



IMUNOLOGI

Tim Penulis:

**Prima Nanda Fauziah, Meillisa Carlen Mainassy, Inem Ode, Rangga Idris Affandi,
Fibe Yulinda Cesa, Faiqah Umar, Kadeq Novita Prajawanti, Martina Kurnia Rohmah,
Ami Febriza Achmad, Abdul Rahim, Bagus Dwi Hari Setyono,
Godeliva Adriani Hendra, Lulu Setiyabudi.**

IMUNOLOGI

Tim Penulis:

**Prima Nanda Fauziah, Meillisa Carlen Mainassy, Inem Ode, Rangga Idris Affandi,
Fibe Yulinda Cesa, Faiqah Umar, Kadeq Novita Prajawanti, Martina Kurnia Rohmah,
Ami Febriza Achmad, Abdul Rahim, Bagus Dwi Hari Setyono,
Godeliva Adriani Hendra, Lulu Setiyabudi.**

IMUNOLOGI

Tim Penulis:

**Prima Nanda Fauziah, Meillisa Carlen Mainassy, Inem Ode, Rangga Idris Affandi,
Fibe Yulinda Cesa, Faiqah Umar, Kadeq Novita Prajawanti, Martina Kurnia Rohmah,
Ami Febriza Achmad, Abdul Rahim, Bagus Dwi Hari Setyono,
Godeliva Adriani Hendra, Lulu Setiyabudi.**

Desain Cover:

Septian Maulana

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Evi Damayanti

ISBN:

978-623-459-486-7

Cetakan Pertama:

Juni, 2023

Tanggung Jawab Isi, pada Penulis

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA BHAKTI PERSADA BANDUNG

(Grup CV. Widina Media Utama)

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 360/JBA/2020

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: @penerbitwidina

Telepon (022) 87355370

KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang teramat dalam dan tiada kata lain yang patut kami ucapkan selain mengucap rasa syukur. Karena berkat rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, buku yang berjudul Imunologi telah selesai di susun dan berhasil diterbitkan, semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih keilmuan dan penambah wawasan bagi siapa saja yang memiliki minat terhadap pembahasan Imunologi.

Buku ini merupakan salah satu wujud perhatian penulis terhadap Imunologi. Imunitas seringkali dikaitkan dengan kemampuan tubuh seseorang dalam merespon adanya serangan dari luar tubuh, baik itu patogen maupun senyawa-senyawa asing lainnya (antigen) yang menimbulkan respon dalam tubuh. Ada banyak sekali sistem imun yang kompleks dan banyak berkontribusi untuk menciptakan kekebalan tubuh agar mampu melawan serangan sehingga tubuh bisa terhindar dari berbagai penyakit. Tentunya, setiap serangan akan melibatkan sistem imunitas yang berbeda-beda, sel dan molekul yang bertugas dalam memberikan sinyal perlawanan juga unik dan menarik.

Dalam buku ini banyak dibahas mengenai konsep dasar imunologi, imunitas adaptif dan innate. Ke -13 BAB disusun secara komprehensif dengan bahasa yang mudah dipahami. Selain itu dalam pembahasannya, perlu juga pemahaman lebih lanjut mengenai cara kerja sel B dan sel T dari mulai proses pengenalan, pematangan, hingga penyakit-penyakit yang mungkin terjadi apabila sel-sel atau molekul mengalami malfungsi sehingga menimbulkan penyakit salah satunya penyakit hipersensitif dan autoimun.

Akan tetapi pada akhirnya kami mengakui bahwa tulisan ini terdapat beberapa kekurangan dan jauh dari kata sempurna, sebagaimana pepatah menyebutkan “tiada gading yang tidak retak” dan sejatinya kesempurnaan hanyalah milik tuhan semata. Maka dari itu, kami dengan senang hati secara terbuka untuk menerima berbagai kritik dan saran dari para pembaca sekalian, hal tersebut tentu sangat diperlukan sebagai bagian dari upaya kami untuk terus melakukan perbaikan dan penyempurnaan karya selanjutnya di masa yang akan datang.

Terakhir, ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan turut andil dalam seluruh rangkaian proses penyusunan dan penerbitan buku ini, sehingga buku ini bisa hadir di hadapan sidang pembaca. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat memberikan kontribusi bagi pembangunan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Juni, 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1 KONSEP DASAR IMUNOLOGI.....	1
A. Dasar Immunologi	3
B. Fagositosis.....	6
C. Antibodi dan Terapi Serum.....	6
D. Immunologi Serologi Metode Immunokromatografi.....	10
BAB 2 RESPON IMUN.....	13
A. Pengantar	13
B. Respon Imun Non Spesifik (<i>Innate Immunity</i>)	14
C. Respon Imun Spesifik	16
D. Komponen Sistem Imun	17
E. Fungsi Respon Imun	17
F. Penyimpanan Sistem Imun	18
G. Faktor Pengubah Mekanisme Imun.....	18
H. Penutup	20
BAB 3 SISTEM KEKEBALAN BAWAAN (<i>INNATE IMMUNITY</i>)	21
A. Pengantar	21
B. Komponen Sistem Imun Bawaan	22
C. Strategi Pengenalan Imun Bawaan	31
D. Penutup	33
BAB 4 <i>RESPONSE INNATE</i>.....	35
A. Pengantar	35
B. Reseptor Pengenalan Pola Dalam Imunitas Bawaan.....	35
C. Mediator Terlarut Dari Sistem Imun Bawaan	36
D. Respon Imun Bawaan Terhadap Patogen.....	39
E. Penutup	45
BAB 5 PENGENALAN ANTIGEN OLEH SEL B DAN SEL T	47
A. Pengantar	47
B. <i>Antigen Presenting Cells</i> (APC)	48
C. Pengenalan Antigen Oleh Sel B	49
D. Pengenalan Antigen Oleh Sel T	52
E. Penutup	54
BAB 6 PEMBENTUKAN RESEPTOR ANTIGEN DAN PRESENTASI ANTIGEN	55
A. Pengantar	55

B. Famili Reseptor Imun.....	56
C. Reseptor Antigen Permukaan Pada Sel B (BCR).....	60
D. Reseptor Antigen Permukaan Pada Sel T (TCR).....	64
E. Reseptor Sel NK.....	69
F. <i>Molekul Major Histocompatibility Complex (MHC)</i>	72
BAB 7 PEMATANGAN LIMFOSIT T.....	75
A. Pengantar.....	75
B. Pematangan Sel T.....	76
C. Seleksi Klonal.....	78
D. Aktivasi Sel T.....	79
E. Subset Sel T.....	82
F. Penutup.....	85
BAB 8 SISTEM IMUN ADAPTIF IMUNITAS YANG DIMEDIASI OLEH SEL T.....	87
A. Pengantar.....	87
B. Aktivasi Sel T.....	88
C. Persinyalan Reseptor Sel T.....	90
D. Fungsi Efektor Sel T.....	93
E. Sel T Memori.....	103
F. Efek Superantigen Pada Sel T.....	104
BAB 9 SISTEM IMUN HUMORAL.....	107
A. Pengantar.....	107
B. Antibodi.....	107
C. Tahapan dan Tipe Respon Imun Humoral.....	109
D. Respon Primer dan Respon Sekunder Pada Imunitas Humoral.....	111
E. Stimulasi Limfosit B Oleh Antigen.....	112
F. Peran Komplemen Dalam Aktivasi Sel B.....	114
G. Penutup.....	115
BAB 10 DINAMIKA RESPON IMUN SPESIFIK/ADAPTIF/ ADAPTIVE IMMUNE RESPONSE.....	117
A. Pengantar.....	117
B. Mengenal Imunitas Adaptif.....	118
C. Karakteristik Respon Imun Spesifik/Adaptif.....	119
D. Komponen Respon Imun Spesifik/Adaptif.....	120
E. Komponen dan Struktur Antibodi.....	121
F. Dinamika Respon Antibodi.....	121
G. Respon Imun Memori.....	121
H. Ringkasan.....	122

BAB 11 SISTEM IMUN MUKOSA	123
A. Galt.....	126
B. Balt/Nalt.....	130
C. Respon Imun Pada Minor Malt	133
BAB 12 PERANAN SISTEM IMUN DALAM	
KESEHATAN DAN PENYAKIT	137
A. Pengantar	137
B. Cara Kerja Sistem Imun	137
C. Bagaimana Sistem Imun Bisa Salah?.....	138
D. Immunodefisiensi.....	138
E. Immunodefisiensi Primer	138
F. Immunodefisiensi Sekunder.....	139
G. Penyakit Autoimun	139
H. Patofisiologi Penyakit Autoimun	140
I. Cara Kerja Sistem Imun Pada Diabetes Melitus Tipe 2.....	141
J. Cara Kerja Sistem Imun Pada Diabetes Melitus Tipe 1.....	142
K. Penutup	142
BAB 13 REAKSI HIPERSENSITIVITAS DAN AUTOIMUN	145
A. Pendahuluan.....	145
B. Reaksi Hipersensitivitas Tipe I	147
C. Reaksi Hipersensitivitas Tipe II.....	151
D. Reaksi Hipersensitivitas Tipe III.....	153
E. Reaksi Hipersensitivitas Tipe IV	157
F. Autoimun.....	159
DAFTAR PUSTAKA.....	160
PROFIL PENULIS	166



