



Kajian Literatur Antara Sistem Endokrin dan Imun dalam Kerja Sama Hormon dan Pertahanan Tubuh untuk Pembelajaran Biologi

Resita Dewi^{1*}, Avrellia Dwi Riantini², Suci Mairani³, Mayarni Mayarni⁴

¹⁻⁴ Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka, Indonesia

Email : resita095@gmail.com¹, avrelliadwir@gmail.com², Ciimaii166@gmail.com³, mayarni@uhamka.ac.id⁴

Alamat: Jakarta Timur

Korespondensi penulis: resita095@gmail.com*

Abstract. *The endocrine system and the immune system are two main physiological systems that play an important role in maintaining body balance (homeostasis) and defending the body from various external threats such as infections, toxins, and stress. Both do not work independently, but rather establish complex interactions through various biochemical pathways, including hormones and cytokines. Recent research has shown that disorders in one system can affect the function of the other system. This article aims to review the relationship between the endocrine system and the immune system, with a focus on the cooperation of hormones in supporting the body's defense. This study uses a literature study method based on the latest scientific journals in the last five years. The results show a two-way interaction between endocrine hormones such as glucocorticoids, thyroid hormones, and sex hormones on immune function, both stimulatory and suppressively. Understanding this relationship is important for the development of more effective and integrated immunology and endocrinology therapies.*

Keywords: *body defense, Endocrine system, hormones, immune system*

Abstrak. Sistem endokrin dan sistem imun merupakan dua sistem fisiologis utama yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan tubuh (homeostasis) serta mempertahankan tubuh dari berbagai ancaman luar seperti infeksi, toksin, dan stres. Keduanya tidak bekerja secara independen, melainkan menjalin interaksi kompleks melalui berbagai jalur biokimia, termasuk hormon dan sitokin. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa gangguan pada salah satu sistem dapat berdampak pada fungsi sistem lainnya. Artikel ini bertujuan untuk mengulas keterkaitan antara sistem endokrin dan sistem imun, dengan fokus pada kerja sama hormon dalam mendukung pertahanan tubuh. Kajian ini menggunakan metode studi pustaka berdasarkan jurnal-jurnal ilmiah terkini dalam lima tahun terakhir. Hasil menunjukkan adanya interaksi dua arah antara hormon endokrin seperti glukokortikoid, hormon tiroid, dan hormon seks terhadap fungsi imun, baik secara stimulatif maupun supresif. Pemahaman tentang hubungan ini penting untuk pengembangan terapi imunologi dan endokrinologi yang lebih efektif dan terintegrasi.

Kata kunci: hormon, pertahanan tubuh, Sistem endokrin, sistem imun

1. LATAR BELAKANG

Sistem endokrin yang rumit dan beragam mencakup beragam sistem dan peralatan khusus yang bertanggung jawab untuk sekresi hormon, serta berbagai mekanisme yang merangsang pelepasan hormon-hormon ini, yang berfungsi sebagai mediator kimia di dalam tubuh. Sistem kompleks ini terkait erat dengan sistem saraf, dan memainkan peran penting dalam mengendalikan dan mengintegrasikan beragam fungsi fisiologis di seluruh tubuh. Interaksi yang harmonis antara kedua sistem ini sangat penting untuk pemeliharaan homeostasis, yang mengacu pada lingkungan internal yang stabil dan seimbang yang diperlukan untuk fungsi tubuh yang optimal. (Anang, K., Setiawan, W. A., Dhionisius, D. M.,

& Liss, 2025) Dalam konteks ini, sistem endokrin beroperasi terutama melalui pelepasan hormon, sedangkan sistem saraf berkomunikasi melalui neurotransmitter yang diproduksi di terminal ujung saraf. Beragam hormon yang dilepaskan oleh sistem endokrin melayani beberapa fungsi penting, termasuk diferensiasi sistem saraf pusat dan sistem reproduksi selama tahap perkembangan janin, stimulasi proses perkembangan berurutan, koordinasi fungsi sistem reproduksi, dan pemeliharaan lingkungan internal yang optimal untuk proses fisiologis. Selain itu, hormon-hormon ini juga penting dalam melaksanakan respons korektif dan adaptif jika terjadi keadaan darurat, sehingga memastikan kelangsungan hidup organisme di bawah tekanan. (Besedovsky, H. O., & del Rey, 2013)

