

BAB

2

ANTIBODI

Johan Sukweenadhi, Ph.D.

A. Pendahuluan

Bab ini akan membahas tentang antibodi, salah satu komponen penting dalam sistem kekebalan tubuh manusia. Antibodi, juga dikenal sebagai imunoglobulin (Ig), memiliki peran utama dalam melawan infeksi dan menjaga kesehatan tubuh. Struktur dan fungsi antibodi akan dijelaskan, bersama dengan berbagai jenis antibodi dan peranannya yang beragam dalam sistem kekebalan. Selain itu, mekanisme pembentukan antibodi akan dibahas secara rinci, termasuk aktivasi sel B, pembentukan dan seleksi klonal, serta diferensiasi sel B menjadi sel plasma yang memproduksi dan mengeluarkan antibodi. Proses ini merupakan langkah krusial dalam menghasilkan respons kekebalan yang efektif terhadap patogen yang menginfeksi tubuh.

Interaksi antigen-antibodi juga menjadi topik penting dalam bab ini. Prinsip reaksi antigen-antibodi akan diuraikan, bersama dengan penjelasan tentang mekanisme aglutinasi, lisis, dan netralisasi yang dilakukan oleh antibodi. Memahami interaksi ini sangat penting dalam memahami bagaimana antibodi bekerja dalam memerangi patogen dan melindungi tubuh. Selanjutnya, bab ini akan membahas peran penting antibodi dalam sistem kekebalan tubuh. Antibodi tidak hanya

berperan dalam pertahanan melawan infeksi, tetapi juga memiliki peran dalam imunitas pasif, di mana antibodi diberikan dari sumber eksternal untuk memberikan perlindungan sementara. Selain itu, antibodi juga memiliki peran penting dalam diagnosis penyakit dan terapi medis, di mana penggunaan antibodi spesifik dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit atau sebagai alat terapeutik.

Bab ini juga akan mengenalkan konsep antibodi monoklonal, yang merupakan antibodi yang dihasilkan oleh sel B yang sama dan memiliki spesifisitas yang sama. Pembentukan dan aplikasi antibodi monoklonal dalam pengobatan dan diagnosis medis akan dijelaskan secara detail. Terakhir, tantangan dan perkembangan terbaru dalam penelitian antibodi akan ikut diulas. Produksi antibodi rekombinan menjadi salah satu inovasi terkini dalam bidang ini, yang memungkinkan produksi antibodi dengan cara yang lebih efisien dan *scalable*. Terapi antibodi dan antibodi berukuran nano merupakan area penelitian yang menarik dengan potensi besar dalam meningkatkan penggunaan antibodi dalam pengobatan dan diagnosis. Melalui bab ini, diharapkan pembaca akan memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang antibodi, mulai dari pengenalan dasar hingga aplikasi terkini dalam bidang biomedis.

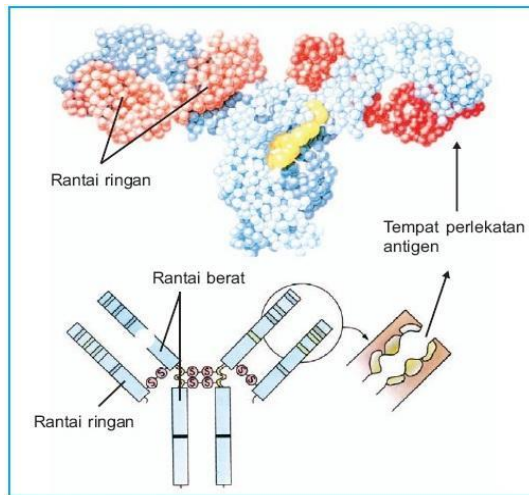
B. Pengenalan Tentang Antibodi

1. Struktur dan Fungsi Antibodi

Respons imun adalah mekanisme tubuh untuk melindungi diri dari serangan benda asing seperti bakteri, virus, dan patogen lainnya. Sistem kekebalan tubuh memiliki kemampuan untuk mengenali dan menyerang benda asing yang masuk ke dalam tubuh, baik melalui produksi antibodi atau melalui sel-sel kekebalan tubuh lainnya. Beberapa faktor dapat mempengaruhi respons imun, seperti vaksinasi, mikrobiota usus, latihan fisik, dan konsumsi suplemen atau makanan tertentu (Hasibuan and

Kolondam, 2017).

Salah satu komponen dalam respons imun adalah antibodi. Antibodi, yang juga dikenal sebagai imunoglobulin (Ig), merupakan salah satu komponen penting dalam respons imun tubuh terhadap benda asing. Antibodi memiliki struktur yang mirip dengan huruf "Y" (Gambar 9) dan berperan dalam pengenalan dan penetralan patogen seperti bakteri dan virus. Mereka berfungsi dengan mengenali molekul unik yang ada pada patogen, yang disebut antigen. Struktur antibodi terdiri dari dua rantai berat dan dua rantai ringan yang saling terhubung. Ujung "Y" dari antibodi mengandung bagian yang disebut paratop. Paratop inilah yang memiliki kemampuan untuk berikatan dengan epitop yang spesifik pada antigen. Epitop merupakan bagian pada antigen yang dikenali oleh antibodi. Kemampuan antibodi untuk berikatan dengan epitop ini memungkinkan mereka untuk menandai patogen atau sel yang terinfeksi sehingga dapat diserang oleh komponen sistem kekebalan tubuh lainnya (Pasaribu, 2016).