KONSEP DASAR IMUNOLOGI

Keberadaan organisme, seperti tumbuhan, hewan dan manusia selalu dihadapkan dengan kondisi bahaya yang mengancam dari dunia luar. Ahli filsafat kuno yaitu Aristoteles di zaman kuno dan Paracelsus di zaman pembaharuan telah sampai pada suatu kesimpulan bahwa: "*hewan, tumbuhan termasuk manusia walaupun nampaknya sangat rumit karena terdiri atas beberapa unsur yang selalu terulang dalam tiap tubuh mahluk hidup*". Tahun 1858 Schleide dan Schwann mengemukakan suatu teori berdasarkan hasil-hasil penelitiannya dan teori ini dikenal dengan nama **teori sel**. Berdasarkan teori ini dikatakan bahwa "*semua mahluk hidup tersusun atau terdiri atas sel-sel*". Jadi semua mahluk hidup sebenarnya merupakan kumpulan dari sel-sel atau sel merupakan elemen dasar dari mahluk hidup. Teori sel ini merupakan teori yang sangat mendasar dalam pengembangan biologi sel termasuk di dalamnya dalam pengembangan imunologi.

Imunologi merupakan salah satu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang sistem kekebalan tubuh organisme. Sejarah imunologi dimulai lebih dari seratus tahun yang lalu oleh Louis Pasteur yang dikenal dengan sebutan *the Father of Immunology*. Louis Pasteur merupakan orang pertama yang menunjukkan peran mikroorganisme dalam proses fermentasi yang berhasil mengisolasi dan memurnikan (pasteurisasi). Kemudian, Pasteur juga menemukan mikroorganisme dalam ulat sutera yang pada waktu itu sedang menimbulkan krisis sutera di Perancis. Robert Koch ilmuwan dari Jerman merupakan orang pertama yang mengisolasi bakteri antraks, namun yang membuktikan kemampuan antraks menimbulkan penyakit adalah Pasteur. Koch juga merupakan orang pertama yang mengisolasi bakteri tuberkulosis di tahun 1882. Pasteur meneliti imunisasi antraks, kolera ayam dan rabies. Robert Konch meneliti imunitas terhadap agen infeksi lainnya. Bidang imunologi dan beberapa dasar kedokteran modern dapat dikatakan terlahir dari dua orang ilmuwan tersebut di tahun 1880-an.



RESPON IMUN

A. PENGANTAR

Sistem imun merupakan suatu fungsi kompleks yang memiliki peran dalam mempertahankan keseimbangan tubuh. Untuk melakukan fungsi imunitas, terdapat sistem limforetikuler yang merupakan kumpulan sel atau jaringan dalam tubuh misalnya pada sumsum tulang, kelenjar limfe, timus, dan lainnya. Jaringan ini merupakan kumpulan sel yang akan berespons terhadap rangsangan sesuai fungsi masing-masing (Roitt *et al.*, 2001; Abbas dan Lichtman 2003).

Konsep imunologi adalah suatu mekanisme faal yang terdapat pada manusia dan hewan sebagai kemampuan mengenal benda asing dimana sel akan melakukan netralisasi, menghilangkan, atau proses metabolisme sehingga dapat bersifat menguntungkan atau merusak jaringan sendiri. Konsep yang akan memengaruhi terdapatnya respons imun untuk mengenali keberadaan benda asing adalah sistem limforetikuler (Tizard 2004).

Tubuh akan mengalami rangsangan apabila terdapat zat yang dianggap benda asing oleh sel. Hal ini disebut antigen atau imunogen, sedangkan prosesnya merupakan suatu respons mengeluarkan antibodi. Antigen ialah kemampuan yang dapat menyebabkan terjadinya respons seluler tubuh ataupun humoral. Pada kondisi patologik dapat terjadi autoantibodi yaitu suatu kondisi dimana antibodi tidak dapat mengenali atau membedakan benda asing dari dirinya sendiri sehingga terbentuk zat yang anti jaringannya sendiri (Sharon 1998; Roitt *et al.*, 2001).

Respon imun merupakan suatu tanggapan atau respons tubuh berupa kejadian kompleks terhadap benda asing. Respons tubuh mencakup berbagai sel dan protein, yaitu makrofag, sel limfosit, komplemen dan sitokin. Beberapa tahap respon sistem imun ialah: a) deteksi dan pengenalan benda asing, b) komunikasi antar sel, c) rekrutmen dan koordinasi respon, dan 4) destruksi atau supresi invasi.



SISTEM KEKEBALAN BAWAAN (INNATE IMMUNITY)

A. PENGANTAR

Istilah kekebalan mengacu pada jumlah elemen dan mekanisme yang terlibat dalam proses perlindungan tubuh, dan imunologi terkait dengan bagaimana tubuh inang dapat membedakan elemen "*self*" dan "*non self*" dari agen lingkungan. Agen non-self dapat berupa mikroorganisme atau produknya, obat-obatan, makanan, bahan kimia, serta bahan yang berasal dari hewan seperti cilia (animal hair).

Innate immunity atau sistem kekebalan bawaan/alami merupakan sistem kekebalan non spesifik yang bereaksi terhadap semua benda asing yang masuk ke dalam tubuh. Mekanisme fisiologis kekebalan bawaan/alami ada sejak lahir, dan responsnya terhadap berbagai agen non-self tidak spesifik, sehingga mekanismenya tidak menunjukkan spesifisitas, atau dengan kata lain tidak bergantung pada pengenalan spesifik terhadap benda asing.

Kekebalan bawaan mewakili respons cepat dan stereotip terhadap sejumlah besar rangsangan tetapi terbatas. Kekebalan bawaan diwakili oleh penghalang fisik, kimia, dan biologis, sel-sel khusus dan molekul terlarut, hadir pada semua individu, terlepas dari kontak sebelumnya dengan agen penyebab atau imunogen, dan tidak berubah secara kualitatif atau kuantitatif setelah kontak. Sistem kekebalan bawaan bergantung pada reseptor untuk mendeteksi patogen yang menyerang. Dalam beberapa menit setelah paparan patogen, sistem kekebalan bawaan mulai menghasilkan respons inflamasi protektif. Selain itu, imunitas bawaan memainkan peran sentral dalam mengaktifkan respon imun adaptif berikutnya (Cruvinel et al. 2010).

Sistem kekebalan bawaan berfungsi sebagai pertahanan awal terhadap bahan asing berbahaya. Bila sistem imun atau sistem kekebalan tubuh tidak berfungsi dengan baik, maka tubuh tidak akan mendapat proteksi yang semestinya. Sebagai



RESPONSE INNATE

A. PENGANTAR

Sistem imun terdiri dari serangkaian mekanisme efektor yang mampu menghancurkan organisme patogen seperti bakteri, jamur, virus, dan parasit. Sistem imun terdiri dari dua jenis respon: respon imun adaptif yaitu spesifik-antigen dan respon imun bawaan, yang juga disebut respon imun alami. Sistem imun bawaan terdiri dari penghalang fisik, seperti kulit dan selaput lendir, penghalang kimia, yaitu melalui peptida antimikroba dan spesies oksigen reaktif, sel imun bawaan, dan mediator terlarut seperti sistem komplemen, antibodi bawaan, dan sitokin terkait.

Tujuan utama sistem imun bawaan adalah: (1) mencegah masuknya patogen ke dalam tubuh melalui penghalang fisik dan kimia; (2) menghindari penyebaran infeksi melalui sistem komplemen dan faktor humoral lainnya; (3) menghilangkan patogen melalui mekanisme fagositosis dan sitotoksitas; dan (4) mengaktifkan sistem imun adaptif melalui sintesis beberapa sitokin dan pengarahan antigen ke sel T dan sel B

B. RESEPTOR PENGENALAN POLA DALAM IMUNITAS BAWAAN

Patogen yang menyerang manusia sebagai inang dikendalikan oleh sistem kekebalan, baik bawaan maupun adaptif. Sistem imun adaptif yang dimediasi oleh sel T dan B, mengenali patogen dengan afinitas tinggi melalui penataan ulang reseptor tertentu. Namun, pembentukan respon imun adaptif ini seringkali tidak cukup cepat untuk membasmi patogen, dan juga melibatkan proliferasi sel, aktivasi genetik, dan sintesis protein. Dengan demikian, pertahanan tercepat dari mekanisme inang disediakan oleh sistem imun bawaan yang telah mengembangkan kemampuan untuk mengenali patogen yang menyerang dan dengan demikian secara efektif menghilangkannya sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada sel inang.