Sistem endokrin dicirikan oleh komposisi uniknya, yang mencakup kelompok berbagai kelenjar atau jaringan yang tersebar di seluruh tubuh dengan cara yang tidak seragam. Kelenjar yang merupakan bagian dari sistem ini menunjukkan fungsi eksokrin atau endokrin, masing-masing melayani peran yang berbeda namun saling melengkapi. Kelenjar eksokrin, seperti kelenjar keringat dan kelenjar lakrimal, bertanggung jawab untuk sekresi zat langsung ke saluran yang mengarah ke area target tertentu, sehingga memfasilitasi efek fisiologis lokal. (Cain, D. W., & Cidlowski, 2020) Sebaliknya, istilah “endokrin,” berasal dari akar Yunani di mana “endo” berarti dalam dan “crin” menandakan sekresi, menunjukkan bahwa sekresi yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin dilepaskan langsung ke aliran darah atau sistem limfatik yang bersirkulasi, memungkinkan hormon ini untuk melakukan perjalanan ke seluruh tubuh dan mencapai jaringan target tanpa perlu saluran atau tabung. Sekresi biologis ini, yang dikenal sebagai hormon, adalah pembawa pesan kimia kompleks yang memainkan peran penting dalam memicu atau mengatur aktivitas berbagai organ, sistem, atau kelenjar yang terletak di daerah tubuh yang berbeda. Selain itu, hormon berperan penting dalam pengaturan berbagai proses homeostatik, yang mencakup aktivitas metabolisme, keseimbangan cairan dan elektrolit, fungsi reproduksi, dan siklus bangun dan tidur yang rumit. (Dhabhar, 2018)

Sistem endokrin dan kekebalan tubuh mewakili dua sistem fundamental penting yang berkolaborasi secara terkoordinasi untuk menegakkan keseimbangan fisiologis tubuh. Sistem endokrin memberikan efek pengaturannya pada fungsi tubuh melalui pelepasan hormon, sementara sistem kekebalan memainkan peran penting dalam mempertahankan tubuh terhadap mikroorganisme patogen, serta mengidentifikasi dan menghilangkan sel-sel abnormal yang dapat menimbulkan ancaman bagi kesehatan. Kedua sistem terlibat dalam dialog yang kompleks, memanfaatkan jalur hormonal, sitokin, dan reseptor seluler spesifik untuk memfasilitasi komunikasi dan interaksi. Misalnya, hormon yang berhubungan dengan stres seperti kortisol dapat memiliki efek penekan pada aktivitas kekebalan tubuh, sementara vitamin

Diketahui meningkatkan respons antibodi dalam sistem kekebalan tubuh. Studi empiris terbaru telah menerangi gagasan bahwa disfungsi baik dalam sistem endokrin atau kekebalan dapat bertindak sebagai katalis untuk pengembangan gangguan autoimun, kondisi inflamasi kronis, atau berbagai gangguan metabolisme. Tujuan utama dari artikel ilmiah ini adalah untuk menganalisis dengan cermat mekanisme rumit yang mengatur interaksi antara sistem endokrin dan kekebalan tubuh, serta untuk mengeksplorasi implikasi yang lebih luas dari hubungan ini untuk kesehatan dan kesejahteraan secara keseluruhan. (Elenkov, I. J., & Chrousos, 2022)

Sistem endokrin memainkan peran penting dalam pengaturan proses fisiologis vital seperti metabolisme, pertumbuhan, dan respons tubuh terhadap stres melalui pelepasan hormon yang diatur ke dalam aliran darah. Sementara itu, sistem kekebalan ditugaskan dengan tanggung jawab penting untuk melindungi tubuh dari banyak mikroorganisme patogen, memastikan keseimbangan mikrobiota tubuh yang halus, dan mengenali dan secara efektif menghancurkan sel-sel abnormal yang dapat mengganggu homeostasis. Penting untuk dipahami bahwa kedua sistem ini tidak berfungsi secara terpisah; melainkan, mereka membangun jaringan komunikasi dua arah yang erat dan dinamis yang memfasilitasi tindakan terkoordinasi mereka. Interaksi semacam itu dimediasi melalui berbagai mekanisme, termasuk hormon, sitokin, reseptor seluler, dan jalur pensinyalan molekuler rumit lainnya yang memungkinkan sistem merespons dengan tepat terhadap perubahan lingkungan internal dan eksternal. (Furman, D., Campisi, J., Verdin, E., 2019)