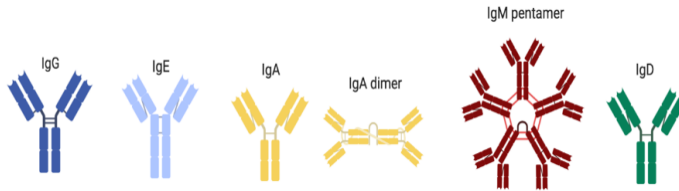
Sumber: *Biology, Raven dan Johnson*

Gambar 9 Struktur umum antibodi
(Raven and Johnson, 2002)

Selain itu, antibodi juga dapat menetralkan patogen secara langsung atau menghalangi bagian-bagian penting pada virus yang diperlukan untuk invasi. Misalnya, antibodi dapat menempel pada permukaan virus dan mencegahnya untuk berikatan dengan sel-sel tubuh yang sehat, sehingga mencegah infeksi lebih lanjut. Peran antibodi dalam respons imun sangat penting dalam memberikan perlindungan terhadap infeksi dan penyakit. Mereka membantu mobilisasi respon kekebalan tubuh dan memicu serangkaian reaksi biokimia yang bertujuan untuk mengeliminasi patogen dari tubuh. Dalam beberapa kasus, antibodi yang dihasilkan oleh sistem imun dapat memberikan kekebalan jangka panjang terhadap patogen tertentu, melindungi tubuh dari infeksi berulang (Hasibuan and Kolondam, 2017; Pasaribu, 2016).

2. Jenis-jenis Antibodi

Antibodi memiliki beberapa varian yang menentukan kelas atau isotipenya, misalnya IgA, IgD, IgE, IgG, atau IgM. Setiap kelas antibodi ini memiliki perbedaan struktural (Gambar 10) dan fungsi yang berbeda setelah mengikat antigen. Pada bagian batang tubuh antibodi yang relatif tetap, terdapat situs yang berinteraksi dengan komponen sistem imun lainnya. Interaksi ini memungkinkan antibodi untuk bekerja sama dengan sel-sel imun lainnya dalam melawan infeksi atau merespons kondisi patologis. Dengan demikian, pembagian kelas antibodi tidak hanya mencerminkan perbedaan struktural, tetapi juga menentukan fungsi yang dipicu oleh antibodi setelah terikat dengan antigen. Hal ini memungkinkan sistem kekebalan tubuh untuk memberikan respon yang tepat dan efektif terhadap berbagai jenis patogen dan zat asing lainnya yang masuk ke dalam tubuh (Lin *et al.*, 1998; Tanner *et al.*, 2019).



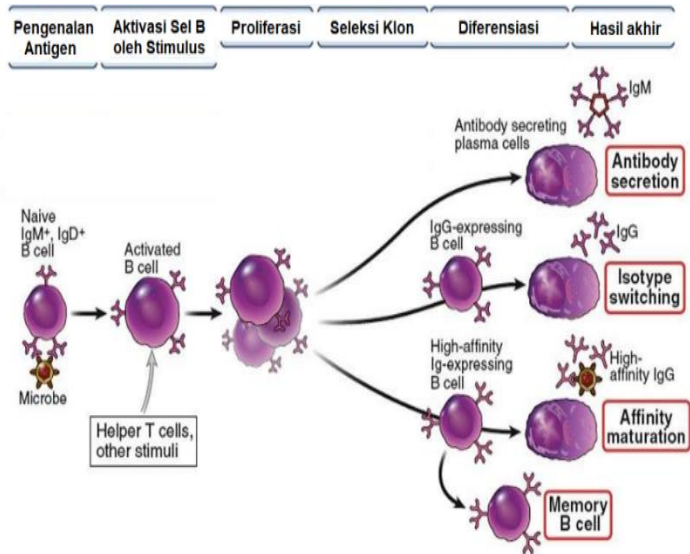
Gambar 10 Perbedaan struktur isotipe antibodi
(Zaiss et al., 2020)

Dengan pemahaman yang lebih dalam tentang peran antibodi dalam respons imun, ilmuwan dan peneliti dapat mengembangkan vaksin dan terapi yang bertujuan untuk merangsang produksi antibodi spesifik terhadap patogen tertentu. Melalui pengembangan vaksin dan terapi yang memfokuskan pada produksi antibodi spesifik, kita dapat meningkatkan perlindungan terhadap penyakit infeksi dan meningkatkan kesehatan masyarakat secara keseluruhan (Tanner *et al.*, 2019).

C. Mekanisme Pembentukan Antibodi

1. Aktivasi Sel B

Aktivasi sel B adalah proses di mana sel B, yang merupakan salah satu jenis sel imun dalam sistem kekebalan tubuh, diaktifkan untuk melawan infeksi dan penyakit. Sel B berperan penting dalam respons imun humoral, yang melibatkan produksi dan sekresi antibodi untuk melawan patogen. Proses aktivasi sel B dimulai ketika sel B mendeteksi adanya patogen atau antigen dari patogen yang masuk ke dalam tubuh (Gambar 11). Sel B memiliki reseptor permukaan yang dapat mengenali dan berikatan dengan antigen yang spesifik. Ketika reseptor sel B berikatan dengan antigen yang cocok, sel B mengalami aktivasi dan pembelahan sel B menjadi beberapa klon (Liu *et al.*, 2020).



Gambar 11 Mekanisme pembentukan antibodi
(Zhu et al., 2019)

2. Pembentukan dan Seleksi Klonal

Setiap klon ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan antibodi dengan kekhususan yang sama terhadap antigen yang diperkenalkan oleh sel B induk. Selama proses seleksi klonal, klon-klon ini akan mengalami pengujian untuk menentukan keefektifan antibodi yang dihasilkan. Klon-klon yang menghasilkan antibodi yang berkualitas dan efektif akan dipilih dan diperbanyak lebih lanjut, sementara klon-klon yang tidak efektif akan dimatikan (Gambar 11). Pembentukan dan seleksi klonal ini memainkan peran penting dalam respons kekebalan tubuh terhadap infeksi dan penyakit. Dengan memproduksi antibodi yang tepat secara spesifik, sistem kekebalan tubuh dapat melawan agen patogen dengan lebih efektif, membantu melindungi tubuh dari penyakit dan mempercepat proses pemulihan (Liu *et al.*, 2020).