PENGENALAN ANTIGEN OLEH SEL B DAN SEL T

A. PENGANTAR

Antigen didefinisikan dengan zat apapun (molekul) yang mampu menginduksi respon imun spesifik (humoral atau seluler) terhadap zat tersebut, atau dapat dikenali oleh sel imun seperti antibodi atau limfosit (Berzofsky, Howe and Olkhanud, 2022). Antigen juga merupakan salah satu senyawa 'asing' yang mampu menembus sistem pertahanan tubuh lini pertama yakni kulit, membran mukosa, dll. Pada dasarnya, antigen adalah semua senyawa *non-self* yang tidak diinginkan oleh tubuh untuk berada di sana. Contohnya adalah sel bakteri patogen yang menyebabkan terjadinya infeksi pada tubuh dan debu yang merupakan salah satu antigen juga -namun non-patogen- yang tetap akan direspon oleh tubuh saat berhasil masuk ke dalam sistem pertahanan tubuh. Antigen yang mampu menembus pertahanan tubuh ini, nantinya akan berlanjut untuk berperang bersama sel-sel imun yang lain di sistem *innate*. Dari contoh tersebut, dapat juga digolongkan bahwa antigen ini berasal dari berbagai macam mikroorganisme, salah satunya adalah bakteri, virus, protozoa, fungi; dan yang non-mikroorganisme bisa berupa molekul, polutan, debu, senyawa pada makanan tertentu dan lainnya.

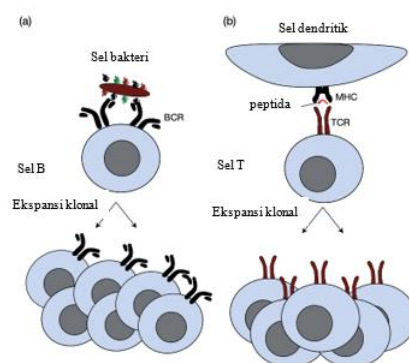
Pada kasus antigen yang berhasil menembus pertahanan lini kedua ini, yaitu sistem kekebalan tubuh bawaan (*innate*), maka sel-sel yang berperang antara lain adalah sel mast, makrofag, eosinofil, neutrofil, *natural killer*, beserta dengan sistem komplemen lainnya. Selain sel-sel yang bertugas melawan tersebut, ada salah satu sel penting yang bertugas untuk memberikan informasi, disebut dengan *antigen presenting cells* (APC). Sel ini merupakan salah satu sel terpenting yang bertugas untuk mengenali antigen dan mempresentasikannya kepada sel B maupun sel T sehingga dapat aktif untuk menyerang. Beberapa sel yang mampu bertugas sebagai APC diantaranya sel dendritik dan makrofag. Faktanya, ternyata sel dendritik dan

BAB 6

PEMBENTUKAN RESEPTOR ANTIGEN DAN PRESENTASI ANTIGEN

A. PENGANTAR

Interaksi limfosit dengan antigen terjadi melalui pengikatan pada reseptor permukaan antigen spesifik sel khusus yang berfungsi sebagai unit pengenalan. Pada sel B, interaksi yang terjadi cukup mudah karena imunoglobulin yang terikat membran berfungsi sebagai reseptor antigen (Gambar 6.1a). Sel T menggunakan reseptor antigen khusus, yang juga diekspresikan pada membran plasma, namun reseptor sel T (TCR) secara fundamental berbeda dengan reseptor sel B (BCR); TCR tidak dapat mengenali antigen bebas seperti yang dilakukan imunoglobulin. Hampir keseluruhan sel T hanya dapat mengenali antigen yang dipresentasikan oleh molekul MHC melalui ikatan peptida (Gambar 6.1b).



Gambar 6.1 Pertemuan sel B dan sel T dengan antigen memiliki perbedaan mendasar. (a) pada sel B, imunoglobulin terikat membran berperan sebagai reseptor sel B (BCR) terhadap antigen. (b) sel T memiliki reseptor antigen spesifik yang juga diekspresikan pada membran plasma. Mayoritas sel T hanya dapat mengenali antigen ketika dipresentasikan oleh molekul MHC melalui ikatan peptida. Stimulasi produktif BCR dan TCR menyebabkan aktivasi limfosit pembawa reseptor, diikuti oleh ekspansi klonal dan diferensiasi sel efektor (Peter, J. et al, 2017).



PEMATANGAN LIMFOSIT T

A. PENGANTAR

Pembentukan dan pemeliharaan respon imun, homeostasis, dan memori tergantung pada sel T. Sel T mengekspresikan reseptor dengan potensi untuk mengenali beragam antigen dari patogen, tumor, lingkungan, dan juga menjaga memori imunologi serta toleransi diri. Sel T juga terlibat sebagai penggerak utama dalam inflamasi dan autoimun. Peran fungsional sel T secara *in vivo* dalam imunitas, imunopatologi dan mekanisme yang mendasari suatu penyakit sebagian besar telah diteliti dengan hewan coba tikus, dan mengarah pada pengembangan dan kemajuan pengobatan serta imunoterapi berbasis imunitas pada manusia (Kumar, Connors & Farber, 2018).

Limfosit T berasal dari sel induk di sumsum tulang yang bermigrasi ke timus untuk pematangan, seleksi, dan selanjutnya disebarkan ke perifer. Sel T perifer terdiri dari subset yang berbeda termasuk sel T naif, yang memiliki kapasitas untuk merespons antigen baru, sel T memori yang berasal dari aktivasi antigen sebelumnya dan mempertahankan kekebalan jangka panjang, serta sel T (Treg) yaitu sel pengatur yang menjaga respons kekebalan tetap terkendali (Kumar, Connors & Farber, 2018).

Respon imun dimulai ketika sel T naif menghadapi antigen dan ligan/lengan kostimulatori yang disajikan oleh sel dendritik (DC), menghasilkan produksi, proliferasi, dan diferensiasi interleukin 2 (IL-2) ke sel efektor yang bermigrasi ke berbagai tempat untuk membersihkan patogen. Sel efektor yang teraktivasi berumur pendek, meskipun sebagian dapat menjadi sel T memori namun hanya bertahan sebagai subset heterogen berdasarkan kemampuan migrasi, lokalisasi jaringan, dan kapasitas pembaruan diri (Kumar, Connors & Farber, 2018).

Manusia memiliki umur yang relatif panjang, peran penting sel T dalam sistem imunitas perlu dipelajari dalam konteks tahapan kehidupan yang berbeda. Pada awal kehidupan (bayi dan anak usia dini), sebagian besar sel T adalah sel T naif



SISTEM IMUN ADAPTIF IMUNITAS YANG DIMEDIASI OLEH SEL T

A. PENGANTAR

Semua organisme mengembangkan mekanisme untuk melindungi diri dari invasi patogen dan karenanya memiliki sistem kekebalan bawaan (*innate immunity*). Namun, manusia juga memiliki mengembangkan strategi tambahan, yang disebut sistem kekebalan adaptif (*adaptive immunity*) untuk lebih lanjut melindungi diri dari patogen. Dalam pandangan klasik, sistem kekebalan tubuh bisa dibagi *innate immunity* dan *adaptive immunity*.

Kekebalan bawaan (*innate immunity*) dan antibodi merupakan mekanisme penting untuk mencegah terjadinya infeksi, tetapi dalam banyak kasus penyakit menular, terutama sel T yang mengatur resistensi dan pemulihan. Selain itu, sel T penting dalam sistem kekebalan tubuh pengawasan untuk kanker, dan mereka bertanggung jawab atas sebagian besar penyakit autoimun dan penolakan transplantasi organ. Bukti terkuat untuk pentingnya sel T berasal dari peningkatan infeksi dan kanker yang terjadi ketika fungsi sel T dikurangi oleh obat immunosupresif, dengan penyakit yang didapat seperti *Human Immunodeficiency Virus* (HIV), atau pada sindrom imunodefisiensi bawaan (primer).

Berbeda dengan mekanisme kekebalan bawaan yang terjadi dalam hitungan menit, kekebalan adaptif lebih lambat dan biasanya membutuhkan 4-5 hari sejak pertemuan pertama dengan patogen untuk diaktifkan. Salah satu ciri imunitas adaptif adalah sistem memori yang memungkinkan tubuh manusia untuk "mengingat" patogen selama bertahun-tahun. Akibatnya, tubuh manusia dapat menanggapi pertemuan berikutnya lebih kuat, sangat spesifik dan segera. Ciri lain dari adaptif sistem kekebalan tubuh adalah keragaman antigennya yang tinggi dan tak terbatas dengan perbedaan spesifisitas yang berbeda dengan sel imun bawaan dengan jumlah reseptor pengenalan patogen yang terbatas.