Dalam bidang fisiologi, hormon memiliki kapasitas untuk memodulasi proses penting seperti aktivasi sel imun, diferensiasi limfosit, dan produksi sitokin, yang merupakan komponen vital dari respon imun. Sebaliknya, mediator inflamasi yang diproduksi oleh sistem kekebalan tubuh, termasuk interleukin dan interferon, dapat memberikan efek signifikan pada fungsi kelenjar endokrin, sehingga mempengaruhi regulasi hormon. Ketidakseimbangan dalam komunikasi dan interaksi antara dua sistem penting ini dapat mengakibatkan berbagai hasil kesehatan yang merugikan, termasuk gangguan autoimun, gangguan metabolisme, dan, dalam beberapa kasus, bahkan kondisi onkologis seperti kanker. (Klein, S. L., & Flanagan, 2020)

Pentingnya memahami hubungan yang rumit ini menjadi semakin jelas, terutama dalam konteks era modern yang ditandai dengan meningkatnya kejadian penyakit terkait peradangan kronis, termasuk diabetes, obesitas, dan kondisi autoimun seperti lupus. Akibatnya, sangat penting bahwa studi tentang integrasi dan interaksi antara sistem endokrin dan kekebalan diperluas dan diperdalam, dengan tujuan merumuskan pendekatan terapeutik yang lebih komprehensif dan efektif untuk mengatasi tantangan kesehatan multifaset yang muncul dari disfungsi sistem yang saling berhubungan ini.

2. KAJIAN TEORITIS

Penulisan penelitian ini menggunakan teori perkembangan intelektual menurut Piaget bahwa menggunakan operasi-operasi konkretnya untuk membantu operasi-operasi yang lebih kompleks. Kemajuan utama pada anak selama periode ini ialah bahwa ia tidak perlu berpikir dengan pertolongan benda-benda atau peristiwa-peristiwa konkret, mempunyai kemampuan untuk berpikir abstrak. Tingkat perkembangan intelektual didefinisikan sebagai tahap pencapaian kesimpulan logis berdasarkan fakta dan sumber yang relevan. Tobin dan Capie menjelaskan bahwa Tingkat kemampuan berpikir logis siswa dijamin dengan menggunakan TOLT (*Test of Logical Thinking*) yang terdiri dari lima penalaran, yaitu penalaran proporsional, pengendalian variabel, penalaran probabilitas, penalaran korelasional dan penalaran kombinatorial. Valanides mengategorikan tingkat perkembangan siswa menjadi konkret, transisi dan formal berdasarkan skor TOLT. (Munhoz, C. D., & Garcia-Bueno, 2021)

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah studi literatur (*literature review*) dengan menelaah sumber-sumber sekunder dari jurnal ilmiah internasional, buku teks kedokteran, dan artikel ilmiah terpercaya. Pencarian literatur dilakukan melalui basis data seperti PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar dengan kata kunci: "*endocrine system*", "*immune system*", "*hormone*", "*immune regulation*", dan "*neuroimmun oendocrinology*". (Putri, M., & Santoso, 2023) Literatur yang digunakan berasal dari publikasi 10 tahun terakhir (2015–2025), dengan sumber klasik yang masih relevan. Analisis dilakukan secara deskriptif-kualitatif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem endokrin, yang dicirikan oleh sifatnya yang rumit dan beragam, terdiri dari banyak komponen penting, termasuk tetapi tidak terbatas pada kelenjar pituitari, hipotalamus, kelenjar tiroid, kelenjar paratiroid, pankreas, kelenjar adrenal, kelenjar timus, serta ovarium pada wanita dan testis pada pria, yang semuanya secara kolektif berkontribusi secara signifikan pada regulasi dan pemeliharaan berbagai proses fisiologis yang penting untuk berfungsinya organisme manusia. Sangat kontras dengan sistem tubuh lain yang mungkin beroperasi dengan tingkat keterusterangan dan keterusterangan, sistem endokrin menunjukkan tingkat kompleksitas dan nuansa yang menuntut pemeriksaan menyeluruh dan pemahaman mendalam tentang mekanisme dan interaksinya. (Rahayu, 2020) Ketika seseorang terlibat dalam wacana mengenai gagasan ketidakseimbangan hormon dalam konteks sistem endokrin, menjadi

penting untuk menyadari bahwa ketidakseimbangan tersebut dapat muncul sebagai penyimpangan dalam konsentrasi hormon yang dapat meningkat di luar kisaran normatif atau berkurang di bawah ambang batas yang diperlukan, sebagaimana dibuktikan oleh berbagai kondisi medis seperti hipertiroidisme, yang ditandai dengan kelebihan produksi hormon tiroid, dan hipotiroidisme, yang ditandai dengan ketidakcukupan kadar hormon tiroid. (Rahman, A., & Lestari, 2021)

