

Mekanisme Kerja Otak Dan Sistem Syaraf

Zul Akhyar¹, Dasrizal Dahlan², Ahmad Lahmi³, Rosniati Hakim⁴, Julhadi⁵

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Corresponding Author Zul Akhyar, E-Mail: Zakhyar92@gmail.com

Published: July, 2025

ABSTRACT

Sistem saraf manusia merupakan jaringan kompleks yang terdiri dari sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang) serta sistem saraf tepi, berfungsi sebagai pusat kendali seluruh aktivitas tubuh. Otak, sebagai organ utama, terbagi menjadi cerebrum (fungsi kognitif dan emosi), cerebellum (koordinasi motorik), dan batang otak (fungsi vital), yang bekerja secara terintegrasi melalui komunikasi antar neuron. Sistem saraf mengatur fungsi sensorik, motorik, kognitif, dan homeostasis tubuh dengan bantuan neurotransmitter seperti dopamin, serotonin, dan GABA. Gangguan pada keseimbangan neurotransmitter atau struktur saraf dapat menyebabkan penyakit neurologis, seperti skizofrenia, epilepsi, atau autisme, sehingga pemahaman mendalam tentang mekanisme ini penting untuk pengembangan terapi.

Neuron sebagai unit fungsional sistem saraf berkomunikasi melalui sinapsis, didukung oleh sel glia yang menjaga kestabilan lingkungan saraf. Sistem saraf juga memiliki kemampuan neuroplastisitas, memungkinkan adaptasi, pembelajaran, dan pemulihan dari kerusakan. Penelitian neurosains terus berkembang untuk mengungkap mekanisme molekuler dan seluler sistem saraf, membuka peluang terapi inovatif bagi gangguan neurologis. Pemahaman tentang keterkaitan otak, sistem saraf tepi, dan fungsi tubuh sangat penting dalam bidang kesehatan, pendidikan, dan rehabilitasi untuk meningkatkan kualitas hidup manusia.

Keywords: Kerja Otak, Sistem Syaraf dan Mekanisme.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Sistem saraf merupakan jaringan komunikasi dan regulasi yang sangat kompleks dalam tubuh manusia, yang memiliki tiga fungsi dasar yaitu motorik, sensorik, dan integrasi. Fungsi motorik mengatur gerakan tubuh, sensorik menerima rangsangan dari lingkungan, dan integrasi memproses informasi untuk menghasilkan respon yang tepat. Sistem saraf terdiri dari miliaran neuron yang tersusun dalam dua bagian utama, yaitu sistem saraf pusat (SSP) yang meliputi otak dan sumsum tulang belakang, serta sistem saraf tepi yang menghubungkan SSP dengan seluruh tubuh.

Otak sebagai pusat kendali utama dalam sistem saraf pusat memiliki peran vital dalam mengatur berbagai fungsi tubuh dan pikiran. Otak menerima informasi sensorik, memprosesnya, dan mengirimkan perintah motorik yang memungkinkan manusia berinteraksi dengan lingkungan secara efektif. Kompleksitas otak terlihat dari struktur neuron yang sangat banyak dan hubungan sinaptik yang rumit, dengan sekitar 100 miliar neuron dan triliunan koneksi yang memungkinkan fungsi kognitif, sensorik, dan motorik berjalan secara harmonis.

Perkembangan sistem saraf pada tahap awal organogenesis sangat penting karena menentukan kemampuan fungsi tubuh secara keseluruhan. Proses ini melibatkan diferensiasi sel progenitor menjadi neuron dan sel glia, yang dipengaruhi oleh berbagai sinyal molekuler dan faktor pertumbuhan. Gangguan pada tahap ini dapat menyebabkan kelainan serius seperti spina bifida atau anensefalus, sehingga pemahaman mekanisme perkembangan sistem saraf sangat krusial untuk pencegahan dan terapi gangguan neurologis.

Sistem saraf pusat terdiri dari otak dan medula spinalis, yang berfungsi sebagai pusat integrasi dan pengendalian aktivitas tubuh. Sistem saraf tepi terdiri dari saraf kranial dan spinal, yang menghubungkan sistem saraf pusat dengan organ dan jaringan tubuh. Sistem saraf tepi dibagi menjadi sistem saraf somatik yang mengatur aktivitas otot sadar dan sistem saraf otonom yang mengontrol fungsi tubuh tidak sadar seperti detak jantung dan pencernaan.

Otak terbagi menjadi beberapa bagian utama yang memiliki fungsi spesifik, seperti cerebrum yang mengatur fungsi kognitif dan emosi, cerebellum yang mengontrol keseimbangan dan koordinasi motorik, serta batang otak yang mengatur fungsi vital seperti pernapasan dan detak jantung. Setiap bagian otak bekerja secara terintegrasi untuk memastikan fungsi tubuh berjalan optimal.