3. Diferensiasi Sel B Menjadi Sel Plasma

Pada tahap selanjutnya, sel B yang terpilih akan berdiferensiasi menjadi sel plasma atau sel memori (Gambar 11). Sel plasma bertanggung jawab untuk menghasilkan dan melepaskan antibodi ke dalam sirkulasi tubuh untuk melawan antigen yang ada. Sel plasma yang sudah diferensiasi memiliki kehidupan yang terbatas dan biasanya hanya hidup selama beberapa hari hingga beberapa minggu. Sel plasma akan mengeluarkan antibodi yang diproduksinya ke dalam darah atau jaringan untuk melawan infeksi. Antibodi ini akan berikatan dengan antigen pada patogen, membantu melumpuhkan atau menghilangkan patogen tersebut. Sel plasma juga dapat berperan dalam merangsang respons imun lainnya, seperti aktivasi sel T (Liu *et al.*, 2020; Zhu *et al.*, 2019).

Sementara itu, sel memori berperan dalam menyimpan informasi tentang antigen yang dihadapi dan akan memberikan perlindungan kekebalan tubuh yang lebih cepat dan lebih kuat jika antigen tersebut datang lagi di masa depan. Diferensiasi sel B menjadi sel plasma merupakan tahap penting dalam respons imun humoral. Sel plasma memainkan peran kunci dalam produksi dan sekresi antibodi yang melawan patogen. Melalui diferensiasi ini, sistem kekebalan tubuh dapat menghasilkan respons imun yang efektif dan melindungi tubuh dari infeksi dan penyakit (Liu *et al.*, 2020).

D. Interaksi Antigen-Antibodi

1. Prinsip Reaksi antara Antigen dan Antibodi

Reaksi antara antigen dan antibodi terjadi karena adanya ikatan kimia yang spesifik antara keduanya. Antibodi memiliki daerah yang disebut situs pengikatan antigen, yang secara khusus berikatan dengan antigen yang sesuai. Ketika antigen masuk ke dalam tubuh, antibodi yang spesifik untuk antigen tersebut akan dihasilkan oleh sel B.

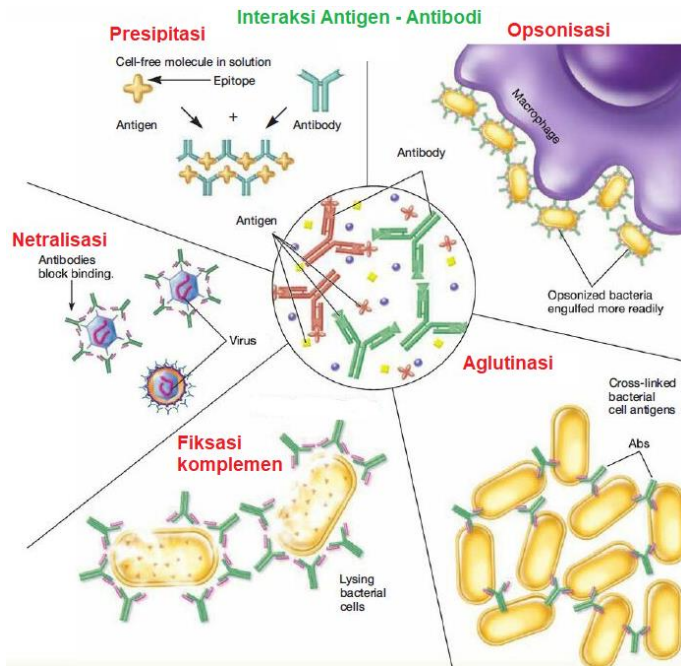
Antibodi kemudian beredar dalam darah dan jaringan tubuh, mencari antigen yang sesuai. Ketika antibodi menemukan antigen yang cocok, mereka akan berikatan melalui ikatan yang kuat dan spesifik. Reaksi antara antigen dan antibodi memiliki beberapa dampak penting dalam respons imun, seperti membantu menginaktivasi atau menghancurkan antigen, memicu respon inflamasi, dan melibatkan berbagai mekanisme untuk menghancurkan patogen. Prinsip reaksi antara antigen dan antibodi juga digunakan dalam berbagai teknik diagnostik, seperti tes imunologi. Dalam tes ini, antibodi yang spesifik terhadap antigen yang ingin dideteksi digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan antigen dalam sampel darah atau jaringan (Bishop *et al.*, 2001; Moshnikova *et al.*, 2019).

2. Mekanisme Aglutinasi, Lisis, dan Netralisasi oleh Antibodi

Antibodi memiliki peran penting dalam melawan infeksi dan penyakit melalui beberapa mekanisme, seperti aglutinasi, lisis, dan netralisasi. Mekanisme aglutinasi terjadi ketika antibodi mengenali dan berikatan dengan antigen yang ada di permukaan patogen, seperti bakteri atau virus (Gambar 12). Ketika beberapa antibodi terikat pada antigen yang sama, mereka membentuk kompleks antigen-antibodi yang besar. Hal ini mengakibatkan penggumpalan patogen menjadi kelompok yang lebih besar, yang disebut aglutinat. Aglutinasi mempermudah fagositosis, yaitu proses di mana sel fagosit menelan dan menghancurkan patogen yang diaglutinasi tersebut. Dengan membentuk aglutinat, antibodi membantu menghalangi pergerakan dan penyebaran patogen di dalam tubuh (Linse *et al.*, 2020).