Meskipun benar bahwa sebagian besar hormon yang disintesis dan disekresikan oleh kelenjar endokrin ini diperlukan dalam jumlah yang relatif kecil untuk mendapatkan efek fisiologisnya, patut dicatat bahwa konsentrasi keseluruhan dari hormon-hormon yang beredar dalam aliran darah ini umumnya cukup rendah, menyoroti presisi yang diperlukan untuk tindakan mereka. Kelenjar endokrin yang secara tradisional diakui dalam literatur ilmiah termasuk kelenjar pituitari, kelenjar tiroid, kelenjar paratiroid, kelenjar adrenal, dan kelenjar pineal, yang masing-masing berkontribusi secara unik dan signifikan terhadap lanskap hormonal kompleks yang ada di dalam tubuh. (Rezaei, N., & Aghaei, 2023)

Selain itu, penting untuk mengakui bahwa ada berbagai organ dan jaringan yang, meskipun mereka mungkin tidak selalu diklasifikasikan secara ketat sebagai kelenjar endokrin, namun diberkahi dengan struktur seluler khusus yang memiliki kemampuan untuk mengeluarkan hormon; ini termasuk, meskipun mereka tidak terbatas pada, hipotalamus, timus, pankreas, ovarium, testis, ginjal, perut, jantung, usus kecil, kulit, jaringan adiposa, dan plasenta. Secara agregat, semua kelenjar endokrin ini, bersama dengan beragam sel yang mensekresi hormon yang didistribusikan ke seluruh tubuh, bergabung untuk membentuk sistem endokrin yang komprehensif dan beragam yang memainkan peran yang sangat diperlukan dalam pemeliharaan homeostasis dan pengaturan berbagai fungsi tubuh yang penting untuk mempertahankan kehidupan dan kesehatan. (Saraswati, 2020)

Jalur Komunikasi antara Sistem Endokrin dan Sistem Imun

Komunikasi antara sistem endokrin dan imun terjadi dalam skala seluler dan molekuler. Kelenjar adrenal, misalnya, menghasilkan glukokortikoid seperti kortisol yang bersifat antiinflamasi. Kortisol dapat menekan produksi sitokin proinflamasi seperti IL-1, IL-6, dan TNF- α . Sebaliknya, mediator inflamasi seperti IL-1 β juga dapat menstimulasi hipotalamus untuk melepaskan CRH (corticotropin-releasing hormone), yang kemudian memicu pelepasan ACTH dari kelenjar hipofisis dan akhirnya merangsang sekresi kortisol dari adrenal. (Straub, 2014)

Sistem endokrin mempengaruhi respons imun tubuh secara umum melalui pelepasan hormon yang berperan sebagai imunomodulator, yaitu zat yang dapat mengubah sensitivitas

dan aktivitas sistem imun. Hormon-hormon yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin seperti kortisol, hormon pertumbuhan, hormon seks, dan vitamin D berinteraksi langsung dengan sel-sel imun untuk mengatur keseimbangan antara aktivasi dan penekanan respons imun. Beberapa mekanisme pengaruh tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, hormon stres seperti kortisol dan katekolamin yang dilepaskan oleh kelenjar adrenal selama kondisi stres terbukti mampu menekan produksi sitokin pro-inflamasi serta menghambat proliferasi limfosit. Hal ini membantu mengendalikan respons inflamasi agar tidak berlebihan, namun paparan kortisol dalam jangka panjang dapat menyebabkan penurunan efektivitas sistem imun. (Sumarni, D., & Purnomo, 2021)