Neuroplastisitas merupakan kemampuan otak untuk berubah dan beradaptasi sepanjang hidup sebagai respons terhadap pengalaman dan rangsangan lingkungan. Penemuan ini menunjukkan bahwa otak bukanlah organ statis, melainkan dinamis yang terus berkembang dan bertransformasi, memungkinkan pembelajaran, memori, dan pemulihan dari kerusakan saraf. Kompleksitas sistem saraf memungkinkan manusia melakukan fungsi kognitif yang tinggi, seperti berpikir abstrak, mengingat, merasakan, dan mengambil keputusan yang kompleks. Hal ini membedakan manusia dari makhluk hidup lain dan menjadi dasar kemampuan intelektual serta sosial manusia.

Selain fungsi kognitif, sistem saraf juga berperan dalam pengaturan homeostasis tubuh, termasuk pengendalian detak jantung, pernapasan, tekanan darah, dan fungsi organ vital lainnya. Sistem saraf otonom secara otomatis menjaga keseimbangan internal tubuh agar tetap stabil meskipun terjadi perubahan lingkungan. Gangguan pada sistem saraf dapat menyebabkan berbagai penyakit neurologis dan neurodegeneratif, sehingga pemahaman mendalam mengenai mekanisme perkembangan dan fungsi sistem saraf sangat penting untuk pengembangan terapi yang efektif. Penelitian terkini berfokus pada identifikasi jalur molekuler dan sel progenitor yang berperan dalam diferensiasi neuron untuk membuka peluang terapi baru.

Sistem saraf pusat sebagai pusat pengendali tubuh berfungsi mengintegrasikan rangsangan sensorik dan menghasilkan respon motorik yang tepat, memungkinkan adaptasi tubuh terhadap perubahan lingkungan secara cepat dan terkoordinasi. Fungsi ini sangat penting untuk kelangsungan hidup dan interaksi manusia dengan dunia luar. Selain fungsi motorik dan sensorik, sistem saraf juga mengatur aktivitas mental dan emosional yang mempengaruhi kualitas hidup dan interaksi sosial

manusia. Otak mengelola emosi, motivasi, dan perilaku yang menjadi dasar pembentukan karakter dan kepribadian individu.

Kompleksitas dan keunikan sistem saraf manusia menjadikannya fokus utama dalam berbagai bidang ilmu, termasuk neurosains, psikologi, dan kedokteran. Studi tentang struktur dan fungsi sistem saraf membantu memahami hubungan antara otak, perilaku, dan kesehatan mental, serta mengembangkan intervensi klinis yang lebih efektif. Sistem saraf juga berperan dalam pengolahan informasi sensorik yang sangat kompleks, seperti pengenalan ukuran, bentuk, dan tekstur objek melalui area asosiasi sensorik somatik di korteks otak. Area ini memungkinkan manusia memahami dan merespon lingkungan secara akurat dan efisien.

Peran korteks cerebral sangat penting dalam pengaturan fungsi tubuh yang cepat, seperti kontraksi otot dan sekresi kelenjar endokrin. Sistem saraf mengatur fungsi-fungsi ini secara terkoordinasi sehingga tubuh dapat merespon rangsangan dengan tepat waktu dan sesuai kebutuhan. Oleh karena itu, penelitian dan pemahaman yang mendalam mengenai otak dan sistem saraf sangat krusial untuk meningkatkan kualitas kesehatan manusia, mengembangkan terapi gangguan neurologis, serta memajukan ilmu pengetahuan tentang fungsi tubuh dan perilaku manusia secara keseluruhan. Upaya ini membuka peluang besar dalam bidang neurosains dan kedokteran modern.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengertian Otak dan Sistem Saraf

Otak adalah organ utama dalam sistem saraf pusat yang berfungsi sebagai pusat pengendali dan pengolahan informasi dalam tubuh manusia. Menurut Wulandari dan Soviya (2022), otak terdiri dari miliaran neuron yang saling berhubungan melalui sinapsis, memungkinkan komunikasi yang sangat kompleks untuk mengatur fungsi motorik, sensorik, kognitif, dan emosional. Otak manusia terbagi menjadi beberapa bagian utama, seperti korteks prefrontal yang mengatur fungsi eksekutif, sistem limbik yang mengelola emosi dan memori, serta batang otak yang mengontrol fungsi vital seperti pernapasan dan detak jantung (Bear et al., 2020). Selain itu, otak terlindungi oleh tengkorak dan membran meninges yang menjaga kestabilan dan keamanan jaringan saraf pusat ini.