SISTEM IMUN HUMORAL

A. PENGANTAR

Imunitas humoral dimediasi oleh antibodi yang disekresikan, dan fungsi fisiologisnya adalah pertahanan terhadap mikroba ekstraseluler dan toksin mikroba. Jenis imunitas ini berbeda dengan imunitas yang diperantarai sel, cabang efektor lain dari sistem imun adaptif, yang dimediasi oleh limfosit T dan berfungsi membasmi mikroba yang menginfeksi dan hidup di dalam sel inang. Sistem imun humoral adalah bentuk kekebalan yang dapat ditransfer dari individu yang diimunisasi ke individu yang naif dengan serum. Jenis mikroorganisme yang dihadapi oleh imunitas humoral adalah bakteri ekstraseluler, jamur, bahkan mikroba intraseluler obligat seperti virus, yang menjadi target antibodi sebelum menginfeksi sel atau ketika dilepaskan dari sel yang terinfeksi. Adanya kegagalan atau kecatatan dalam produksi antibodi mengakibatkan peningkatan kerentanan terhadap infeksi mikroba, termasuk bakteri, jamur, dan virus.

Banyak bakteri yang menyebabkan penyakit menular pada manusia berkembang biak di kompartemen ekstraseluler tubuh, dan sebagian besar patogen intraseluler menyebar dengan berpindah dari sel ke sel melalui cairan ekstraseluler. Kompartemen ekstraseluler dilindungi oleh respon imun humoral, di mana antibodi yang diproduksi oleh sel B menyebabkan penghancuran mikroorganisme ekstraseluler dan mencegah penyebaran infeksi intraseluler. Aktivasi sel B dan diferensiasinya menjadi sel plasma yang mensekresi antibodi dipicu oleh antigen dan biasanya membutuhkan sel T-Helper (Janeway CA Jr, Travers P, 2001).

B. ANTIBODI

Imunoglobulin (Ig) adalah glikoprotein dalam superfamili imunoglobulin yang berfungsi sebagai antibodi. Antibodi ditemukan dalam darah dan cairan jaringan, serta banyak disekresi. Secara struktur, imunoglobulin adalah protein globular berbentuk Y. Pada mamalia, terdapat lima jenis antibodi: IgA, IgD, IgE, IgG, dan



DINAMIKA RESPON IMUN SPESIFIK/ADAPTIF/ *ADAPTIVE IMMUNE RESPONSE*

A. PENGANTAR

Respon pertama sistem imun terhadap antigen tertentu disebut tanggapan utama. Proses tersebut membutuhkan waktu kurang lebih satu minggu untuk berkembang. Sistem Imun kemudian akan mengingat patogen aktif yang menyerang tubuh, tahap ini disebut sebagai respon sekunder. Selain Respon imun terbagi menjadi respon imun spesifik dan respon imun non spesifik atau adaptif (*adaptive immune response*). Kedua jenis respon imun ini akan bekerja sama menghasilkan proteksi terhadap tubuh dari serangan patogen.

Respon imun yang baik akan menghasilkan eliminasi patogen dari tubuh individu. Respon sistem imun adaptif adalah mekanisme pertahanan tubuh berupa perlawanan terhadap antigen tertentu. Patogen dapat mengembangkan strategi untuk mengecoh mekanisme sistem imun dalam tubuh untuk menginfeksi sel. Respon imun adaptif diperankan oleh sel efektor dan beberapa molekul yang terkait dengan fungsi tersebut.

Sistem imun adaptif adalah alat terancang terhadap sebagian besar patogen. Ragam sel B dan T terus aktif berubah sebagai respons terhadap berbagai patogen yang dijumpai. Karena itu, sistem imun didapat beradaptasi untuk melancarkan perang terhadap patogen-patogen spesifik di lingkungan masing-masing orang. Sasaran sistem imun adaptif bervariasi di antara orang-orang, bergantung pada jenis serangan imun yang dijumpai oleh orang tersebut. Selain itu, sistem ini memperoleh kemampuan untuk secara lebih efisien memusnahkan musuh tertentu jika bertemu kembali dengan patogen yang sama di masa depan.



BAB
11

SISTEM IMUN MUKOSA

"Mukosa" adalah istilah yang diberikan untuk permukaan luar sel epitel yang melapisi saluran tubuh seperti usus, saluran pernapasan, dan saluran urogenital. Nama mukosa diperoleh dari kapasitasnya untuk menghasilkan lendir, yaitu larutan polisakarida yang sangat kental dalam air yang menutupi permukaan mukosa. Lendir mengandung berbagai antibodi sekretori dan molekul anti-mikroba yang membantu melindungi mukosa dari serangan patogen. Pada manusia dewasa, area dari semua permukaan mukosa melebihi 400 m², hamparan besar itu harus terus-menerus dipertahankan terhadap serangan patogen.

MALT (*mucosa-associated lymphoid tissue*) adalah istilah kolektif yang digunakan untuk menggambarkan semua jaringan limfoid mukosa dalam tubuh. Penyusun MALT adalah subsistem elemen limfoid difus yang terkait dengan masing-masing saluran tubuh. Subsistem ini, yang bisa berbeda dalam struktur dan komposisi seluler, diberikan nama sendiri berdasarkan lokasi (Tabel 1). Misalnya, jaringan limfoid terkait usus (GALT; *the gut-associated lymphoid tissue*) berfungsi mempertahankan permukaan mukosa usus kecil dan besar dengan jangkauan yang berbeda dan organisasi jenis sel daripada yang digunakan oleh jaringan limfoid terkait bronkus (BALT; *bronchi-associated lymphoid tissue*) untuk mempertahankan paru-paru. Jaringan limfoid yang berhubungan dengan amandel di nasofaring (NALT; *nasopharynx-associated lymphoid tissue*) penting untuk pertahanan saluran napas bagian atas, khususnya pada tikus dan manusia.



PERANAN SISTEM IMUN DALAM KESEHATAN DAN PENYAKIT

A. PENGANTAR

Sistem imun atau sistem kekebalan adalah alat tubuh untuk mencegah infeksi. Jaringan sel, organ, protein, beserta jaringan-jaringan lain memungkinkan mempertahankan tubuh dari bakteri, virus, parasit (Thompson, 2015). Sistem imun/kekebalan akan mencatat setiap mikroba yang dihancurkan yang dikenal sebagai sel memori jenis sel darah putih (limfosit B dan limfosit T). Beberapa infeksi, seperti flu dan *common cold*, harus dilawan berkali-kali karena begitu banyak virus atau jenis virus yang berbeda dari jenis virus yang sama dapat menyebabkan penyakit ini. Terkena pilek atau flu dari satu virus tidak memberi Anda kekebalan terhadap yang lain. Bagian dari sistem imun berupa sel darah putih, antibodi, sistem limfatik, sumsum tulang, timus (Victoria, n.d.).

B. CARA KERJA SISTEM IMUN

Dalam melawan infeksi, sistem kekebalan tubuh harus mampu mengidentifikasi patogen. Patogen mempunyai molekul yang disebut antigen pada permukaannya (Thompson, 2015). Sistem imun/sistem kekebalan melibatkan banyak bagian tubuh. Setiap bagian berperan dalam mengenali mikroba asing, berkomunikasi dengan bagian tubuh lain dan bekerja melawan infeksi. Bagian dalam sistem imun berupa:

1. Kulit merupakan garis pertahanan pertama.
2. Sumsum tulang membantu menghasilkan sel imun.
3. Kelenjar timus merupakan kelenjar di dada bagian atas tempat beberapa sel imun matang.
4. Sistem limfatik merupakan jaringan pembuluh kecil yang memungkinkan sel-sel imun melakukan perjalanan antara jaringan dan aliran darah. Sistem limfatik mengandung limfosit (sel darah putih; kebanyakan sel T dan sel B), yang



REAKSI HIPERSENSITIVITAS DAN AUTOIMUN

A. PENDAHULUAN

Respon imun merupakan mesin penggerak beberapa molekul mediator untuk mengeliminasi antigen melalui berbagai mekanisme. Secara umum, molekul mediator menginduksi respon inflamasi lokal yang mengeliminasi antigen tanpa merusak jaringan inang secara ekstensif. Dalam keadaan tertentu, respon inflamasi ini dapat mengakibatkan kerusakan jaringan yang signifikan bahkan kematian. Respon imun yang demikian dikenal sebagai reaksi hipersensitivitas atau alergi. Hipersensitivitas dapat diartikan sebagai respon imun yang tidak tepat terhadap antigen baik melalui respon humoral maupun seluler.

Reaksi hipersensitivitas telah diakui pada awal abad ke-20. Dua ilmuwan Prancis, Paul Portier dan Charles Richet merupakan orang pertama yang mendeskripsikan hipersensitivitas. Pada awal abad ke-20, kedua ilmuwan tersebut melakukan studi tentang tanggapan orang-orang yang mandi di Mediterania terhadap sengatan ubur-ubur, *Physalia physalis*. Zat beracun dalam sengatan itu adalah protein kecil dan memunculkan respon antibodi yang dapat menetralkan toksin dapat berfungsi untuk melindungi inang.