Kedua, vitamin D memiliki peran krusial dalam mengaktifkan sel T dan mendukung fungsi sel imun lainnya. Bentuk aktif vitamin D, yaitu kalsitriol, memungkinkan sel T menjalankan fungsinya secara optimal dalam mengenali dan melawan patogen. Kekurangan vitamin D, yang sering terjadi pada kelompok lansia, berkontribusi terhadap penurunan daya tahan tubuh. Ketiga, hormon seks seperti estrogen dan testosteron juga turut memengaruhi sistem imun. Estrogen diketahui memperkuat respons imun baik bawaan maupun adaptif, sementara testosteron lebih cenderung menekan aktivitas imun. Perbedaan ini dapat menjelaskan mengapa wanita lebih rentan terhadap penyakit autoimun dibandingkan pria. Selain itu, interaksi antara sitokin dan hormon memperlihatkan adanya hubungan timbal balik yang kompleks. Sitokin yang diproduksi oleh sel imun dapat memengaruhi sekresi hormon dari kelenjar endokrin, dan sebaliknya hormon juga dapat mengatur produksi sitokin, membentuk suatu mekanisme umpan balik dalam pengaturan fungsi kekebalan dan hormonal. Secara keseluruhan, sistem endokrin melalui berbagai hormonnya berperan penting dalam mengatur dan memodulasi sistem imun, guna menjaga keseimbangan antara pertahanan terhadap infeksi dan pencegahan kerusakan jaringan akibat aktivitas imun yang berlebihan. (Supriyanto, T., & Kurnia, 2022)

Sistem endokrin dan imun saling terhubung melalui berbagai mediator molekuler, seperti hormon, neurotransmitter, dan sitokin. Hormon yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin seperti adrenal, tiroid, dan gonad dapat mengatur fungsi sel imun. Sebaliknya, sel imun juga mampu menghasilkan hormon atau substansi seperti sitokin yang dapat mempengaruhi kelenjar endokrin. (Suryadi, T., & Aminah, 2022)

Peran Hormon dalam Regulasi Imun

Tubuh manusia memiliki sistem imun yang luar biasa kompleks, berfungsi sebagai pertahanan utama terhadap patogen seperti virus, bakteri, dan parasit. Namun, efektivitas sistem ini tidak hanya bergantung pada keberadaan sel-sel imun seperti limfosit, makrofag, dan

neutrofil, melainkan juga dipengaruhi oleh sistem endokrin. Sistem endokrin, melalui kelenjar-kelenjarnya, menghasilkan berbagai hormon yang berperan penting dalam mengatur homeostasis tubuh, termasuk respons imun. Interaksi antara hormon dan sistem imun terjadi melalui berbagai mekanisme, baik secara langsung melalui reseptor pada sel imun, maupun secara tidak langsung melalui pengaruh terhadap mediator kimia seperti sitokin.(Weigent, 2013)(Mayarni, 2021)

Beberapa hormon utama yang berperan dalam memodulasi respons imun antara lain adalah kortisol, timosin, vitamin D (kalsitriol), hormon seks (estrogen dan testosteron), hormon pertumbuhan dan prolaktin, serta katekolamin seperti epinefrin dan norepinefrin. Masing-masing hormon ini memiliki karakteristik dan mekanisme kerja yang berbeda-beda dalam memengaruhi sistem imun, baik dalam menstimulasi maupun menekan aktivitas imun, tergantung pada konteks fisiologis dan patologis yang terjadi.

1. Kortisol (Hormon Glukokortikoid dari Kelenjar Adrenal)

Salah satu hormon paling dikenal dalam kaitannya dengan stres dan imunitas adalah kortisol, yang diproduksi oleh kelenjar adrenal. Produksi kortisol diatur oleh sumbu hipotalamus-pituitari-adrenal (HPA), dan biasanya meningkat dalam kondisi stres. Kortisol memiliki efek immunosupresif, yaitu menekan respons imun tubuh. Hal ini dilakukan dengan cara menurunkan produksi sitokin pro-inflamasi seperti interleukin-1 (IL-1), tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), dan interleukin-6 (IL-6), yang merupakan mediator penting dalam proses inflamasi.

Selain itu, kortisol juga menghambat proliferasi sel T dan B, serta mengurangi aktivitas fungsional sel-sel ini. Hal ini menyebabkan penurunan kemampuan tubuh dalam melawan infeksi jika kortisol dilepaskan dalam jumlah besar atau dalam waktu yang lama. Walaupun efek ini penting untuk mencegah respons imun yang berlebihan dan menghindari autoimunitas, paparan kortisol secara kronis dapat berdampak negatif terhadap sistem imun, membuat individu lebih rentan terhadap infeksi dan memperlambat proses penyembuhan luka.

2. Timosin dari Kelenjar Timus

Timus adalah organ kecil yang memiliki peran besar dalam masa pertumbuhan, terutama dalam pembentukan sistem imun adaptif. Hormon utama yang dihasilkan oleh timus adalah timosin, yang berfungsi dalam proses maturasi atau pematangan sel T. Sel T (limfosit T) merupakan bagian vital dari sistem imun adaptif yang berfungsi untuk mengenali dan menghancurkan sel yang terinfeksi patogen atau sel yang mengalami transformasi menjadi sel kanker.