Sistem saraf adalah jaringan kompleks yang terdiri dari sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi, yang berfungsi mengatur komunikasi antara otak dan seluruh tubuh. Sistem saraf pusat meliputi otak dan sumsum tulang belakang sebagai pusat pengolahan informasi dan pengambilan keputusan, sedangkan sistem saraf tepi menghubungkan sistem saraf pusat dengan organ dan jaringan tubuh melalui saraf sensorik, motorik, dan otonom (Tortora & Derrickson, 2017). Fungsi utama sistem saraf mencakup penerimaan rangsangan sensorik, integrasi informasi, dan pengiriman respon motorik yang memungkinkan tubuh merespon lingkungan secara adaptif dan terkoordinasi (Purves et al., 2018).

Sistem saraf juga mengatur fungsi otomatis tubuh seperti detak jantung dan pencernaan melalui sistem saraf otonom.

Pada tingkat seluler, unit fungsional utama sistem saraf adalah neuron, yang terdiri dari badan sel, dendrit, dan akson. Neuron berperan dalam penghantaran impuls listrik yang memungkinkan komunikasi antar bagian tubuh dan otak. Selain neuron, sel glia juga berperan penting sebagai pendukung, pelindung, dan penyedia nutrisi bagi neuron serta menjaga homeostasis lingkungan jaringan saraf (Wulandari et al., 2022). Neurosains menjelaskan bahwa interaksi kompleks antara neuron dan sel glia ini membentuk dasar bagi fungsi otak yang meliputi pembelajaran, memori, dan regulasi emosi (Schneider, 2011).

Teori neurosains menegaskan bahwa otak dan sistem saraf tidak hanya berfungsi sebagai pusat kendali motorik dan sensorik, tetapi juga sebagai pusat pengatur fungsi kognitif dan emosional yang kompleks. Menurut Taruna Ikrar (2023), otak mengandung berbagai area fungsional seperti korteks prefrontal untuk pengambilan keputusan, sistem limbik untuk pengaturan emosi, dan amigdala yang berperan dalam respons emosional (Taruna Ikrar, 2023). Neurosains juga mengkaji neuroplastisitas, yaitu kemampuan otak untuk beradaptasi dan berubah sepanjang hidup sebagai respons terhadap pengalaman dan pembelajaran, yang menjadi dasar penting dalam pendidikan dan perkembangan manusia (Fafiyah, 2022). Dengan demikian, pemahaman tentang otak dan sistem saraf sangat penting untuk mengembangkan intervensi dalam pendidikan, kesehatan, dan perilaku manusia.

Klasifikasi Sistem Saraf

Sistem Saraf Pusat (SSP)

Sistem Saraf Pusat terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang yang berfungsi sebagai pusat pengolahan dan pengendalian seluruh aktivitas tubuh. Otak terbagi menjadi beberapa bagian utama seperti serebrum, serebelum, dan batang otak, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam mengatur fungsi motorik, sensorik, dan kognitif. Struktur SSP dilindungi oleh tulang tengkorak dan selaput meninges yang menjaga keamanan jaringan saraf pusat dari kerusakan eksternal.

Unit fungsional utama SSP adalah neuron yang membentuk jaringan kompleks untuk menghantarkan impuls listrik. Neuron di SSP diklasifikasikan menjadi multipolar, bipolar, dan unipolar, yang masing-masing berperan dalam transmisi sinyal saraf. Selain neuron, sel glia berfungsi sebagai pendukung dan pelindung neuron serta menjaga homeostasis lingkungan jaringan saraf.

SSP berperan penting dalam mengintegrasikan rangsangan sensorik dan menghasilkan respon motorik yang tepat. Otak mengatur fungsi sadar dan tidak sadar, termasuk pengaturan emosi, motivasi, serta fungsi vital seperti pernapasan dan detak jantung melalui batang otak. Dengan demikian, SSP merupakan pusat kendali utama yang mengoordinasikan seluruh aktivitas tubuh secara efektif.

Sistem Saraf Tepi (SST)

Sistem Saraf Tepi terdiri dari saraf kranial dan saraf spinal yang menghubungkan sistem saraf pusat dengan seluruh tubuh. SST berfungsi sebagai jalur komunikasi dua arah, mengirimkan informasi sensorik dari reseptor ke SSP dan meneruskan perintah motorik dari SSP ke otot dan kelenjar. SST dibagi menjadi sistem saraf somatik yang mengontrol aktivitas otot sadar dan sistem saraf otonom yang mengatur fungsi organ internal secara tidak sadar.