Selanjutnya, mereka menyuntikkan toksin dosis rendah pada anjing untuk mendapatkan respon kekebalan yang diikuti dengan suntikan penguat beberapa minggu kemudian. Akan tetapi, anjing malang itu segera merespon suntikan kedua dengan muntah, diare, asfiksia, dan kematian. Richet menciptakan istilah **anafilaksis**, yang berasal dari bahasa Yunani dan memiliki arti **melawan perlindungan**. Istilah tersebut sering digunakan untuk menggambarkan reaksi sistem kekebalan yang berlebihan ini dari reaksi hipersensitivitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A. K, Lichtman A, Shiv Pillai. 2015. Innate Imunity in Cellular and Molecular Immunology 7th ed. Elsevier.
- Abbas, A. K., Lichtman, A. H. and Pillai, S. (2019) *Basic Immunology*. Elsevier Health Sciences.
- Abbas, A.K., Lichtman, A.H., Pillai, S., 2021. Cellular and Molecular Immunology 10th edition, Elsevier, USA.
- Abolhassani, H., Azizi, G., Sharifi, L., Yazdani, R., Mohsenzadegan, M., Delavari, S., Sohani, M., Shirmast, P., Chavoshzadeh, Z., Alireza Mahdaviani, S., Kalantari, A., Tavakol, M., Jabbari-Azad, F., Ahanchian, H., Momen, T., Sherkat, R., Sadeghi-Shabestari, M., Aleyasin, S., Esmaeilzadeh, H., Al-Herz, W., Aziz Bousfiha, A., Condino-Neto, A., Sepponen, M., Sullivan, K.E., Hammarström, L., Modell, V., Modell, F., Quinn, J., Orange, J.S., Aghamohammadi, A., 2020. Global systematic review of primary immunodeficiency registries. *Clinical Immunology* 16, 717. <https://doi.org/10.1080/1744666X.2020.1811187>
- Ademokun, A.A. and Dunn-Walters, D. (2010) 'Immune Responses: Primary and Secondary', in *eLS*. doi:<https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0000947.pub2>.
- Akkaya, M., Kwak, K. and Pierce, S. K. (2020) 'B cell memory: building two walls of protection against pathogens', *Nature Reviews Immunology*, 20(4), pp. 229–238. doi: 10.1038/s41577-019-0244-2.
- Anderson, R., Wadee, AA., 2012. Innate immunity. CME. Vol. 30 No. 8. 273p
- Antari, A. I., 2017. *Imunologi Dasar*. Deepublish, Yogyakarta.
- Ashour D., S., 2013. *Trichinella spiralis* Immunomodulation: An Interactive Multifactorial Process. *Expert Review of Clinical Immunology*. 9(7), 669-675. DOI: 10.1586/1744666X.2013.811187
- Atkinson, M.A., 2012. The pathogenesis and natural history of type 1 diabetes. *Cold Spring Harb Perspect Med* 2. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a007641>
- Atkinson, M.A., Eisenbarth, G.S., Michels, A.W., 2014. Type 1 diabetes. *The Lancet* 383, 69–82. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60591-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60591-7)
- Baggiolini, M., 1998. Chemokines and Leukocyte Traffic. *Nature*. 392(6676), 565-568. DOI: 10.1038/33340
- Bellanti, J. (Ed.). (2013). *Immunology* (Vol. 6). Springer Science & Business Media.
- Berzofsky, J. A., Howe, S. B. and Olkhanud, P. B. (2022) 'Antigens', in Rezaei, N. B. T.-E. of I. and I. (ed.). Oxford: Elsevier, pp. 76–89. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818731-9.00211-1>.

- bul K. Abbas, Andrew H. Lichtman, Shiv Pillai, 2018. Cellular and Molecular Immunology. 9. Elsevier, Philadelphia, PA 19103-2899.
- Cariño, J. I. M., García, F. P. C., Coronado, O. G., García, M. A. M., Cordero, J. F. C., 2017. Physiology and Pathology of Innate Immune Response Against Pathogens, "Physiology and Pathology of Immunology". IntechOpen, London. pp. 99-134. DOI: 10.5772/intechopen.70556
- Carlberg, C. and Velleur, E. (2022) *Molecular Immunology*. Switzerland: Springer.
- Carlberg, C., Velleur, E. 2022. Molecular Immunology: How Science Works. Springer, Switzerland.
- Cavanagh, M. and Findly, E. G. (2020) *T-cell activation*, *Immunology.org*. Available at: <https://www.immunology.org/public-information/bitesized-immunology/systems-processes/t-cell-activation> (Accessed: 19 February 2023).
- Cruse, J. M., Lewis, R. E. and Wang, H. B. T.-I. G. (eds) (2004) 'Antigen Presentation', in. San Diego: Academic Press, pp. 267–276. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-012198382-6/50031-5>.
- Cruvinel, W., Danilo, MJ., Júlio, AP., Tânia, TC., Alexandre, WS., da Silva, NP., Andrade, LE., 2010. Molecular and cellular aspects of innate immunity. *Bras J Rheumatol* 50(4):434-61
- ed. W.H. Freeman, Oxford, UK.
- Elkhalifa, S., Anwar, S., Karim, Y., 2018. Autoimmune Disease: Treatment. eLS 1–11. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0001437.pub3>
- FAQs-Immune Deficiencies Foundation Australia [WWW Document], 2020. . Immune Deficiencies Foundation Australia. URL <https://www.idfa.org.au/faqs/> (accessed 2.21.23).
- Golubovskaya, V. and Wu, L. (2016) 'Different subsets of T cells, memory, effector functions, and CAR-T immunotherapy', *Cancers*, 8(3). doi: 10.3390/cancers8030036.
- Honda, T., Egawa, G. and Kabashima, K. (2019) 'Antigen presentation and adaptive immune responses in skin', *International Immunology*, 31(7), pp. 423–429. doi: 10.1093/intimm/dxz005.
- Hwang, J. R. *et al.* (2020) 'Recent insights of T cell receptor-mediated signaling pathways for T cell activation and development', *Experimental and Molecular Medicine*, 52(5), pp. 750–761. doi: 10.1038/s12276-020-0435-8.
- Janeway CA Jr, Travers P, W.M. (2001) *Immunobiology: The Immune System in Health and Disease*. 9th edn. New York, NY: New York: Garland Science. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10752/>.
- Janeway, C., Travers, P. and Walport, M. (2001) 'Immunobiology: The Immune System in Health and Disease', in. New York: Garland Science. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10770/>.

- Jose, J., Naidu, R.M., Sunil, P.M., Varghese, S.S., 2014. Pathogenesis of Autoimmune Diseases: A Short Review. *Oral Maxillofac Pathol J* 5, 434–436. <https://doi.org/10.5005/10037-1005>
- Karupiah, G. and Chaudhri, G. (2004) *Immunology, Infection, and Immunity, Immunology & Cell Biology*. doi:10.1111/j.1440-1711.2004.01297.x.
- Kim A, Sadegh-Nasseri S, 2015. Determinants of immunodominance for CD4 T cells. *Curr Opin Immunol*. 34:9-15.
- Knight, P. A., Brown, J. K., Pemberton, A. D., 2008. Innate Immune Response Mechanisms in The Intestinal Epithelium: Potential Roles For Mast Cells and Goblet Cells in The Expulsion of Adult *Trichinella spiralis*. *Parasitology*. 135(6), 655-670. DOI: 10.1017/S0031182008004319
- Kranich, J. and Krautler, N. J. (2016) 'How Follicular Dendritic Cells Shape the B-Cell Antigenome', *Frontiers in Immunology*. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2016.00225>.
- Kuby, J., Goldsby, R., Kindt, T. J. and Osbourne, B. A. 2002. *Immunology*, 5th
- Kumar, B. V, Connors, T. and Farber, D. L. (2018) 'Human T cell development, localization, and function throughout life', *Immunity*, 48(2), pp. 202–213. doi: 10.1016/j.immuni.2018.01.007.
- Kumar, V., 2021. Innate immunity: Description, function and facts. *Microbiology notes*. <https://microbiologynotes.org/innate-immunity-description-functions-and-facts>
- Levinson, W. (2014). *Review of Medical Microbiology and Immunology (Lange Medical Books) 13th Edition*. ISBN 978-0071818117. McGraw-Hill Education.
- Mak, T.W., Saunders, M.E. and Jett, B.D.B.T.-P. to the I.R. (Second E. (eds) (2014) 'Chapter 4 - The B Cell Receptor: Proteins and Genes', in. Boston: Academic Cell, pp. 85–110. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385245-8.00004-2>.
- Mak, Tak W. Dan Saunders, M.E. 2006. *The immune response: basic and clinical principles*. Elsevier Academic Press. San Diego, California.
- Mir, M.A., Mehraj, U., Nisar, S., Sheikh, B.A., Suhail, S., Qayoom, H., Wani, N.A., 2020. *The Fundamentals of Hypersensitivities and Allergies*, Nova Medicine and Health, USA.
- Modell, V., Quinn, J., Orange, J., Notarangelo, L.D., Modell, F., 2016. Primary immunodeficiencies worldwide: an updated overview from the Jeffrey Modell Centers Global Network. *Immunol Res* 64, 736–753. <https://doi.org/10.1007/s12026-016-8784-z>
- Murphy, K. and Weaver, C. (2016) *Janeway's immunobiology*. Garland science.
- Neefjes J.I., Jongsma M.L., Paul P., and Bakke O, 2011. Towards a systems understanding of MHC class I and MHC class II antigen presentation. *Nature Reviews Immunology*. 11, 823–836.