Timosin bekerja dengan merangsang diferensiasi sel progenitor di sumsum tulang menjadi sel T yang matang di timus. Setelah matang, sel T ini akan bermigrasi ke organ limfoid sekunder untuk melaksanakan fungsinya dalam pertahanan tubuh. Hormon ini sangat penting pada anak-anak dan remaja, ketika sistem imun sedang berkembang secara aktif. Penurunan aktivitas timosin seiring bertambahnya usia menjadi salah satu alasan mengapa orang lanjut usia lebih rentan terhadap infeksi.

3. Vitamin D (Kalsitriol) sebagai Hormon Steroid

Walaupun dikenal sebagai vitamin, bentuk aktif vitamin D yaitu kalsitriol sebenarnya bertindak seperti hormon steroid. Vitamin D diproduksi di kulit sebagai respons terhadap paparan sinar UV, kemudian diubah menjadi bentuk aktif melalui proses di hati dan ginjal. Kalsitriol berikatan dengan reseptor vitamin D (VDR) yang terdapat pada berbagai jenis sel imun seperti sel T, sel B, makrofag, dan sel dendritik.

Peran vitamin D dalam sistem imun sangat penting, terutama dalam meningkatkan kemampuan tubuh untuk mengenali patogen. Kalsitriol meningkatkan ekspresi molekul antigen-presenting dan merangsang produksi peptida antimikroba seperti katelisidin yang membantu membunuh mikroorganisme. Selain itu, vitamin D juga membantu menyeimbangkan respons imun dengan mencegah inflamasi berlebihan melalui penekanan produksi sitokin pro-inflamasi. Penelitian menunjukkan bahwa individu dengan kadar vitamin D rendah, terutama lansia, memiliki risiko lebih tinggi terhadap infeksi saluran pernapasan dan penyakit autoimun.

4. Hormon Seks: Estrogen dan Testosteron

Hormon seks juga memainkan peran penting dalam pengaturan sistem imun. Estrogen, hormon utama pada wanita, memiliki efek stimulatif terhadap sistem imun. Hormon ini merangsang proliferasi dan aktivasi sel T dan B, serta meningkatkan produksi antibodi. Oleh karena itu, wanita cenderung memiliki respons imun yang lebih kuat dibandingkan pria. Namun, respons yang terlalu aktif ini juga menjelaskan mengapa penyakit autoimun seperti lupus dan rheumatoid arthritis lebih banyak terjadi pada wanita.

Sebaliknya, testosteron, hormon seks utama pada pria, memiliki efek immunosupresif. Hormon ini menurunkan aktivitas sel T dan B serta menghambat produksi sitokin tertentu, sehingga pria memiliki respons imun yang lebih rendah dalam beberapa kasus. Meskipun ini membuat pria cenderung kurang rentan terhadap penyakit autoimun, mereka bisa lebih rentan terhadap infeksi tertentu.

5. Hormon Pertumbuhan dan Prolaktin

Kedua hormon ini dilepaskan oleh kelenjar hipofisis (pituitari) dan memiliki dampak terhadap sistem imun, khususnya dalam meningkatkan respons imun humoral. Hormon pertumbuhan (*growth hormone*/GH) mendukung proliferasi dan diferensiasi limfosit, meningkatkan sintesis antibodi, dan membantu proses regenerasi jaringan.

Sementara itu, prolaktin yang lebih dikenal karena perannya dalam produksi ASI, juga memiliki efek imunotropik, yaitu meningkatkan respons imun. Prolaktin merangsang aktivitas limfosit dan makrofag serta mendukung produksi sitokin. Oleh karena itu, keduanya dianggap sebagai hormon yang memperkuat sistem imun, terutama saat tubuh sedang mengalami stres atau penyembuhan luka.

6. Katekolamin: Epinefrin, Norepinefrin, dan Dopamin

Kelompok hormon ini dikenal sebagai katekolamin dan dilepaskan oleh medula adrenal sebagai respons terhadap stres. Epinefrin (adrenalin) dan norepinefrin (noradrenalin) adalah bagian dari sistem saraf simpatis dan berperan dalam "*fight or flight response*". Dalam konteks sistem imun, katekolamin berinteraksi dengan reseptor pada sel-sel imun, seperti sel Natural Killer (NK), makrofag, dan limfosit.