Saraf sensorik pada SST mengirimkan rangsangan dari reseptor sensorik ke otak dan sumsum tulang belakang untuk diproses. Saraf motorik meneruskan perintah dari SSP ke otot rangka untuk menghasilkan gerakan sadar. SST juga berperan dalam pengaturan refleks yang melibatkan sumsum tulang belakang sebagai pusat refleks tubuh.

SST menjaga komunikasi antara otak dan organ tubuh, sehingga memungkinkan fungsi tubuh berjalan normal dan terkoordinasi. Ganglia yang terdapat di sepanjang saraf tepi berfungsi sebagai pusat pengolahan lokal yang mempercepat respon saraf, menjembatani fungsi sadar dan tidak sadar dalam tubuh manusia.

Sistem Saraf Otonom (SSO)

Sistem Saraf Otonom adalah bagian dari sistem saraf tepi yang mengatur fungsi organ-organ internal secara otomatis tanpa kesadaran manusia. SSO terdiri dari dua cabang utama, yaitu sistem saraf simpatis dan parasimpatis yang bekerja secara antagonis untuk menjaga homeostasis tubuh. Sistem saraf simpatis mempersiapkan tubuh untuk respon “fight or flight”, sedangkan parasimpatis berperan dalam fungsi “rest and digest”.

Ganglion pada SSO berperan sebagai pusat pemrosesan sinyal yang terletak di luar sistem saraf pusat. Pada sistem saraf simpatis, ganglion berada di sepanjang tulang belakang dengan urat saraf preganglion pendek, sedangkan pada parasimpatis ganglion terletak dekat dengan organ target dengan urat preganglion panjang. Struktur ini memungkinkan SSO mengatur fungsi organ secara efisien dan responsif.

Fungsi utama SSO meliputi pengaturan denyut jantung, tekanan darah, pernapasan, sekresi kelenjar, dan aktivitas saluran pencernaan. Sistem ini bekerja tanpa kendali sadar sehingga menjaga kestabilan lingkungan internal tubuh meskipun terjadi perubahan eksternal, berperan penting dalam mempertahankan keseimbangan fisiologis manusia.

Struktur Otak

Otak Besar (Cerebrum)

Otak besar atau cerebrum merupakan bagian terbesar dari otak manusia dan bertanggung jawab atas fungsi kognitif tingkat tinggi seperti berpikir, belajar, memori, bahasa, dan emosi. Cerebrum terbagi menjadi dua hemisfer, yaitu hemisfer kiri dan hemisfer kanan, yang dihubungkan oleh korpus kalosum

yang memungkinkan komunikasi dan koordinasi antar keduanya. Masing-masing hemisfer terdiri dari empat lobus utama, yaitu lobus frontal, parietal, temporal, dan oksipital, yang memiliki fungsi spesifik namun saling terintegrasi.

Lobus frontal berperan dalam fungsi eksekutif seperti perencanaan, pengambilan keputusan, pengendalian impuls, dan memori kerja. Lobus parietal bertanggung jawab atas pemrosesan informasi sensorik seperti sentuhan, suhu, nyeri, dan tekanan, serta orientasi spasial. Lobus temporal terlibat dalam pemrosesan informasi auditori, memori jangka panjang, dan pemahaman bahasa, sedangkan lobus oksipital bertanggung jawab atas pemrosesan informasi visual.

Korteks serebral, lapisan luar cerebrum, terdiri dari materi abu-abu yang kaya akan badan sel neuron dan bertanggung jawab atas sebagian besar fungsi kognitif. Area asosiasi di korteks serebral mengintegrasikan informasi dari berbagai modalitas sensorik dan motorik untuk menghasilkan persepsi yang kompleks dan perilaku yang terkoordinasi. Cerebrum memungkinkan manusia memiliki kemampuan berpikir abstrak, kreativitas, dan pemecahan masalah yang kompleks.

Otak Kecil (Cerebellum)

Otak kecil atau cerebellum terletak di bagian posterior otak, di bawah lobus oksipital dan bertanggung jawab atas koordinasi gerakan motorik, keseimbangan, dan postur tubuh. Cerebellum menerima input dari korteks motorik, sumsum tulang belakang, dan organ vestibular, serta memproses informasi ini untuk menghasilkan gerakan yang halus, terkoordinasi, dan akurat. Cerebellum juga berperan dalam pembelajaran motorik dan adaptasi gerakan terhadap perubahan lingkungan.