- Parker N, Schneegurt M, Hue Tu A, Forster BM, Lister P. 2019. Allied Health Microbiology. Oregon State University.
- Paul, W. E. (2012). *Fundamental immunology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Perdue, SS and Humphrey, JH. 2023. immune system. *Encyclopedia Britannica*, 23 Feb. 2023, <https://www.britannica.com/science/immune-system>. Accessed 3 March 2023.
- Peter J. Delves, Seamus J. Martin, Dennis R. Burton, Ivan M. Roitt, 2017. Roitt's Essential Immunology. 13. John Wiley & Sons, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK.
- Picard, C., Al-Herz, W., Bousfiha, A., Casanova, J.L., Chatila, T., Conley, M.E., Cunningham-Rundles, C., Etzioni, A., Holland, S.M., Klein, C., Nonoyama, S., Ochs, H.D., Oksenhendler, E., Puck, J.M., Sullivan, K.E., Tang, M.L.K., Franco, J.L., Gaspar, H.B., 2015. Primary Immunodeficiency Diseases: an Update on the Classification from the International Union of Immunological Societies Expert Committee for Primary Immunodeficiency 2015. *J Clin Immunol* 35, 696–726. <https://doi.org/10.1007/s10875-015-0201-1>
- Reddy, P., Lent-Schochet, D., Ramakrishnan, N., McLaughlin, M., Jialal, I., 2019. Metabolic syndrome is an inflammatory disorder: A conspiracy between adipose tissue and phagocytes. *Clinica Chimica Acta* 496, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2019.06.019>
- Rezaei, N., Hedayat, M., Aghamohammadi, A., Nichols, K.E., 2011. Primary immunodeficiency diseases associated with increased susceptibility to viral infections and malignancies. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 127. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2011.02.047>
- Rich, R.R., Fleisher, T.A., Shearer, W.T., Schroeder, H.W (Jr.), Frew, A.J., Weyand, C.M., 2008, *Clinical Immunology: Principles and Practice* 3rd edition, MOSBY Elsevier, USA.
- Robert R. Rich, Thomas A. Fleisher, William T. Shearer, Harry W. Schroeder, Anthony J. Frew, Cornelia M. Weyand, 2019. *Clinical Immunology: Principles and Practice*. 5. Elsevier Ltd.
- Rohrs, J. A., Wang, P. and Finley, S. D. (2019) 'Understanding the Dynamics of T-Cell Activation in Health and Disease Through the Lens of Computational Modeling', *JCO Clinical Cancer Informatics*, (3), pp. 1–8. doi: 10.1200/cci.18.00057.
- Roitt, I.M., Brostoff, J. and Male, D. 2001. *Immunology*, 6th ed. Mosby, London, UK
- Rossjohn J., Pellicci D.G., Patel O., Gapin L., and Godfrey D.I., 2012. Recognition of CD1d-restricted antigens by natural killer T cells. *Nature Reviews Immunology*. 12, 845–857.

- Roth-Walter, F., Jensen-Jarolim, E., & Stockinger, H. (2013). Principles and comparative aspects of adaptive immunity. *comparative medicine: anatomy and physiology*. Jensen-Jarolim E (Ed), Springer, Berlin, Germany.
- Said-Sadier, N., Padiña, E., Langsley, G., Ojcius, D. M., 2010. *Aspergillus fumigatus* Stimulates the NLRP3 Inflammasome Through a Pathway Requiring ROS Production and the Syk tyrosine kinase. *PLoS One*. 5(4), e10008. DOI: 10.1371/journal.pone.0010008
- Schatz D.G. and Yanhong J., 2011. Recombination centres and the orchestration of V(D)J recombination. *Immunity*. 28, 304–314.
- Shah, D. K. (2014) *T-cell development in the Thymus, BiteSized Immunology*. Available at: <https://www.immunology.org/public-information/bitesized-immunology/immune-development/t-cell-development-thymus> (Accessed: 19 February 2023).
- Shah, D. K. and Zúñiga-Pflücker, J. C. (2014) 'An Overview of the Intrathymic Intricacies of T Cell Development', *The Journal of Immunology*, 192(9), pp. 4017–4023. doi: 10.4049/jimmunol.1302259.
- Sharon, J. 1998. Basic Immunology, William and Wilkins, Baltimore, USA.
- Sofronic-Milosavljevic, L., Ilic, N., Pinelli, E., Gruden-Movsesijan, A., 2015. Secretory Products of *Trichinella spiralis* Muscle Larvae and Immunomodulation: Implication for Autoimmune Diseases, Allergies, and Malignancies. *Journal of Immunology Research*. 2015, 523875. DOI: 10.1155/2015/523875
- Thompson, A.E., 2015. The Immune System. *JAMA PATIENT PAGE Immunology* 313.
- Tizard. 2004. *Veterinary Immunology. An Introduction*. 6th ed. WB Saunders Company. Philadelphia.
- Tsalamandris, S., Antonopoulos, A.S., Oikonomou, E., Papamikroulis, G.A., Vogiatzi, G., Papaioannou, S., Deftereos, S., Tousoulis, D., 2019. The role of inflammation in diabetes: Current concepts and future perspectives. *European Cardiology Review* 14, 50–59. <https://doi.org/10.15420/ocr.2018.33.1>
- Tuano, K.S., Seth, N., Chinen, J., 2021. Secondary immunodeficiencies: An overview. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 127, 617–626. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2021.08.413>
- Turvey SE, Broide DH. 2010. Innate immunity. *J Allergy Clin Immunol*. 125(2)
- Van den Brink, W., van Bilsen, J., Salic, K., Hoevenaars, F.P.M., Verschuren, L., Kleemann, R., Bouwman, J., Ronnett, G. v., van Ommen, B., Wopereis, S., 2019. Current and Future Nutritional Strategies to Modulate Inflammatory Dynamics in Metabolic Disorders. *Front Nutr*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00129>

- Victoria, n.d. Immune system explained [WWW Document]. Better Health Channel.
URL
<https://www.betterhealth.vic.gov.au/health/conditionsandtreatments/immune-system> (accessed 2.19.23).
- Vojdani, A., Vojdani, E., Rosenberg, A.Z., Shoenfeld, Y., 2022. The Role of Exosomes in the Pathophysiology of Autoimmune Diseases II: Pathogens. *Pathophysiology* 29, 243–280.
- Wang, I. J., Cao, Y., Shi, H. N., 2008. Helminth Infections and Intestinal Inflammation. *World Journal of Gastroenterology*. 14(33), 5125-5132. DOI: 10.3748/wjg.14.5125
- Williams, A. E., 2011. Basic Concepts in Immunology. In: *Immunology: Mucosal and Body Surface Defences*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester. pp. 1-19. DOI: 10.1002/9781119998648.ch1
- Williams, A. E., 2011. Basic Concepts in Immunology. In: *Immunology: Mucosal and Body Surface Defences*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester. pp. 1-19. DOI: 10.1002/9781119998648.ch1
- Williams, A. E., The Innate Immune System. In: *Immunology: Mucosal and Body Surface Defences*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester. pp. 20-40. DOI: 10.1002/9781119998648.ch2
- 2nd edition. Pearson Education, UK.
- Wood, Peter, 2008. *Understanding Immunology* 2nd edition. Pearson Education, UK.

PROFIL PENULIS

Prima Nanda Fauziah, S.Si., M.Si.



