regeneratif dengan profil keamanan yang baik. DNA salmon berpotensi menjadi pilihan terapi yang efektif dan aman dalam peremajaan kulit berbasis biostimulasi.

**Kata kunci:** biostimulator, DNA salmon, penuaan kulit, peremajaan kulit, *polydeoxyribonucleotide*

### *SALMON DNA AS A BIOSTIMULATORY AGENT IN SKIN REJUVENATION*

#### ABSTRACT

*Skin aging is a complex biological process involving structural and functional changes at the cellular and molecular levels. Intrinsic factors such as genetics and metabolism, as well as extrinsic factors including ultraviolet radiation, accelerate extracellular matrix degradation through oxidative stress and metalloproteinase activation. Recent advances in aesthetic dermatology emphasize regenerative and biostimulatory approaches rather than purely volumetric correction. Polydeoxyribonucleotide (PDRN), derived from salmon deoxyribonucleic acid (DNA), has emerged as a promising biostimulator. This literature review aims to discuss the mechanisms of action, clinical indications, application methods, safety profile, and current evidence supporting the use of salmon DNA in skin rejuvenation. Available evidence indicates that PDRN primarily acts via activation of adenosine A2A receptors, leading to enhanced collagen synthesis, angiogenesis, anti-inflammatory effects, and oxidative stress modulation. Experimental and clinical studies consistently demonstrate its regenerative potential with a favorable safety profile. Salmon DNA represents an effective and safe biostimulatory option for skin rejuvenation.*

**Keywords:** biostimulator, salmon DNA, skin aging, skin rejuvenation, *polydeoxyribonucleotide*

Masuk : 22 Januari 2026  
Revisi : 24 Februari 2026  
Publikasi : 31 Maret 2026

---

#### \*Korespondensi:

Jl. Dr. Mansyur No. 66, Medan  
Telepon: +6285270850635  
Email: ellafinarsihes@gmail.com

**PENDAHULUAN**

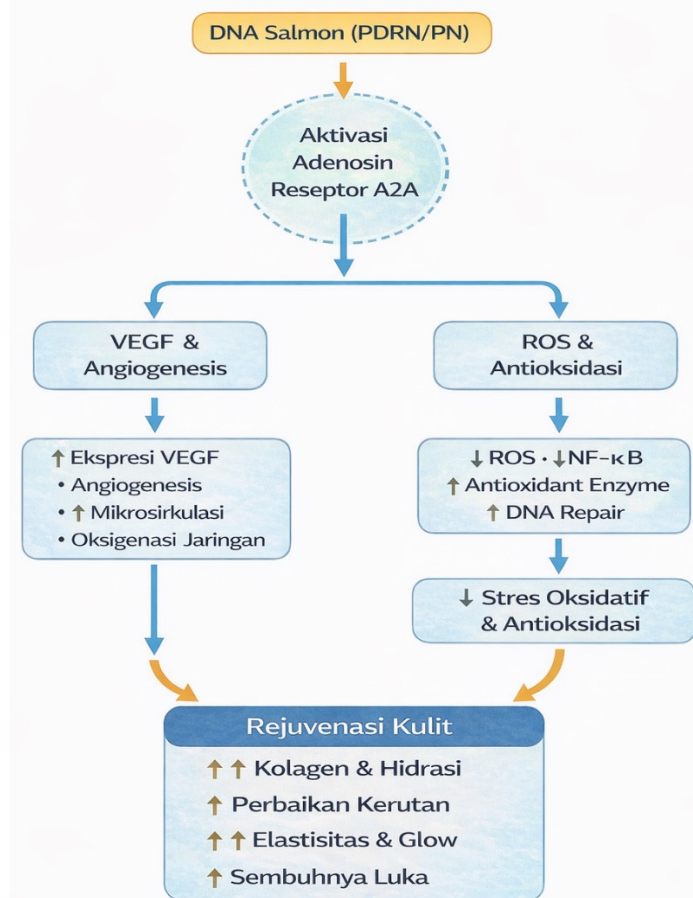
Penuaan kulit merupakan proses biologis progresif yang melibatkan perubahan struktural dan fungsional pada tingkat seluler dan molekuler, yang secara klinis bermanifestasi sebagai kerutan, hilangnya elastisitas, kekeringan kulit, serta gangguan pigmentasi. Proses ini dipengaruhi oleh faktor intrinsik, yaitu genetik dan metabolisme sel, serta faktor ekstrinsik, terutama paparan radiasi ultraviolet dan polusi lingkungan yang memicu pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) berlebih. Peningkatan ROS berperan penting dalam aktivasi *matrix metalloproteinases* (MMP), yang menyebabkan degradasi kolagen dan elastin pada matriks ekstraseluler dermis sehingga mempercepat terjadinya penuaan kulit secara klinis.<sup>1,2</sup>