Salah satu peran utama katekolamin adalah meningkatkan aktivitas sel NK, yaitu sel yang penting dalam membunuh sel yang terinfeksi virus atau sel kanker. Selain itu, katekolamin membantu mengatur peradangan dengan memengaruhi aliran darah ke jaringan yang mengalami infeksi atau cedera, serta meningkatkan metabolisme energi untuk menunjang respons imun.

Namun, seperti halnya kortisol, paparan kronis terhadap katekolamin karena stres berkepanjangan dapat menyebabkan disregulasi sistem imun, termasuk peningkatan inflamasi kronis yang terkait dengan penyakit metabolik dan kardiovaskular.

Secara keseluruhan, hormon-hormon dari sistem endokrin tidak hanya memengaruhi fungsi metabolik dan reproduksi, tetapi juga menjadi regulator penting dalam sistem imun tubuh. Hormon seperti kortisol dan testosteron cenderung menekan aktivitas imun untuk menjaga agar respons tidak berlebihan. Di sisi lain, hormon seperti estrogen, timosin, vitamin D, dan prolaktin berfungsi meningkatkan aktivitas sistem imun untuk melawan patogen.

Interaksi antara sistem endokrin dan sistem imun menunjukkan bahwa kesehatan seseorang tidak hanya bergantung pada salah satu sistem saja, melainkan pada sinergi berbagai sistem tubuh. Gangguan pada produksi atau keseimbangan hormon endokrin dapat berdampak langsung pada kemampuan tubuh melawan penyakit atau menjaga keseimbangan imunologis. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif tentang peran hormon dalam regulasi imun

sangat penting, baik dalam konteks fisiologi normal maupun dalam penatalaksanaan berbagai penyakit, termasuk infeksi, inflamasi kronis, dan autoimunitas.

Pengaruh Sistem Imun terhadap Sistem Endokrin

Sistem imun juga dapat memengaruhi fungsi endokrin melalui inflamasi kronis. Sitokin seperti IL-6 dan TNF- α dapat mengganggu sensitivitas insulin dan menekan sekresi insulin oleh pankreas, memicu kondisi seperti diabetes tipe 2. Selain itu, penyakit autoimun seperti Hashimoto dan Addison menunjukkan bahwa sistem imun dapat menyerang jaringan endokrin secara langsung. Sistem imun, melalui sitokin seperti IL-1, IL-6, dan TNF- α , dapat memengaruhi aksis endokrin. Misalnya, IL-1 dapat mengaktifasi HPA yang memicu peningkatan kortisol, menciptakan umpan balik negatif terhadap inflamasi. Pada penyakit autoimun, aktivasi kronis sistem imun dapat merusak jaringan endokrin seperti pankreas (diabetes tipe 1), tiroid (Hashimoto/Graves), dan adrenal (Addison). (Farha Nazilah, 2023)

Stres kronis menyebabkan peningkatan produksi kortisol yang terus-menerus, yang pada akhirnya menekan sistem imun. Ini menjelaskan mengapa orang yang mengalami stres berat lebih rentan terhadap infeksi dan penyembuhan luka yang lebih lambat.

Pada penyakit autoimun, disregulasi hormonal dapat memperburuk reaktivitas imun. Sebagai contoh, tingginya kadar estrogen pada wanita sering dikaitkan dengan prevalensi penyakit lupus yang lebih tinggi dibandingkan pria.

Pemahaman hubungan ini membuka peluang dalam pengembangan terapi baru, seperti penggunaan hormon sintetik untuk mengatur respons imun atau penggunaan agen imunomodulator untuk menstabilkan gangguan endokrin. Contoh konkret adalah penggunaan deksametason pada kondisi inflamasi berat seperti COVID-19. Pemahaman hubungan imun-endokrin ini memberikan dasar untuk pengembangan terapi baru. Contohnya, penggunaan glukokortikoid sebagai antiinflamasi pada penyakit autoimun, atau modulator hormon estrogen pada penyakit lupus. Selain itu, terapi hormon juga dipertimbangkan dalam pengobatan immunosupresif pada transplantasi organ.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem endokrin dan sistem imun bekerja dalam jaringan komunikasi yang erat dan saling memengaruhi. Hormon-hormon seperti glukokortikoid, estrogen, dan hormon pertumbuhan memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan respons imun, baik dengan memperkuat pertahanan tubuh maupun menekan reaksi berlebihan. Gangguan pada hubungan ini dapat mengarah pada berbagai penyakit, dari autoimun hingga gangguan metabolik. Studi lebih lanjut dibutuhkan untuk mengeksplorasi potensi terapi integratif yang menargetkan jalur

imun-endokrin secara spesifik. Pendekatan interdisipliner antara imunologi, endokrinologi, dan neurologi sangat diperlukan untuk menghasilkan terapi yang lebih efektif dan personal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para Peneliti maupun penulis dalam artikel ini mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada FKIP Biologi UHAMKA yang telah membimbing dan membina kami.