Penulis lahir di Kota Bandung pada tanggal 30 Maret 1991. Penulis merupakan lulusan Sarjana Biologi pada tahun 2013 dari Jurusan Biologi FMIPA Universitas Padjadjaran. Di tahun 2015 mendapat gelar Magister Sains dari Jurusan Biologi SITH Institut Teknologi Bandung. Saat ini penulis tercatat sebagai dosen tetap untuk mata kuliah Bakteriologi, Bisnis dan Kewirausahaan Laboratorium serta Virologi di Universitas Mohammad Husni Thamrin Jakarta. Selain mengajar, penulis aktif dalam kegiatan Tridharma lainnya diantaranya ialah penelitian dan pengabdian. Saat ini penulis telah mempublikasikan 9 artikel International bereputasi dan ber-*impact factor* dan 9 artikel Nasional terakreditasi sinta. Karya buku penulis adalah 1) Isolasi dan Identifikasi Mikroorganisme Beserta Teknik Laboratorium, 2) Kewirausahaan Laboratorium, 3) Perkembangan & Manfaat Obat Herbal sebagai Fitoterapi, 4) Dasar Ilmu Farmasi, 5) Biologi Molekuler, 6) Biokimia dan 7) Kewirausahaan: Kebal Hadapi Ancaman Resesi Global 2023.

Dr. Meillisa Carlen Mainassy, S.Si., M.Si.



Penulis lahir di Maluku Tengah pada tanggal 21 Februari. Penulis menyelesaikan pendidikan Magister Sains (S-2) tahun 2012 pada Program Studi Magister Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana. Pada tahun 2019, penulis memperoleh kesempatan melanjutkan pendidikan Doktor (S-3) pada Program Studi Ilmu-Ilmu Faal dan Khasiat Obat, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor (IPB), melalui program Beasiswa BPPDN Direktorat Jenderal Sumber Daya Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Pendidikan doktoral diselesaikan pada tahun 2022 dengan kajian riset mengenai Suplementasi Analog Kurkumin Dari Minyak Lawang (*Cinnamomum cullilawan* Blume) Untuk Perbaikan Kualitas Reproduksi Ikan Nila Merah (*Oreochromis niloticus*). Penulis merupakan staf pengajar pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura. Penulis aktif pada kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi dan berkontribusi dalam penulisan buku Perkembangan & Manfaat Obat Herbal Sebagai Fitoterapi serta Budidaya Perikanan.

Inem Ode, S.Pi., M.P.



Penulis lahir di Tulehu/Maluku Tengah pada tanggal 12 Agustus. Gelar Magister Perikanan diperoleh pada tahun 2009 di Universitas Brawijaya Malang. Saat ini sedang menempuh pendidikan Doktorat pada program studi Ilmu Akuakultur, di Institut Pertanian Bogor. Saat ini tercatat sebagai dosen dpk LLDIKTI wilayah XII pada program studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Darussalam Ambon. Selain mengajar ia aktif dalam kegiatan tridarma lainnya yakni penelitian dan pengabdian. Beberapa penelitian kolaborasi dengan lembaga di dalam negeri sejak tahun 2014, dan dengan Lembaga Luar Negeri sejak tahun 2018-2023. Beberapa penelitian juga berhasil didanai Ristekdikti sejak 2014. Sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat, ia pun pernah beberapa kali terlibat sebagai narasumber pada kegiatan seminar dan pelatihan.

Rangga Idris Affandi, S.Pi., M.P.



Penulis lahir pada tanggal 29 Juli 1995. Ia lulus pada tahun 2020 hingga mendapat gelar Magister Budidaya Perairan di Universitas Brawijaya. Saat ini ia tercatat sebagai dosen untuk mata kuliah Teknologi Budidaya Perairan Laut, Genetika dan Pemuliaan Ikan, Statistika, dan Pengantar Ilmu Ekonomi di Universitas Mataram. Selain mengajar, ia juga aktif dalam kegiatan Tridarma lainnya yaitu penelitian dan pengabdian. Saat ini ia pun diamanahi menjadi *reviewer* Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan dari Universitas Almuslim Bireuen Aceh. Ia juga menjadi tim percepatan IKU (Indikator Kinerja Utama) Universitas Mataram pada tingkat Program Studi melalui Program MBKM (Merdeka Belajar-Kampus Merdeka) yang termasuk dalam IKU 2. Beberapa karya ilmiah telah ia hasilkan baik dalam bidang penelitian maupun pengabdian.

Fibe Yulinda Cesa, S.Farm., M.Biomed.



Penulis berasal dari Kabupaten Malang, Jawa Timur, Indonesia. Ia menyelesaikan gelar Sarjana Farmasi di Universitas Ma Chung Malang pada tahun 2018 dan melanjutkan ke jenjang Magister dengan fokus Ilmu Biomedik di Universitas Brawijaya serta menyelesaikan program Magister tersebut pada tahun 2020. Memulai karir sebagai dosen di awal tahun 2021, hingga saat ini ia menjadi dosen tetap di Program Studi Farmasi, Universitas Ma Chung, Malang dengan bidang minat Biomedik dan Bioteknologi. Beberapa mata kuliah yang diampunya antara lain Biologi Dasar, Biologi Molekuler, Biokimia,

Fitokimia, Bioteknologi Farmasi, Teknologi Sediaan Farmasi Steril, Imunologi, Mikrobiologi dan Virologi, serta Farmakogenomik. Penelitian yang telah terpublikasi pada Jurnal Nasional Terakreditasi Sinta 2 dan Sinta 3 antara lain “Pengukuran Risiko Gangguan Tidur pada Penggunaan *Angiotensin Converting Enzyme Inhibitor* dan *Calcium Channel Blocker*: Case Control Study di Puskesmas Dau, Malang” pada tahun 2019 serta “*The risk of Angiotensin Converting Enzyme Inhibitor (ACEI) and Calcium Channel Blocker (CCB) used on Obstructive Sleep Apnea (OSA) incidence in hypertension patients*” pada tahun 2022.

Dr. Faiqah Umar, S.Si., M.Kes.



Penulis lahir di Kabupaten Maros pada tanggal 05 April. Lulus S1 di Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin tahun 2005; lulus S2 di Program Magister Biologi Medik, Konsentrasi Mikrobiologi, Universitas Hasanuddin tahun 2010; dan menyelesaikan pendidikan S3 Ilmu Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanuddin pada tahun 2019. Saat ini tercatat sebagai salah satu Pranata Laboratorium Kesehatan (PLK)

pada Instalasi Mikrobiologi Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Makassar, Kementerian Kesehatan RI dan juga merupakan salah satu dosen pada Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin Makassar. Telah mengikuti berbagai pelatihan teknis kelaboratoriuman mulai dari tahun 2012 hingga sekarang. Telah menulis beberapa artikel ilmiah dan buku, yaitu:

1. Biodegradasi petroleum dan hidrokarbon Eicosane oleh isolat *Pseudomonas aeruginosa*. 2015. Al-Kimia, Jurnal Penelitian Sains Kimia, UIN Alauddin (p-ISSN: 2302-2736, eISSN: 2549-9335).
2. Analisis polimorfisme gen NRAMP-1 (*Natural Resistance Associated Macrophage Protein-1*) Lokus 3' UTR terhadap susceptibility individu pada penderita kusta di Kota Makassar. 2017. Jurnal Ilmiah Pena, STKIP Pembangunan Indonesia Makassar vol 7, n. 1, p. 1-9, april 2017 (ISSN 25806998)
3. Verapamil effect on *Mycobacterium tuberculosis* clinical isolates susceptibility against first - and second-line drugs using MGIT 960. 2019. *Asian Journal of Scientific Research, Science Alert* 12 (4): 472-479. <https://doi.org/10.3923/ajsr.2019.472.479>
4. Verapamil as an efflux inhibitor against drug resistant *Mycobacterium tuberculosis*: A review. 2019. *Systematic Review in Pharmacy*, Vol 10, Issue 1 (Suppl), Januari-Desember 2019. <https://doi.org/10.5530/srp.2019.1s.22>
5. *The effect of anti-tuberculosis drugs therapy on mRNA efflux pump gene expression of Rv1250 in Mycobacterium tuberculosis* collected from tuberculosis patients. 2019.

New Microbe and New Infect Vol 32 No. C: 100609 November 2019 Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.nmni.2019.100609>

6. *Molecular characterisation of mutations associated with resistance to first- and second-line drugs among Indonesian patients with tuberculosis*. 2020. *Journal of Taibah University Medical Science* Vol 15 No. 1: 54-58 Februari 2020 Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2019.12.003>
7. Ko-autor pada jurnal *Analysis of existence of multidrug-resistant H58 gene in Salmonella enterica serovar Typhi isolated from typhoid fever patients in Makassar, Indonesia*. 2020. *New Microbes New Infect*. Oktober 2020: 17; 38: 100793. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2020.100793> .PMID: 33294191; PMCID: PMC7695904.
8. Buku *Biologi Molekuler*, terbit Oktober 2022, CV. Tohar Media
9. Buku *Mycobacterium tuberculosis: Kajian mekanisme resistensi intrinsik dan resistensi genetik terhadap obat anti tuberkulosis*, terbit Januari 2023, PT. Pusat Literasi Dunia.

Kadeq Novita Prajawanti, S.S.T., M.Imun.