Struktur cerebellum terdiri dari dua hemisfer serebelar yang dihubungkan oleh vermis, serta tiga lapisan kortikal, yaitu lapisan granular, lapisan Purkinje, dan lapisan molekuler. Sel Purkinje merupakan neuron utama di korteks serebelar yang menerima input dari sel granular dan serat panjat, serta mengirimkan output inhibisi ke inti serebelar. Inti serebelar kemudian memproyeksikan ke berbagai area otak, termasuk korteks motorik, batang otak, dan thalamus.

Cerebellum berperan penting dalam menjaga keseimbangan dan postur tubuh melalui koordinasi otot-otot postural dan respons terhadap perubahan posisi tubuh. Kerusakan pada cerebellum dapat menyebabkan gangguan koordinasi gerakan (ataksia), tremor, dismetria (kesulitan mengukur jarak), dan disdiadokokinesia (kesulitan melakukan gerakan bergantian dengan cepat). Cerebellum memungkinkan manusia melakukan gerakan yang kompleks dan terampil dengan efisien.

Batang Otak (Brainstem)

Batang otak atau brainstem terletak di bagian dasar otak dan menghubungkan otak besar dan otak kecil dengan sumsum tulang belakang. Batang otak terdiri dari tiga bagian utama, yaitu otak tengah (midbrain), pons, dan medulla oblongata, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam mengatur fungsi vital dan refleks. Batang otak mengandung banyak inti saraf kranial yang mengontrol fungsi sensorik dan motorik kepala dan leher..

Otak tengah berperan dalam mengontrol gerakan mata, pendengaran, dan refleks visual. Pons berfungsi sebagai jembatan antara otak besar dan otak kecil, serta mengandung inti saraf kranial yang mengontrol otot wajah, pendengaran, dan keseimbangan. Medulla oblongata mengatur fungsi vital seperti pernapasan, detak jantung, tekanan darah, dan refleks seperti batuk, bersin, dan menelan.

Batang otak juga mengandung formatio retikularis, yaitu jaringan neuron yang tersebar di seluruh batang otak dan berperan dalam mengatur tingkat kesadaran, siklus tidur-bangun, dan atensi. Kerusakan pada batang otak dapat menyebabkan gangguan kesadaran, gangguan pernapasan, gangguan kardiovaskular, dan kelumpuhan. Batang otak memastikan fungsi-fungsi vital tubuh berjalan dengan baik dan memungkinkan manusia tetap hidup.

Neuron dan Transmisi Impuls Saraf

Struktur Neuron

Neuron adalah unit fungsional dasar sistem saraf yang terdiri dari badan sel (soma), dendrit, dan akson. Soma mengandung inti sel dan organel penting untuk metabolisme neuron, dendrit berfungsi menerima sinyal dari neuron lain, sedangkan akson menghantarkan impuls ke neuron atau sel efektor lainnya. Struktur neuron bermacam-macam, diklasifikasikan menjadi multipolar, bipolar, dan unipolar berdasarkan jumlah dendrit dan aksonnya, yang menentukan fungsi dan lokasi neuron dalam sistem saraf.

Neuron piramidal CA3 merupakan contoh neuron kompleks yang memiliki soma, dendrit apikal dan basal, serta akson yang berperan dalam proses memori jangka pendek dan pengkodean informasi spasial. Studi komputasi terbaru menggunakan model kabel kompartemen untuk mensimulasikan morfologi dan karakteristik lonjakan sinyal neuron ini, menunjukkan bahwa variasi arus dan konduktansi ion mempengaruhi mode firing neuron. Pemahaman morfologi dan karakteristik listrik neuron sangat penting untuk mengungkap mekanisme kerja sistem saraf dan gangguan neurologis.

Selain neuron, sel glia juga berperan penting dalam mendukung fungsi neuron dengan menyediakan nutrisi, menjaga homeostasis, dan mempercepat transmisi impuls melalui mielinisasi akson. Kompleksitas struktur neuron dan interaksinya dengan sel glia memungkinkan sistem saraf mengelola informasi secara efisien dan adaptif.

Sinaps dan Neurotransmitter

Sinaps adalah titik komunikasi antar neuron yang memungkinkan transmisi impuls secara kimiawi atau listrik. Sinaps kimia merupakan yang paling umum, di mana neurotransmitter dilepaskan dari terminal akson neuron presinaptik ke celah sinaptik, lalu berikatan dengan reseptor pada neuron postsinaptik untuk memicu respon. Sinaps listrik memungkinkan transmisi impuls langsung melalui gap junction, lebih cepat namun kurang fleksibel dibanding sinaps kimia.

Neurotransmitter utama seperti asetilkolin, dopamin, serotonin, glutamat, dan GABA memiliki peran berbeda dalam modulasi sinyal saraf. Mereka mengatur berbagai fungsi otak mulai dari mood, motivasi, hingga proses kognitif dan motorik. Gangguan produksi atau reseptor neurotransmitter dapat menyebabkan penyakit neurologis dan psikiatri.