Seiring meningkatnya kebutuhan akan terapi peremajaan kulit yang efektif dan aman, dermatologi estetika mengalami perkembangan pesat menuju pendekatan minimal invasif dan regeneratif. Berbagai modalitas misalnya toksin botulinum, filler, laser, dan terapi berbasis energi telah digunakan secara luas, namun sebagian besar bersifat korektif dan tidak secara langsung memperbaiki fungsi biologis jaringan kulit. Oleh karena itu, perhatian beralih pada agen biostimulator yang

mampu merangsang regenerasi jaringan dan perbaikan seluler secara fisiologis.<sup>3,4</sup>

Salah satu agen biostimulator yang menarik perhatian adalah *polydeoxyribonucleotide* (PDRN) dan *polynucleotide* (PN) yang berasal dari *deoxyribonucleic acid* (DNA) ikan salmon. Senyawa ini merupakan fragmen DNA murni dengan berat molekul tertentu yang terbukti memiliki efek antiinflamasi, angiogenik, serta regeneratif melalui aktivasi reseptor adenosin A<sub>2</sub>A. Berbagai penelitian eksperimental dan klinis menunjukkan bahwa DNA salmon dapat meningkatkan sintesis kolagen, memperbaiki tekstur kulit, mempercepat penyembuhan luka, serta memiliki profil keamanan yang baik dengan risiko alergi minimal.<sup>5,6</sup>

Meskipun penggunaan DNA salmon dalam dermatologi estetika semakin meluas, masih terdapat kesenjangan pemahaman mengenai mekanisme kerja yang komprehensif, indikasi klinis yang optimal, serta posisi terapi ini dibandingkan modalitas peremajaan kulit lainnya. Oleh karena itu, tinjauan pustaka ini disusun untuk mengkaji secara sistematis bukti ilmiah terkini mengenai DNA salmon dalam peremajaan kulit, sehingga dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu dan praktik klinis di bidang dermatologi, venereologi, dan estetika.



**Gambar 1.** Mekanisme kerja DNA salmon untuk peremajaan kulit

## PENUAAN KULIT: ASPEK BIOLOGIS DAN MOLEKULER

Penuaan kulit ditandai oleh penurunan integritas struktural dermis akibat berkurangnya jumlah dan fungsi fibroblas serta perubahan komposisi matriks ekstraseluler. Kolagen merupakan komponen utama dermis yang menyusun sekitar 70–80% berat kering kulit, sedangkan elastin, meskipun hanya sekitar 2–4%, berperan penting dalam mempertahankan elastisitas kulit. Pada proses penuaan, terjadi penurunan sintesis kolagen dan elastin disertai peningkatan aktivitas MMP, yang menyebabkan fragmentasi serat kolagen dan gangguan arsitektur dermis.<sup>3</sup>

Secara patofisiologis, penuaan kulit dibedakan menjadi penuaan intrinsik dan ekstrinsik. Penuaan intrinsik terutama dipicu oleh akumulasi ROS akibat metabolisme aerobik mitokondria, yang mengakibatkan stres oksidatif kronis, penurunan proliferasi fibroblas, serta peningkatan ekspresi MMP. Sebaliknya, penuaan ekstrinsik, khususnya fotoaging, diinduksi oleh paparan radiasi ultraviolet yang mempercepat produksi ROS, mengaktifkan jalur inflamasi, dan memperberat kerusakan matriks dermal.<sup>3,6</sup>