Mekanisme lisis terjadi ketika antibodi memicu reaksi komplemen (Gambar 12). Komplemen adalah serangkaian protein dalam darah yang dapat diaktifkan oleh ikatan antara antibodi dan antigen. Ketika ikatan ini terbentuk, komplemen dapat mengikat ke kompleks antigen-antibodi,

dan menyebabkan aktivasi kaskade reaksi biokimia yang menghasilkan pembentukan pori pada membran patogen. Pori-pori ini memungkinkan aliran zat-zat penting, seperti ion dan air, masuk dan keluar dari patogen secara tidak terkendali, mengakibatkan pecahnya patogen dan kematian sel-selnya. Mekanisme lisis membuat pori yang merusak integritas patogen, sehingga menghancurkan patogen tersebut (Linse *et al.*, 2020).



Gambar 12 Ragam interaksi antigen dengan antibodi (Kricka and Park, 2014)

Mekanisme netralisasi terjadi ketika antibodi menghalangi kemampuan patogen untuk berinteraksi dengan sel-sel tubuh yang sehat (Gambar 12). Antibodi yang berikatan dengan antigen patogen di permukaan patogen dapat mencegah patogen tersebut untuk berikatan dengan sel-sel tubuh yang rentan terhadap infeksi. Dengan cara ini,

antibodi melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan dan infeksi yang dapat disebabkan oleh patogen tersebut. Mekanisme netralisasi penting terutama dalam melawan virus, karena virus memerlukan berikatan dengan sel-sel tubuh untuk replikasi. Dengan menghambat interaksi antara virus dan sel-sel tubuh, antibodi membantu menghentikan penyebaran infeksi (Linse *et al.*, 2020).

E. Peran Antibodi dalam Sistem Kekebalan Tubuh

1. Pertahanan Melawan Infeksi

Pertahanan melawan infeksi adalah salah satu fungsi utama sistem kekebalan tubuh yang melibatkan reaksi antara antigen dan antibodi. Ketika tubuh terpapar patogen, seperti bakteri, virus, atau jamur, sistem kekebalan tubuh akan merespons dengan mengaktifkan sel-sel imun dan memproduksi antibodi yang spesifik untuk melawan infeksi. Proses pertahanan melawan infeksi dimulai ketika patogen memasuki tubuh melalui berbagai pintu masuk, seperti saluran pernapasan, pencernaan, atau luka pada kulit. Patogen ini memiliki antigen yang dapat dikenali oleh sistem kekebalan tubuh sebagai benda asing yang perlu diatasi (Chen *et al.*, 2018; Devasahayam, 2019).

2. Peran dalam Imunitas Pasif

Antibodi dalam imunitas pasif dapat diperoleh melalui dua cara utama. Pertama, melalui transfer ibu ke janin selama kehamilan. Antibodi yang ditransfer dari ibu ke bayi melalui plasenta dapat memberikan perlindungan terhadap berbagai infeksi yang pernah dialami oleh ibu selama hidupnya. Cara kedua adalah melalui pemberian langsung antibodi yang dihasilkan oleh individu lain. Antibodi ini dapat diperoleh dari donor manusia yang telah terpapar dan pulih dari infeksi tertentu, atau dari hewan yang telah diimunisasi dengan antigen yang spesifik. Antibodi dalam imunitas pasif memberikan perlindungan instan terhadap infeksi dan memberikan perlindungan yang

singkat karena antibodi yang diberikan akan secara alami terdegradasi dan dieliminasi dari tubuh dalam jangka waktu tertentu. Oleh karena itu, perlindungan imunologis yang diberikan oleh imunitas pasif bersifat sementara dan membutuhkan dosis berulang untuk menjaga keefektifannya (Devasahayam, 2019).

3. Peran dalam Diagnosis Penyakit dan Terapi Medis

Dalam bidang diagnosis penyakit, antibodi dapat digunakan dalam tes imunologi untuk mendeteksi keberadaan antigen yang terkait dengan penyakit tertentu. Metode yang umum digunakan adalah uji serologis, di mana antibodi yang spesifik terhadap antigen penyakit tertentu ditambahkan ke dalam sampel darah atau jaringan pasien. Jika antigen tersebut ada dalam sampel, antibodi akan berikatan dengan antigen, menghasilkan reaksi yang dapat diukur. Hasil tes ini dapat memberikan informasi penting dalam mendiagnosis penyakit, seperti infeksi virus atau bakteri, penyakit autoimun, atau kanker (Moshnikova *et al.*, 2019).

Antibodi juga digunakan dalam teknik immunoassay, seperti ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*) dan *Westernblotting*. Teknik ini berguna dalam memantau perkembangan penyakit, mengukur kadar obat dalam tubuh, dan mendeteksi adanya substansi berbahaya, seperti narkotika atau bahan kimia beracun. Selain dalam diagnosis, antibodi juga memiliki peran dalam terapi medis. Konsep yang mendasari terapi antibodi adalah memanfaatkan antibodi yang spesifik untuk mengenali dan melawan target tertentu dalam tubuh, seperti sel kanker atau protein yang terlibat dalam proses penyakit (Chai *et al.*, 2017).

F. Tantangan dan Perkembangan Terbaru dalam Penelitian Antibodi

1. Antibodi Monoklonal

Antibodi monoklonal adalah jenis antibodi yang dihasilkan dalam laboratorium dengan menggunakan teknologi rekayasa genetika. Antibodi monoklonal memiliki keistimewaan karena dapat dihasilkan dalam jumlah besar dan memiliki spesifisitas yang tinggi terhadap antigen yang ditargetkan. Proses produksi antibodi monoklonal dimulai dengan memperoleh sel B yang diaktifkan secara spesifik melawan antigen yang diinginkan. Sel B ini kemudian diisolasi dan digabungkan dengan sel tumor yang tumbuh dengan cepat, yang dikenal sebagai sel mieloma. Hasil dari fusi ini adalah hibridoma, yaitu sel yang memiliki kemampuan untuk terus membelah diri secara tak terbatas dan memproduksi antibodi yang spesifik terhadap antigen.