Interaksi neurotransmitter dengan reseptor postsinaptik menghasilkan potensial postsinaptik yang dapat bersifat eksitatori atau inhibitor, menentukan apakah neuron postsinaptik akan menghasilkan potensial aksi. Mekanisme ini penting untuk integrasi sinyal dan pengolahan informasi dalam sistem saraf pusat dan tepi.

Mekanisme Propagasi Impuls

Propagasi impuls saraf terjadi melalui potensial aksi, yaitu perubahan cepat potensial membran neuron dari negatif ke positif akibat masuknya ion natrium (Na^+) dan keluarnya ion kalium (K^+). Potensial aksi dipicu ketika depolarisasi membran mencapai ambang tertentu, lalu menyebar sepanjang akson.

Pada akson bermielin, impuls melompat dari satu nodus Ranvier ke nodus berikutnya (konduksi saltatori), mempercepat kecepatan transmisi impuls dibanding akson tak bermielin yang konduksinya lambat dan kontinu. Diameter akson dan keberadaan mielin sangat mempengaruhi kecepatan konduksi impuls.

Kecepatan dan efisiensi propagasi impuls sangat penting untuk koordinasi fungsi tubuh dan respons cepat terhadap rangsangan. Gangguan pada propagasi impuls dapat menyebabkan berbagai kelainan neurologis, sehingga pemahaman mekanisme ini krusial dalam bidang neurosains dan terapi klinis.

Peran Neurotransmitter dalam Komunikasi Syaraf

Neurotransmitter adalah senyawa kimia endogen yang memungkinkan neuron berkomunikasi satu sama lain di seluruh tubuh. Mereka bertindak sebagai pembawa pesan yang mengirimkan sinyal dari satu neuron ke neuron berikutnya, memungkinkan otak untuk berkomunikasi dengan bagian tubuh lainnya dan mengatur berbagai fungsi seperti gerakan, suasana hati, dan memori. Ketika neurotransmitter dilepaskan dari satu neuron, ia melintasi celah kecil yang disebut sinaps dan berikatan dengan reseptor pada neuron berikutnya, memicu serangkaian peristiwa yang dapat mengeksitasi atau menghambat neuron tersebut, tergantung pada jenis neurotransmitter dan reseptor yang terlibat.

Salah satu peran utama neurotransmitter adalah mengatur komunikasi antara neuron. Otak bergantung pada neurotransmitter sebagai pembawa pesan untuk memungkinkan komunikasi yang tepat dan efisien antar neuron. Neurotransmitter dilepaskan dan berikatan dengan reseptor, menyampaikan sinyal yang mengatur proses termasuk perkembangan saraf, plastisitas sinaptik, dan eksitasi-inhibisi (E/I) potensial membran. Gangguan dalam keseimbangan E/I diyakini menjadi pusat

dari patogenesis berbagai gangguan neurologis, termasuk skizofrenia dan gangguan spektrum autisme (ASD) yang ditandai dengan defisit sosial, serta epilepsi.

Neurotransmitter dan neuropeptida memainkan peran penting dalam mengatur fungsi sel kekebalan, memediasi komunikasi neuron-kekebalan usus-otak dan enterik. Dalam sistem saraf pusat mamalia, transmisi sinaptik eksitatori terutama didorong oleh neurotransmitter glutamat, yang bekerja pada reseptor glutamat ionotropik eksitatori, sementara transmisi sinaptik inhibitor terutama dimediasi oleh asam γ -aminobutirat (GABA) atau glisin, yang bekerja pada reseptor GABAA ionotropik inhibitor (GABAAR) atau reseptor glisin (GlyR). Peningkatan bukti, bagaimanapun, mengungkapkan bahwa neurotransmitter dapat berikatan dengan reseptor di luar pasangan konvensional mereka seperti yang disebutkan sebelumnya dalam kondisi tertentu.

Interaksi neurotransmitter-reseptor ini melampaui target tradisional mereka, yang mengarah pada fenomena yang disebut crosstalk neurotransmitter-reseptor. Dalam crosstalk antara neurotransmitter yang berbeda, ligan yang cocok silang secara konsisten bertindak dalam arah yang sama dengan neurotransmitter ortosterik. Tindakan sinergis yang diamati dalam crosstalk antara neurotransmitter yang berbeda ini mungkin memiliki implikasi fisiologis dan fungsional penting untuk sirkuit saraf. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme crosstalk neurotransmitter-reseptor akan menginformasikan pengembangan strategi terapeutik untuk mengobati gangguan sosial yang terkait dengan ketidakseimbangan E/I.