Penulis anak kedua dari empat bersaudara ini lahir di Kota Mataram pada tanggal 19 November 1994. Pada tahun 2017 ia telah menempuh studi D4 Analisis Kesehatan Poltekes Kemenkes Mataram dan mendapat gelar Sarjana Sains Terapan. Lalu pada tahun 2020 ia mendapat gelar Magister Imunologi setelah menyelesaikan studinya di Sekolah Pascasarjana Universitas Airlangga. Saat ini ia tercatat sebagai dosen tetap pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis di Universitas Anwar Medika Sidoarjo.

Martina Kurnia Rohmah, S.Si., M.Biomed.



Penulis lahir di Tulungagung pada tanggal 1 April 1989, saat ini menjadi Dosen Tetap di Departemen Farmasi Klinis Program Studi Sarjana Farmasi, Universitas Anwar Medika. Penulis menempuh pendidikan Sarjana Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang, dan Magister Ilmu Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya serta pernah mendapatkan beasiswa Riset dari JASSO Scholarship di *Graduated School of Science and Technology (GSST)* Kumamoto University, Japan. Bidang keahlian yang dimiliki penulis adalah Biologi sel dan molekular, Biokimia, Bioteknologi, Imunologi, dan Biomedis.

Dr. dr. Ami Febriza Achmad, M.Kes.



Penulis lahir di Ujung Pandang, 4 Februari 1985. Telah menyelesaikan Sarjana Kedokteran dan Profesi Dokter di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Makassar, pada tahun 2008. Selanjutnya, pada tahun 2013 menyelesaikan Pendidikan magister biomedik konsentrasi Fisiologi pada Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar. Telah menyelesaikan Pendidikan Doktor Ilmu Kedokteran pada tahun 2020 di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Makassar, dengan Disertasi tentang curcumin dan ekspresi gen Cathelicidin Antimicrobial Peptide pada mencit yang terinduksi *Salmonella Typhi*. Sejak tahun 2018 hingga 2020 merupakan student pada program Online Course Health-I Erasmus tentang Clinical Epidemiology, proyek bersama UMC Utrecht University dalam meningkatkan kapasitas peneliti Indonesia. Saat ini bertugas sebagai Dosen Tetap di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Makassar. Tahun 2018 sampai sekarang, menjabat sebagai Ketua Program Studi Pendidikan Dokter di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Makassar. Penulis telah beberapa kali melakukan penelitian dan publikasi yang terkait tentang Herbal Medicine dan Imunologi. Buku yang telah diterbitkan adalah Potensi Curcumin dalam Meningkatkan Imunitas Alami (ISBN: 978-623-5981-48-2) di tahun 2022 Perkembangan Dan Manfaat Obat Herbal Sebagai Fitoterapi (ISBN: 978-623-5603-81-0) di tahun 2023.

Abdul Rahim, S.Farm. M.Farm.



Penulis lahir di Kota Buton. Pada Tahun, 2017, ia mulai berkelana menyebarkan ilmunya ke Lombok, NTB dengan mengajar Farmasi bidang herbal dan berkecimpung dalam kegiatan kewirausahaan herbal. Selain aktif mengajar, ia juga aktif melakukan penelitian yang juga berkaitan dengan keilmuannya. Saat ini ia tercatat sebagai dosen tetap Farmasi di Universitas Mulawarman Samarinda Kalimantan Timur. Selain mengajar ia aktif dalam kegiatan Tridarma lainnya diantaranya ialah penelitian dan pengabdian. Beberapa buku telah dihasilkan antara lain, Buku Ajar Farmasi Fisik, Modul Farmasi Fisik, Buku Fitoterapi Herbal Terapan, Modul Fitoterapi, Islam, Strategi dalam Menghadapi Tantangan Sistem Kesehatan Pasca Pandemi Covid-19, Halal Haram sediaan Farmasi dan masih banyak lagi. Selain itu, beberapa hak paten telah dimiliki baik dari buku maupun modul yang ditulis.

Bagus Dwi Hari Setyono, S.Pi., M.P.



Penulis lahir di Kota Mataram pada tanggal 3 Agustus 1984. Program Sarjana dan Magister diselesaikan di Universitas Brawijaya, Malang pada tahun 2006 dan 2008. Sejak tahun 2009 menjadi dosen Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Saat ini ia tercatat sebagai dosen tetap untuk mata kuliah Teknologi Budidaya Perairan Tawar, Teknologi Budidaya Perairan Payau, Teknologi Budidaya Ikan Hias, Budidaya Pakan Alami, Oseanografi, Manajemen Agribisnis Perikanan.

apt. Godeliva Adriani Hendra, M.Farm.



Penulis lahir di Kota Malang pada tanggal 13 Agustus 1988. Ia lulus pada tahun 2019 hingga mendapat gelar Magister Ilmu Farmasi di Universitas Surabaya. Saat ini ia tercatat sebagai dosen tetap untuk bidang minat Farmasi Klinis dan Komunitas di Universitas Ma Chung. Selain mengajar ia aktif dalam kegiatan Tridarma lainnya diantaranya ialah penelitian dan pengabdian. Beberapa penelitian yang berhasil didanai oleh LPPM Universitas

Ma Chung dari tahun 2020 hingga sekarang, berjudul:

1. Pengaruh Pemberian *Patient Medication Record* dengan Kartu Pengingat Terhadap Ketepatan Pengobatan dan Kepatuhan Pasien TBC Dewasa.
2. Studi Farmakovigilans Pengobatan Penyakit Kronis pada Pasien Lanjut Usia di Rawat Inap RSUD Probolinggo.
3. Pengaruh intervensi Pengelolaan Stress Terhadap Kontrol Glikemik dan Kualitas Hidup Pasien DM Tipe II dengan Komplikasi.
4. Pengembangan Piranti *My TB Alarm* terhadap Kepatuhan dan Kesembuhan Pasien Tuberkulosis di RS Baptis Batu.

Sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat, ia pun pernah mendapat hibah dari LPPM Universitas Ma Chung dan beberapa kali ikut dalam pemakalah/oral presenter yang diadakan dalam seminar pengabdian kepada masyarakat. Adapun karya hibah yang didapat dari tahun 2020 hingga sekarang, berjudul:

1. Edukasi menggunakan media booklet cara penggunaan alat inhaler dan insulin di unit pelayanan kesehatan kecamatan Klojen.
2. Penyuluhan Pengelolaan Obat Terkait Sistem Pencernaan dan Pemilihan Kontrasepsi KB di Desa Kucur, Kabupaten Malang.
3. Implementasi Alat *Dry Powder Inhaler* menggunakan Video terhadap Perilaku Penggunaan Obat yang baik dan benar di layanan kefarmasian desa Sukoharjo.

4. Implementasi pengayaan penelitian materi genetika melalui pelatihan isolasi dan uji kualitas mutu materi genetic, serta strategi pengujian materi genetik berbasis real time PCR (*Polymerase Chain Reaction*)

Lulu Setiyabudi, S.Si., M.Si.



Penulis lahir di Banyumas pada 1 Februari 1987. Pendidikan dasar dan menengah ditempuh di Purwokerto, sedangkan pendidikan tinggi baik Sarjana maupun Magister di Bandung (Institut Teknologi Bandung, ITB). Bidang keahlian yang ditekuni adalah Kimia dan Bioteknologi. Pernah menjadi dosen di Politeknik Kesehatan Kemenkes Tasikmalaya, Polkestama (2015 s.d 2018). Sejak Februari 2019, penulis bekerja sebagai dosen tetap di Prodi Farmasi, Fakultas Farmasi, Sains, dan Teknologi, Universitas Al-Irsyad Cilacap.

IMUNOLOGI

Imunitas seringkali dikaitkan dengan kemampuan tubuh seseorang dalam merespon adanya serangan dari luar tubuh, baik itu patogen maupun senyawa-senyawa asing lainnya (antigen) yang menimbulkan respon dalam tubuh. Ada banyak sekali sistem imun yang kompleks dan banyak berkontribusi untuk menciptakan kekebalan tubuh agar mampu melawan serangan sehingga tubuh bisa terhindar dari berbagai penyakit. Tentunya, setiap serangan akan melibatkan sistem imunitas yang berbeda-beda, sel dan molekul yang bertugas dalam memberikan sinyal perlawanan juga unik dan menarik.

Dalam buku ini banyak dibahas mengenai konsep dasar imunologi, imunitas adaptif dan innate. Ke-13 BAB disusun secara komprehensif dengan bahasa yang mudah dipahami. Selain itu dalam pembahasannya, perlu juga pemahaman lebih lanjut mengenai cara kerja sel B dan sel T dari mulai proses pengenalan, pematangan, hingga penyakit-penyakit yang mungkin terjadi apabila sel-sel atau molekul mengalami malfungsi sehingga menimbulkan penyakit salah satunya penyakit hipersensitif dan autoimun.