Antibodi monoklonal dapat digunakan dalam berbagai aplikasi di bidang medis dan penelitian. Dalam bidang diagnostik, mereka dapat digunakan dalam tes laboratorium untuk mendeteksi keberadaan antigen tertentu, seperti tes kehamilan atau deteksi penyakit tertentu. Selain itu, antibodi monoklonal juga digunakan dalam terapi imunologi. Mereka dapat digunakan sebagai agen terapeutik untuk mengobati penyakit seperti kanker, penyakit autoimun, atau infeksi. Antibodi monoklonal dapat berikatan dengan antigen yang ada pada sel kanker atau sel yang terlibat dalam penyakit autoimun, menghancurkan sel-sel tersebut atau menghambat aktivitas yang merugikan(Quinteros *et al.*, 2017).

2. Antibodi Rekombinan

Antibodi rekombinan adalah antibodi yang diproduksi secara buatan dalam laboratorium menggunakan teknologi DNA rekombinan. Proses ini melibatkan penggabungan gen yang mengkodekan fragmen dari antibodi manusia ke dalam sel-sel inang seperti bakteri

atau sel mamalia untuk menghasilkan antibodi yang dapat diproduksi secara massal. Pembuatan antibodi rekombinan dimulai dengan isolasi gen yang mengkodekan rantai berat (*heavy chain*) dan rantai ringan (*light chain*) dari sel-sel B manusia yang menghasilkan antibodi spesifik.

Gen-gen ini kemudian dimodifikasi dan disisipkan ke dalam sel inang, di mana sel inang akan menggunakan instruksi genetik untuk memproduksi dan menggabungkan kedua rantai antibodi. Hasilnya adalah antibodi rekombinan yang memiliki struktur dan fungsi serupa dengan antibodi yang dihasilkan secara alami oleh sel B manusia. Antibodi rekombinan ini dapat mengenali dan berikatan dengan antigen yang spesifik dengan tingkat keakuratan yang tinggi. Keuntungan utama dari antibodi rekombinan adalah kemampuan untuk memproduksi antibodi dalam jumlah yang besar dan konsisten. Hal ini memungkinkan penggunaan antibodi rekombinan dalam berbagai aplikasi di bidang medis dan penelitian, seperti dalam pengembangan terapi imunologi, diagnosis penyakit, dan penelitian biologi molekuler (Chai *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2018).

3. Terapi Antibodi

Antibodi yang telah dimodifikasi secara laboratorium dapat digunakan sebagai terapi untuk menghambat pertumbuhan sel kanker atau modulasi respons imun tubuh. Terapi antibodi juga digunakan dalam pengobatan penyakit autoimun. Dalam kondisi ini, sistem kekebalan tubuh menyerang jaringan sehat, sehingga antibodi yang spesifik dapat diarahkan untuk menghambat respons imun yang berlebihan dan meredakan gejala penyakit. Selain itu, terapi antibodi juga digunakan dalam pengobatan infeksi virus, seperti infeksi HIV. Beberapa antibodi yang telah dikembangkan dapat menghambat replikasi virus dan melindungi sel-sel tubuh dari infeksi (Chai *et al.*, 2017).

4. Antibodi Berukuran Nano

Antibodi nano adalah bentuk modifikasi dari antibodi biasa yang dirancang untuk memiliki ukuran yang sangat kecil, yaitu dalam skala nano atau kurang dari 100 nanometer. Ukuran nano ini memberikan sejumlah keuntungan dalam penggunaan antibodi. Pertama, ukuran yang kecil memungkinkan antibodi nano untuk lebih mudah menembus jaringan dan masuk ke dalam tempat-tempat yang sulit dijangkau oleh antibodi konvensional yang lebih besar. Selain itu, ukuran nano juga memungkinkan antibodi nano untuk memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan antibodi konvensional. Penggunaan antibodi nano memberikan potensi besar dalam meningkatkan diagnosa dan pengobatan penyakit. Dalam penelitian lebih lanjut, para ilmuwan terus mengembangkan berbagai metode untuk merancang dan memproduksi antibodi nano dengan ukuran yang sesuai dan fungsi yang diinginkan. Mereka menggunakan teknik seperti nanoteknologi, rekayasa genetik, dan konjugasi dengan nanopartikel untuk menciptakan antibodi nano yang efektif dan aman (Ouyang *et al.*, 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Bishop, G., Ramirez, L., Baccam, M., Busch, L., Pederson, L., and Tomai, M. (2001) The immune response modifier resiquimod mimics CD40-induced B cell activation. *Cellular Immunology* 208(1): 9-17.
- Chai, N., Swem, L. R., Park, S., Nakamura, G., Chiang, N., Estevez, A., Fong, R., Kamen, L., Kho, E., Reichelt, M., Lin, Z., Chiu, H., Skippington, E., Modrusan, Z., Stinson, J., Xu, M., Lupardus, P., Ciferri, C., and Tan, M. W. (2017) A broadly protective therapeutic antibody against influenza B virus with two mechanisms of action. *Nature Communications* 8(14234): 1-18.
- Chen, X., Liu, S., Goraya, M. U., Maarouf, M., Huang, S., and Chen, J. L. (2018) Host Immune Response to Influenza A Virus Infection. *Frontiers in Immunology* 9(320): 1-13.
- Devasahayam, S. R. (2019) Immune Response to Infection. *Signals and Systems in Biomedical Engineering: Physiological Systems Modeling and Signal Processing*, 319-326. doi:10.1007/978-1-4614-5332-1_14.
- Hasibuan, F. E. B., and Kolondam, B. J. (2017) Interaksi Antara Mikrobiota Usus Dan Sistem Kekebalan Tubuh Manusia. *Jurnal Ilmiah Sains* 2017: 35-42.
- Kricka, L. J., and Park, J. Y. (2014) Assay Principles in Clinical Pathology. *Pathobiology of Human Disease: A Dynamic Encyclopedia of Disease Mechanisms*, 3207-3221. doi:10.1016/B978-0-12-386456-7.06302-4.
- Lin, S. S., Weidner, B. C., Byrne, G. W., Diamond, L. E., Lawson, J. H., Hoopes, C. W., Daniels, L. J., Daggett, C. W., Parker, W., Harland, R. C., Davis, R. D., Bollinger, R. R., Logan, J. S., and Platt, J. L. (1998) The role of antibodies in acute vascular rejection of pig-to-baboon cardiac transplants. *The Journal of clinical investigation* 101(8): 1745-1756.