Keterkaitan Otak dengan Sistem Saraf dalam Fungsi Tubuh

Otak dan sistem saraf merupakan pusat pengendali utama yang mengatur seluruh fungsi tubuh manusia melalui mekanisme yang kompleks dan terintegrasi. Fungsi sensorik dimulai dari reseptor yang menerima rangsangan dari lingkungan eksternal maupun internal, kemudian informasi ini diteruskan melalui sistem saraf tepi ke sistem saraf pusat, khususnya otak, untuk diproses dan diinterpretasikan. Proses ini memungkinkan manusia untuk merasakan dan memahami lingkungan sekitar serta kondisi internal tubuh, sehingga dapat merespon secara tepat dan adaptif.

Fungsi motorik merupakan respons yang dihasilkan oleh otak dan sistem saraf sebagai hasil dari pemrosesan informasi sensorik. Otak mengirimkan sinyal melalui sistem saraf tepi ke otot rangka untuk melakukan gerakan sadar, serta ke otot polos dan kelenjar melalui sistem saraf otonom untuk mengatur fungsi tubuh yang tidak disadari seperti detak jantung dan pencernaan. Koordinasi motorik ini melibatkan berbagai area otak seperti korteks motorik, serebelum, dan batang otak yang bekerja sinergis untuk menghasilkan gerakan yang halus, terkontrol, dan sesuai kebutuhan.

Selain fungsi sensorik dan motorik, otak juga mengatur fungsi kognitif yang meliputi proses berpikir, memori, pengambilan keputusan, dan pengaturan emosi. Area prefrontal korteks bertanggung jawab atas fungsi eksekutif seperti perencanaan dan pengambilan keputusan, sementara sistem limbik mengelola emosi dan memori. Fungsi kognitif ini memungkinkan manusia untuk belajar, beradaptasi,

dan berinteraksi sosial secara kompleks, yang merupakan hasil integrasi sinyal saraf yang sangat dinamis di otak.

Neurosains modern menjelaskan bahwa otak bekerja sebagai pusat integrasi dan pengolahan informasi yang sangat kompleks, di mana neuron-neuron saling berinteraksi melalui sinapsis untuk mengkoordinasikan fungsi sensorik, motorik, dan kognitif secara simultan. Setiap fungsi ini tidak berdiri sendiri, melainkan saling berhubungan dan saling mempengaruhi dalam menjaga keseimbangan dan kelangsungan hidup manusia.

Dalam konteks pendidikan dan perkembangan manusia, pemahaman tentang keterkaitan otak dan sistem saraf dalam fungsi tubuh sangat penting. Neurosains mengungkapkan bahwa proses belajar dan pembelajaran sangat dipengaruhi oleh aktivitas otak dan sistem saraf, terutama dalam hal pengolahan informasi sensorik, pengendalian motorik, dan pengembangan fungsi kognitif. Oleh karena itu, pendekatan pendidikan yang mempertimbangkan aspek neurosains dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran dan perkembangan peserta didik.

Secara keseluruhan, keterkaitan antara otak dan sistem saraf dalam fungsi sensorik, motorik, dan kognitif menunjukkan betapa kompleks dan terintegrasinya sistem saraf manusia. Gangguan pada salah satu fungsi ini dapat menyebabkan disfungsi neurologis yang mempengaruhi kualitas hidup. Oleh karena itu, penelitian dan pemahaman mendalam tentang mekanisme kerja otak dan sistem saraf sangat penting dalam bidang kesehatan, pendidikan, dan rehabilitasi.

KESIMPULAN

Sistem saraf manusia merupakan jaringan kompleks yang terdiri dari sistem saraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang) serta sistem saraf tepi, berfungsi sebagai pusat kendali seluruh aktivitas tubuh. Otak sebagai organ utama memiliki struktur dan fungsi yang sangat spesifik, meliputi cerebrum (fungsi kognitif dan emosi), cerebellum (koordinasi motorik), dan batang otak (fungsi vital). Sistem saraf bekerja melalui komunikasi antar neuron yang melibatkan neurotransmitter, memungkinkan pengaturan fungsi sensorik, motorik, kognitif, dan homeostasis tubuh secara terintegrasi.

Neuron sebagai unit fungsional sistem saraf berperan dalam transmisi impuls melalui sinapsis, didukung oleh sel glia yang menjaga kestabilan lingkungan saraf. Neurotransmitter seperti dopamin, serotonin, dan GABA mengatur komunikasi antarneuron, memengaruhi proses kognitif, emosi, dan perilaku. Gangguan pada keseimbangan neurotransmitter atau struktur saraf dapat menyebabkan penyakit neurologis dan psikiatrik, seperti skizofrenia, epilepsi, atau gangguan spektrum autisme, sehingga pemahaman mendalam tentang mekanisme ini penting untuk pengembangan terapi.