## DNASALMON: DEFINISI DAN KARAKTERISTIK BIOLOGIS

DNA salmon merupakan sumber *polydeoxyribonucleotide* (PDRN) dan *polynucleotide* (PN) yang diekstraksi dari sel germinal ikan salmon, yaitu *Oncorhynchus mykiss* dan *Oncorhynchus keta*. PDRN terdiri atas fragmen DNA berantai ganda dengan berat molekul berkisar antara 50 hingga 1500 kDa, bersifat bebas protein, dan memiliki potensi alergi yang sangat rendah.<sup>7,8</sup>

Keunggulan biologis DNA salmon terletak pada kemampuannya menyediakan nukleotida dan nukleosida yang diperlukan untuk sintesis DNA dan protein, sehingga mendukung proliferasi sel dan regenerasi jaringan. Selain itu, sifat antiinflamasi dan antioksidan yang dimiliki menjadikan DNA salmon sebagai kandidat ideal untuk terapi peremajaan kulit berbasis biostimulasi.<sup>5,9</sup>

## MEKANISME KERJA DNA SALMON DALAM PEREMAJAAN KULIT

Efek biologis DNA salmon terutama dimediasi melalui aktivasi reseptor adenosin A<sub>2</sub>A. Setelah terdegradasi menjadi oligo- dan mononukleotida, PDRN berperan sebagai agonis reseptor A<sub>2</sub>A, yang selanjutnya menghambat jalur proinflamasi yaitu *nuclear factor kappa B* (NF-κB) dan *mitogen-activated protein kinase* (MAPK). Inhibisi jalur ini menurunkan produksi sitokin

proinflamasi dan MMP, serta meningkatkan sintesis kolagen dan elastin.<sup>4,5</sup>

Selain itu, aktivasi reseptor A<sub>2</sub>A meningkatkan ekspresi *vascular endothelial growth factor* (VEGF), yang berperan penting dalam angiogenesis dan penyembuhan jaringan. DNA salmon juga dilaporkan mampu menghambat melanogenesis melalui penurunan ekspresi *melanocyte inducing transcription factor* (MITF) dan enzim tirosinase, sehingga berpotensi memperbaiki gangguan hiperpigmentasi.<sup>5,10</sup>

## BUKTI ILMIAH PENGGUNAAN DNA SALMON UNTUK PEREMAJAAN KULIT

Berbagai bukti ilmiah yang berasal dari studi eksperimental, uji klinis prospektif, serta *systematic review* mendukung peran DNA salmon baik dalam bentuk *polydeoxyribonucleotide* (PDRN) maupun *polynucleotide* (PN) sebagai agen biostimulator yang efektif dan relatif aman dalam peremajaan kulit. Bukti-bukti tersebut mencakup perbaikan parameter klinis penuaan kulit, perubahan struktural dermis, serta profil keamanan yang baik dengan efek samping minimal. Namun demikian, kualitas dan kekuatan bukti yang tersedia masih perlu dianalisis secara kritis.

Uji klinis prospektif *split-face* oleh Hong dkk. menunjukkan bahwa injeksi intradermal PN secara bermakna memperbaiki ukuran pori, kedalaman kerutan, dan tekstur kulit. Penggunaan sistem *needle-free jet injector* memberikan efektivitas klinis yang sebanding dengan injeksi jarum konvensional, dengan tingkat nyeri prosedural yang lebih rendah, sehingga meningkatkan kenyamanan pasien tanpa mengurangi hasil terapi. Desain *split-face* merupakan kekuatan metodologis karena mengurangi variabilitas antarindividu. Akan tetapi, ukuran sampel yang relatif kecil serta durasi *follow-up* yang terbatas membatasi generalisasi hasil jangka panjang. Selain itu, parameter evaluasi klinis sebagian masih bergantung pada penilaian subjektif dan perangkat imaging tertentu yang mungkin memiliki variasi operator.<sup>11</sup>