- Linse, S., Scheidt, T., Bernfur, K., Vendruscolo, M., Dobson, C. M., Cohen, S. I. A., Sileikis, E., Lundqvist, M., Qian, F., O'Malley, T., Bussiere, T., Weinreb, P. H., Xu, C. K., Meisl, G., Devenish, S. R. A., Knowles, T. P. J., and Hansson, O. (2020) Kinetic fingerprints differentiate the mechanisms of action of anti-A β antibodies. *Nature Structural & Molecular Biology* 27(12): 1125–1133.
- Liu, J., Wang, Y., Min, Q., Xiong, E., Heyman, B., and Wang, J. Y. (2020) Regulation of Humoral Immune Responses and B Cell Tolerance by the IgM Fc Receptor (Fc μ R). *Advances in experimental medicine and biology* 1254: 75–86.
- Moshnikova, A., Maksimchuk, V., Lapin, S., Nazarov, V., Surkova, E., Novikov, S., Makshakov, G., Krutetskaya, I., Krasnov, V., Kushnir, Y., and Neofidov, N. (2019) Diagnostic significance of intrathecally synthesized immunoglobulins against neurotropic viruses (MRZ-reaction) in diagnosis of multiple sclerosis. *Russian Journal of Infection and Immunity* 9(5–6): 703–712.
- Ouyang, X., De Stefano, M., Krissanaprasit, A., Bank Kodal, A. L., Bech Rosen, C., Liu, T., Helmig, S., Fan, C., and Gothelf, K. V. (2017) Docking of Antibodies into the Cavities of DNA Origami Structures. *Angewandte Chemie* 129(46): 14615–14619.
- Pasaribu, D. (2016) Heterogenitas pada Struktur Genotipe Hepatitis C Virus. *Jurnal Kedokteran Meditek* 22(59): 1–6.
- Quinteros, D. A., Bermúdez, J. M., Ravetti, S., Cid, A., Allemandi, D. A., and Palma, S. D. (2017) Therapeutic use of monoclonal antibodies: general aspects and challenges for drug delivery. *Nanostructures for Drug Delivery* : 833. doi:10.1016/B978-0-323-46143-6.00025-7.
- Raven, P. H., and Johnson, G. B. (2002) *Biology*. Biology. Boston, United States: McGraw-Hill .

- Tanner, R., Villarreal-Ramos, B., Vordermeier, H. M., and McShane, H. (2019) The Humoral Immune Response to BCG Vaccination. *Frontiers in Immunology* 10(1317): 1-19.
- Zaiss, D., Verbeek, S., Vukovic, N., and Elsas, A. van (2020) Isotype selection for antibody-based cancer therapy. *Authorea Preprints* : 1-17. doi:10.22541/AU.159647172.29603104.
- Zhu, H., Bhatt, B., Sivaprakasam, S., Cai, Y., Liu, S., Kodeboyina, S. K., Patel, N., Savage, N. M., Sharma, A., Kaufman, R. J., Li, H., and Singh, N. (2019) Ufbp1 promotes plasma cell development and ER expansion by modulating distinct branches of UPR. *Nature Communications* 10(1): 1-15.

EDITOR

dr. Muh. Rustam HN, M.Kes, Sp.OT
Dr. Wa Ode Salma, SST., M.Kes
dr. Tomy Nurtamin, M.Sc, M.Ked.Klin, Sp.U



IMUNOLOGI DASAR

Muhammad Ilyas Y. | Johan Sukweenadhi | Paula Mariana Kustiawan | Firdayanti
Ari Nuswantoro | R. Agus Wibowo | Aan Yulianingsih Anwar | Evy Yulianti
Herlinda Djohan | Parawansah | Menik Kasiyati | Nuralifah
Susanti | Nidaul Hasanah | Asriati | Kinik Darsono



eureka
media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-151-246-8



9 786231 512468

IMUNOLOGI DASAR

Dr. apt. Muhammad Ilyas Y., M.Imun.
Johan Sukweenadhi, Ph.D.
Paula Mariana Kustiawan, Ph.D.
Firdayanti, S.Si., M.Sc.
Ari Nuswantoro, S.Si., S.ST, M.Imun.
Dr. R. Agus Wibowo S, S. Si, M.Sc.
Aan Yulianingsih Anwar, S.ST., M.Kes.
Dr. Evy Yulianti, M.Sc.
Herlinda Djohan,SKM,M.Si.
Parawansah, S.Farm., M.Kes., Apt.
Menik Kasiyati, S.ST, M.Imun.
Nuralifah, S.Farm., M.Kes.,Apt.
Susanti, S.ST., M.Kes.
apt. Nidaul Hasanah, M. Clin. Pharm.
Dr. dr Asriati, M. Kes.
dr. Kinik Darsono, M.Med. Ed.



PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

IMUNOLOGI DASAR

Penulis : Dr. apt. Muhammad Ilyas Y., M.Imun.; Johan Sukweenadhi, Ph.D.; Paula Mariana Kustiawan, Ph.D.; Firdayanti, S.Si., M.Sc.; Ari Nuswantoro, S.Si., S.ST, M.Imun ; Dr. R. Agus Wibowo S,S. Si., M.Sc.; Aan Yulianingsih Anwar, S.ST., M.Kes.; Dr. Evy Yulianti, M.Sc.; Herlinda Djohan,SKM,M.Si.; Parawansah, S.Farm., M.Kes., Apt.; Menik Kasiyati, S.ST, M.Imun.; Nuralifah, S.Farm., M.Kes.,Apt.; Susanti, S.ST., M.Kes.; apt. Nidaul Hasanah, M. Clin. Pharm.; Dr. dr. Asriati M. Kes; dr. Kinik Darsono, M.Med. Ed.

Editor : dr. Muh. Rustam HN, M.Kes, Sp.OT
Dr. Wa Ode Salma, SST., M.Kes
dr. Tomy Nurtamin, M.Sc, M.Ked.Klin, Sp.U

Penyunting : Andi Noor Kholidha Syarifin, S.Si., M.Biomed,

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Herlina Sukma

ISBN : 978-623-151-246-8

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, JULI 2023**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel :eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2023

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh,

Alhamdulillah Robbil Aalamiin, segala puji penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah menciptakan makhluk hidup yang paling sempurna di muka bumi ini yaitu "manusia" yang dilengkapi mekanisme perlindungan dalam tubuhnya yang begitu sempurna dan kompleks yang disebut "Sistem Imunitas", sehingga buku *Imunologi Dasar* dapat kami selesaikan dengan baik.

Buku ini disusun untuk menambah referensi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dibidang *Imunologi*. Buku *Imunologi Dasar* ini memuat dasar-dasar imunologi, diperuntukkan untuk mahasiswa yang baru belajar imunologi di segala jenjang strata mana saja, pendidikan formal yang diikuti dan juga bagimereka yang tidak menempuh pendidikan formal tetapi tertarik untuk belajar imunologi. Kami harap buku ini akan berguna untuk mereka semua, menjadi bekal dan sehingga dapat mengikuti perkembangan ilmu yang demikian maju.

Penulis mencoba menyusun buku ini sesuai kompetensi yang dibutuhkan mahasiswa dengan bahasa, analogi, atau ilustrasi gambar yang mudah dipahami oleh pembaca. Buku ini tersusun 16 Bab yang terdiri dari :

- Bab 1 Pengantar Sistem Imun
- Bab 2 Antibodi
- Bab 3 Pengenal Antigen
- Bab 4 Reaksi Antigen-Antibodi
- Bab 5 Sistem Komplemen
- Bab 6 Antibodi Monoklonal
- Bab 7 Imunitas Alami
- Bab 8 Imunitas Seluler
- Bab 9 Respon Imun Humoral
- Bab 10 Toleransi Imunologik dan Autoimunitas
- Bab 11 Respon Imun Terhadap Tumor
- Bab 12 Hipersensitivitas
- Bab 13 Immunodefisiensi Kongental dan Didapat
- Bab 14 Vaksin dan Vaksinasi

Bab 15 Respon Imun Terhadap Agen Pathogen

Bab 16 Penyakit yang Disebabkan Oleh Respon Imun

Karena buku ini masih memiliki banyak kekurangan, baik isi maupun cara penyajian, segala saran dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan buku ini sangat diharapkan. Dengan demikian bisa menjadi petunjuk perbaikan untuk buku ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan buku ini. Semoga buku ini bisa menjadi sumber rujukan agar mahasiswa lebih mudah mempelajari dasar-dasar Immunologi. Kebaikan buku ini semoga terus mengalir kepada siapa saja yang membacanya, menggunakan keilmuannya dalam beramal kebajikan dan bermanfaat bagi insan manusia.

Wasalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh.

Kendari, 27 Juni 2023

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENGANTAR SISTEM IMUN	1
A. Definisi Sistem Imun	1
B. Fungsi Sistem Imun	4
C. Struktur Sistem Imun	8
D. Organ dan Jaringan Sistem Imun.....	15
DAFTAR PUSTAKA.....	21
BAB 2 ANTIBODI.....	22
A. Pendahuluan.....	22
B. Pengenalan Tentang Antibodi.....	23
C. Mekanisme Pembentukan Antibodi	26
D. Interaksi Antigen-Antibodi.....	28
E. Peran Antibodi dalam Sistem Kekebalan Tubuh.....	31
F. Tantangan dan Perkembangan Terbaru dalam Penelitian Antibodi.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	36
BAB 3 PENGENAL ANTIGEN	39
A. Pendahuluan	39
B. Spesifikasi Antigen	44
C. Spesifikasi Spesies	45
D. Isospesifitas	46
E. Autospesifik	46
F. Spesifikasi Organ.....	47
G. Spesifikasi Heterofil.....	47
H. Hapten	48
I. Superantigen.....	49
J. Metode Pengenal Antigen	49
DAFTAR PUSTAKA.....	51
BAB 4 PENGENAL ANTIGEN	52
A. Pendahuluan.....	52
B. Reaksi Antigen-Antibodi Melibatkan Berbagai Ikatan Kimia.....	55