Secara keseluruhan, sistem saraf manusia menunjukkan kompleksitas dan adaptabilitas yang tinggi melalui neuroplastisitas, memungkinkan pembelajaran, memori, dan pemulihan dari kerusakan. Keterkaitan antara otak, sistem saraf tepi, dan organ tubuh menjamin respons cepat terhadap lingkungan serta pengaturan fungsi vital. Penelitian neurosains terus berkembang untuk mengungkap

mekanisme molekuler dan seluler sistem saraf, membuka peluang terapi inovatif bagi gangguan neurologis dan peningkatan kualitas hidup manusia.

DAFTAR PUSTAKA

Azizah, Siti Nur & Anis Yuniati. Studi Komputasi: Analisis Morfologi dan Karakteristik Lonjakan Sinyal Neuron Piramidal CA3 Berdasarkan Variasi Nilai Arus dan Konduktansi. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Terapan Volume 1, 2023.

Cahyadi, Mardiah Mardiah, Syaifuddin Sabda & Ani. ebsite: <http://jonedu.org/index.php/joe> Analisis Relevansi Neurosains dengan Pembelajaran dan Kesehatan Spiritual, Journal on Education Vol. 04, No. 04, 2022.

Christine, Lisa. The role of neurotransmitters in brain function and communication, Citation: Christine Lisa. The role of neurotransmitters in brain function and communication. Biol Med Case Rep. Vol. 7, No. 1, 2023.

Chai, Anping. Pleiotropic neurotransmitters: neurotransmitter-receptor crosstalk regulates excitation-inhibition balance in social brain functions and pathologies, Frontiers In Neuroscience 2025.

Ikrar, Taruna. (2016), Ilmu Neurosains Modern, Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Jurnal Transformation of Mandalika, "Kompleksitas Otak Manusia Serta Peranannya Dalam Kehidupan", 2023.

Kartini Dkk, (2024), Dasar-Dasar Ilmu Biomedik Struktur Dan Fungsi, Kendari: Cv.Eureka Media Aksara.

Kusuma, Aurah Melati. Musik sebagai Sarana Terapi dalam Pendidikan: Perspektif Neuroscience dan Neuroeducation, Jurnal Seni, Desain dan Pembelajarannya, Vol. 7, No. 1, 2025.

Kusumorini, Puput Fuji Aslamiah, Pundy Vidiapuri dan Astuti. Mekanisme Perkembangan Sistem Saraf pada Tahap Organogenesis Awal. Polygon: Jurnal Ilmu Komputer dan Ilmu Pengetahuan Alam Vol. 3 No. 1, 2025.

Meutia, Syalwa dkk. Sistem Saraf Pusat dan Perifer, Medula Vol. 11, No. 3, 2021. Kartini dkk, (2024), Dasar-Dasar Ilmu Biomedik Struktur Dan Fungsi, Kendari: Cv.Eureka Media Aksara.

Sarifuddin, Muhamad. Kompleksitas Otak Manusia Serta Peranannya Terhadap Kemampuan Berbahasa. Journal Transformation Of Mandalika. Vol. 4, No. 2, 2023.

Susanti, Salamah Eka. Pembelajaran Anak Usia Dini Dalam Kajian Neurosains. Trilogi: Jurnal Ilmu Teknologi, Kesehatan, Dan Humaniora, Vol. 2, No. 1, 2021.

Siddiqui, "Memahami Mekanisme Otak Dan Kontrol Diri Remaja", Jurnal Ners Universitas Pahlawan, 2008.

Suryana, Wiwik Damayanti, Sutarto & Ermis. Teori Neurosciense Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. Jurnal Literasiologi, Volume 10 Nomor 1.

Suryana, Wiwik Damayanti, Sutarto & Ermis. Teori Neurosciense Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. Jurnal Literasiologi, Volume 10 Nomor 1.

Wulan, Adinda Retno Dkk. Sistem Saraf Manusia Dalam Perspektif Al-Qur'an. Jurnal Cahaya Mandalika (Jcm).

Zulkifli Dkk, Mekanisme Kerja Otak Dan Sistem Saraf: Perspektif Neurosainspendidikan Islam, Menara Ilmu: Jurnal Penelitian Dan Kajian Ilmiah, Vol. 19 No. 1, 2025. Siddiqui, "Memahami Mekanisme Otak Dan Kontrol Diri Remaja", Jurnal Ners Universitas Pahlawan, 2008.