Bukti klinis lanjutan diperoleh dari studi prospektif oleh Lim dkk. yang meneliti penggunaan PN-HPT® pada populasi Asia. Dalam studi ini, injeksi intradermal PN diberikan kepada tiga puluh pasien dengan tanda-tanda penuaan kulit ringan hingga sedang. Evaluasi klinis menunjukkan perbaikan bermakna pada *skin firmness*, homogenitas warna kulit, tingkat kecerahan (*glow*), serta hidrasi kulit yang bertahan hingga enam bulan pascaterapi. Selain itu, tidak ditemukan efek samping serius, dan reaksi lokal bersifat ringan serta sementara. Studi ini penting karena memberikan bukti spesifik pada tipe kulit Asia, yang secara biologis dan struktural

memiliki karakteristik berbeda dibandingkan kulit Kaukasia. Namun, penelitian ini tidak menggunakan kelompok kontrol placebo atau pembandingan aktif, sehingga potensi efek placebo dan bias observasional tidak dapat sepenuhnya dikesampingkan. Jumlah subjek yang terbatas (n=30) juga menjadi keterbatasan dalam menilai keamanan jangka panjang.<sup>12</sup>

*Systematic review* oleh Lampridou dkk. yang mencakup sembilan studi klinis dengan lebih dari dua ratus pasien menunjukkan bahwa penggunaan PN atau PDRN secara konsisten meningkatkan elastisitas kulit, ketebalan dermis, dan kualitas matriks ekstraseluler, serta mengurangi kerutan halus. Efek samping yang dilaporkan bersifat ringan dan sementara, tanpa komplikasi sistemik atau reaksi alergi berat, sehingga mendukung profil keamanan DNA salmon. Meskipun demikian, heterogenitas desain studi, variasi formulasi produk (PN vs PDRN), perbedaan protokol injeksi, serta variasi parameter evaluasi membatasi kemampuan untuk melakukan meta-analisis kuantitatif yang kuat. Sebagian besar studi juga memiliki ukuran sampel kecil dan belum terstandarisasi dalam metode evaluasi objektif dermal remodeling.<sup>13</sup>

Dari aspek keamanan, ulasan mekanistik oleh Akaberi dkk. menunjukkan bahwa PDRN bekerja melalui aktivasi reseptor adenosin A<sub>2</sub>A tanpa memicu respons imun bermakna karena sifatnya yang bebas protein dan berpurifikasi tinggi. Karakteristik ini menjadikan DNA salmon aman untuk penggunaan berulang, termasuk pada kulit sensitif, serta berperan sebagai biostimulator regeneratif nonvolumetrik sehingga meminimalkan risiko *over-correction* atau perubahan kontur wajah yang tidak diinginkan. Namun, sebagian besar data mekanistik masih berasal dari studi *in vitro* dan model hewan, sehingga translasi langsung ke outcome klinis manusia tetap memerlukan konfirmasi lebih lanjut melalui uji klinis terkontrol yang lebih besar.<sup>14</sup>

Secara keseluruhan, bukti ilmiah yang tersedia saat ini menunjukkan bahwa DNA salmon merupakan agen biostimulator yang efektif dalam memperbaiki berbagai parameter penuaan kulit, dengan mekanisme kerja yang jelas dan profil keamanan yang baik. Namun demikian, sebagian besar studi yang ada masih memiliki keterbatasan berupa jumlah sampel yang relatif kecil, durasi tindak lanjut yang terbatas, serta variasi protokol injeksi dan formulasi produk. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut dalam bentuk uji klinis terkontrol dengan jumlah subjek yang lebih besar dan periode observasi jangka panjang untuk memastikan efektivitas, keamanan, serta posisi DNA salmon dalam algoritma terapi peremajaan kulit berbasis bukti.