REFERENSI:

- Anang, K., Setiawan, W. A., Dhionisius, D. M., & Liss, D. D. A. (2025). Peran sistem endokrin dalam regulasi fisiologis tubuh dan implikasinya terhadap kesehatan. *Jurnal Mahasiswa Ilmu Farmasi Dan Kesehatan*, 3(1), 47–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.59841/jumkes.v2i4.2184>
- Besedovsky, H. O., & del Rey, A. (2013). Immune–neuro–endocrine interactions: Facts and hypotheses. *Endocrine Reviews*, 34(1), 1–30.
- Cain, D. W., & Cidlowski, J. A. (2020). Immune regulation by glucocorticoids. *Nature Reviews Immunology*, 20(4), 233–247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41577-019-0240-6>
- Dhabhar, F. S. (2018). The short-term stress response – Mother nature’s mechanism for enhancing protection and performance under conditions of threat, challenge, and opportunity. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 49(2), 175–192.
- Elenkov, I. J., & Chrousos, G. P. (2022). Stress hormones, proinflammatory and antiinflammatory cytokines, and autoimmunity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 96(6), 290–303.
- Farha Nazilah, M. M. (2023). The Effect of Problem Based Learning Models on Interpersonal Intelligence and Student Learning Outcomes in Science Subjects. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7089–7096.
- Furman, D., Campisi, J., Verdin, E., et al. (2019). Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span. *Nature Medicine*, 25(12), 1822–1832. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41591-019-0675-0>
- Klein, S. L., & Flanagan, K. L. (2020). Sex differences in immune responses. *Nature Reviews Immunology*, 16(10), 626–638. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41577-020-0348-0>
- Mayarni, E. N. (2021). Critical and Analytical Thinking Skill in Ecology Learning: A Correlational Study. *Journal of Biological Education Indonesia (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 7(1), 63–70.
- Munhoz, C. D., & Garcia-Bueno, B. (2021). The role of glucocorticoids in neuroinflammation. *Current Opinion in Pharmacology*, 5(7), 47–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coph.2021.01.002>

- Putri, M., & Santoso, I. (2023). Gangguan sistem endokrin pada sindrom Cushing. *Jurnal Kedokteran Tropis*, 9(4), 234–245.
- Rahayu, S. P. (2020). Interaksi sistem saraf dan endokrin dalam homeostasis. *Jurnal Fisiologi*, 15(1), 78–85.
- Rahman, A., & Lestari, P. (2021). Studi literatur: Sistem endokrin dan penyakit metabolik. *Jurnal Ilmu Kesehatan Indonesia*, 13(1), 54–63.
- Rezaei, N., & Aghaei, A. (2023). Immunoendocrinology: A novel perspective in disease pathogenesis and therapy. *Frontiers in Immunology*, 1(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1124567>
- Saraswati, R. (2020). Peran hormon reproduksi dalam siklus menstruasi. *Jurnal Kesehatan Wanita*, 6(2), 88–95.
- Straub, R. H. (2014). Interaction of the endocrine system with inflammation: a function of energy and volume regulation. *Arthritis Research & Therapy*, 16(1), 203.
- Sumarni, D., & Purnomo, H. (2021). Terapi hormon untuk gangguan tiroid. *Jurnal Terapi Medis*, 5(4), 150–160.
- Supriyanto, T., & Kurnia, A. (2022). Kortisol dan implikasinya terhadap kesehatan. *Jurnal Endokrinologi Dan Metabolisme*, 9(3), 200–210.
- Suryadi, T., & Aminah, R. (2022). Diabetes melitus dan regulasi insulin: Perspektif klinis. *Jurnal Kesehatan Nasional*, 12(3), 145–156.
- Weigent, D. A. (2013). Immunoregulatory properties of growth hormone and insulin-like growth factor-I. *Journal of Neuroimmunology*, 12(3), 1–9.