## SIMPULAN

*Deoxyribonucleic acid* (DNA) salmon, dalam bentuk PDRN dan PN, merupakan agen biostimulator yang menjanjikan untuk peremajaan kulit karena kemampuannya merangsang regenerasi jaringan, meningkatkan sintesis kolagen, serta memodulasi inflamasi melalui mekanisme biologis yang fisiologis. Bukti ilmiah terkini menunjukkan efektivitas dan keamanan yang baik, sehingga DNA salmon berpotensi menjadi bagian integral dari strategi peremajaan kulit modern di bidang dermatologi estetika.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak ada.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada

## DAFTAR PUSTAKA

1. Liguori I, Russo G, Curcio F, Bulli G, Aran L, Della-Morte D, et al. Oxidative stress, aging, and diseases. *Clin Interv Aging*. 2018;13:757–72.
2. Kerns ML, Chien AL, Kang S. Skin aging. In: Kang S, Amagai M, Bruckner AL, Enk AH, Margolis DJ, McMichael AJ, et al., editors. *Fitzpatrick's Dermatology in General Medicine*. 9th ed. New York: McGraw-Hill; 2019. p. 1391–418.
3. Yoshino A, Polouliakh N, Meguro A, Takeuchi M, Kawagoe T, Mizuki N. Chum salmon egg extracts induce upregulation of collagen type I and exert antioxidative effects on human dermal fibroblast cultures. *Clin Interv Aging*. 2016; 11:1159–68.
4. Rho NK, Kim HS, Kim SY, Lee W. Injectable skin boosters in aging skin rejuvenation: a current overview. *Arch Plast Surg*. 2024;51:528–41.
5. Khan A, Wang G, Zhou F, Gong L, Zhang J, Qi L, et al. Polydeoxyribonucleotide: a promising skin anti-aging agent. *Chin J Plast Reconstr Surg*. 2022;4(4):187–93.
6. Park KY, Seok J, Rho NK, Kim BJ, Kim MN. Long-chain polynucleotide filler for skin rejuvenation: efficacy and complications in five patients. *Dermatol Ther*. 2016;29(1):37–40.
7. Nguyen JK, Masub N, Jagdeo J. Bioactive ingredients in Korean cosmeceuticals: trends and research evidence. *J Cosmet Dermatol*. 2020;19(7):1555–69.
8. Kuan CM, Kan KW, Chen JH, Lin YH, Lin YH. Anti-aging and anti-oxidation: salmon sperm as a substitute for nucleotide sources. *J Food Nutr Res*. 2019;7(9):652–5.
9. Colangelo MT, Galli C, Guizzardi S. The effects of polydeoxyribonucleotide on wound healing and tissue regeneration: a systematic review. *Regen Med*. 2020;15(1):1–15.
10. Noh T, Chung B, Kim S, Lee M, Kim M, Youn C, et al. Novel anti-melanogenesis properties of polydeoxyribonucleotide, a popular wound healing booster. *Int J Mol Sci*. 2016;17(9):1448.
11. Hong JY, Lee YH, Kim HJ, Park KY. Therapeutic performance of needle injection versus needle-free jet injector sys-

- tem for polynucleotide filler in skin rejuvenation. *J Cosmet Dermatol.* 2025;24:e16595.
12. Lim TS, Liew S, Tee XJ, Chong I, Lo FJ, Ho MJ, et al. Polynucleotides HPT for Asian skin regeneration and rejuvenation. *Clin Cosmet Investig Dermatol.* 2024;17:417–31.
  13. Lampridou S, Bassett S, Cavallini M, Christopoulos G. The effectiveness of polynucleotides in esthetic medicine: a systematic review. *J Cosmet Dermatol.* 2025;24:e16721.
  14. Akaberi SM, Sharma K, Ahmadi-Ashtiani HR, Hedayati M. Polydeoxyribonucleotide in skincare and cosmetics: mechanisms and advancements beyond anti-aging. *J Skin Stem Cell.* 2025;12(1):e159728.