	C. Kekuatan Interaksi Ag-Ab	57
	D. Reaktivitas Silang.....	59
	DAFTAR PUSTAKA	68
BAB 5	SISTEM KOMPLEMEN	70
	A. Pendahuluan	70
	B. Fungsi Sistem Komplemen	71
	C. Komponen Sistem Komplemen	72
	D. Aktivasi Komplemen.....	73
	E. Regulasi Kinerja Komplemen	76
	F. Sistem Komplemen dan Kekebalan Adaptif	77
	G. Analisa Komplemen pada Laboratorium Klinik.....	78
	DAFTAR PUSTAKA	84
BAB 6	ANTIBODI MONOKLONAL	86
	A. Pendahuluan	86
	B. Sejarah Perkembangan Antibodi Monoklonal	87
	C. Produksi Antibodi Monoklonal.....	88
	G. Keunggulan dan Kerugian Metode Produksi Antibodi Monoklonal	96
	H. Jenis Antibodi Monoklonal	98
	I. Penggunaan Antibodi Monoklonal.....	103
	J. Efek Samping Antibodi Monoklonal	113
	DAFTAR PUSTAKA	116
BAB 7	IMUNITAS ALAMI.....	118
	A. Pendahuluan	118
	B. Pertahanan Mekanik.....	120
	C. Pertahanan Biokimia.....	120
	D. Pertahanan Humoral	121
	E. Pertahanan Seluler	126
	DAFTAR PUSTAKA	128
BAB 8	IMUNITAS SELULER	129
	A. Pendahuluan	129
	B. Imunitas Adaptif.....	131
	C. MekanismeAktivasi Sel-T dan Fungsi Efektor	133
	D. Responsel T CD8 sitotoksik.....	135
	E. Ekspresi Molekulco <i>Inhibitory</i> pada Sel T Efektor	137
	DAFTAR PUSTAKA	140

BAB 9	RESPON IMUN HUMORAL	142
	A. Pendahuluan	142
	B. Komponen <i>HumoralInnate Immune</i>	143
	C. Imunitas dan Infeksi Bawaan Humoral.....	146
	DAFTAR PUSTAKA.....	157
BAB 10	TOLERANSI IMUNOLOGIK DAN AUTOIMUNITAS.....	159
	A. Pendahuluan	159
	B. Tahapan Toleransi	160
	C. Toleransi Klinis sebagai Sumber Biomarker	174
	DAFTAR PUSTAKA.....	176
BAB 11	RESPON IMUN TERHADAP TUMOR.....	178
	A. Pengenalan dan Deskripsi Tumor.....	178
	B. Respon Imun terhadap Tumor	181
	C. <i>Tumor Associated Antigen</i>	186
	D. Immunodiagnosis dan Manajemen Tumor	188
	E. Immunoterapi.....	192
	DAFTAR PUSTAKA.....	194
BAB 12	HIPERSENSITIVITAS	195
	A. Definisi Hipersensitivitas.....	195
	B. Klasifikasi Reaksi Hipersensitivitas	195
	C. Hipersensitivitas Tipe I (<i>Immediate Hypersensitivity</i>).....	197
	D. Hipersensitivitas Tipe II (<i>Cytotoxic Antibody Reactions</i>).....	200
	E. Hipersensitivitas Tipe III (<i>Immune Complex Reaction</i>)	201
	F. Hipersensitivitas Tipe IV (<i>Delayed Type Hypersensitivity (DTH)</i>).....	204
	DAFTAR PUSTAKA.....	208
BAB 13	IMUNODEFISIENSI KONGENITAL DAN DIDAPAT.....	209
	A. Pendahuluan	209
	B. Immunodefisiensi Kongenital dan Didapat	210
	DAFTAR PUSTAKA.....	223
BAB 14	VAKSIN DAN VAKSINASI	227
	A. Sejarah Vaksinasi.....	227

	B. Prinsip Dasar Vaksinasi	228
	C. Jenis dan Jadwal Imunisasi	229
	D. Kejadian Ikutan Pasca Imunisasi (KIPI).....	246
	DAFTAR PUSTAKA	248
BAB 15	RESPON IMUN TERHADAP AGEN PATHOGEN...250	
	A. Pengertian.....	250
	B. Klasifikasi Respon Imun	251
	C. Respons Imun terhadap Bakteri Ekstraseluler	254
	DAFTAR PUSTAKA	264
BAB 16	PENYAKIT RESPON IMUN	265
	A. Pendahuluan	265
	B. Penyakit Auto Imun	266
	C. Penyakit Alahan (Allergy)	267
	D. Penyakit Auto Inflamasi.....	269
	E. Teknologi Bidang Penyakit Autoimun	270
	F. Kesimpulan	272
	DAFTAR PUSTAKA	274
	TENTANG PENULIS.....	275

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Mekanisme sistem imun tubuh	7
Gambar 2 Proses maturasi sel-sel imun tubuh	8
Gambar 3 Sel-Sel utama sistem imun tubuh	9
Gambar 4 Sistematika sistem imun tubuh	10
Gambar 5 Komponen sistem imun sebagai sel efektor	13
Gambar 6 Morfologi kelenjar limfe (A), dan morfologi limpa (B)	16
Gambar 7 Tempat Pematangan sel imun dalam organ limfoid	17
Gambar 8 Proses migrasi limfosit T dalam organ limfoid	18
Gambar 9 Struktur umum antibodi	24
Gambar 10 Perbedaan struktur isotipe antibodi	26
Gambar 11 Mekanisme pembentukan antibodi	27
Gambar 12 Ragam interaksi antigen dengan antibodi	30
Gambar 13 Epitop pada antigen	44
Gambar 14 Konjugasi Hapten-Carrier	48
Gambar 15 Antibodi berikatan dengan antigen spesifik: interaksi yang mirip dengan sebuah gembok dan kunci	54
Gambar 16 Interaksi antigen-antibodi	55
Gambar 17 Ikatan non kovalen menyatukan kompleks antigen- antibodi	57
Gambar 18 Interaksi Ag-Ab : afinitas dan aviditas	59
Gambar 19 Tes aglutinasi	61
Gambar 20 Rasio Antigen-antibodi dalam presipitasi	62
Gambar 21 Uji fiksasi komplemen	65
Gambar 22 Enzyme linked Immunosorbent Assay (ELISA)	66
Gambar 23 Radioimmunoassay (RIA)	67
Gambar 24 Jalur aktivasi komplemen	75
Gambar 25 Uji hemolisis CH50 (jalur klasik) dan AH50 (jalur alternatif)	80
Gambar 26 Uji Liposom (dua tahap) untuk pengukuran fungsi komplemen jalur klasik	81
Gambar 27 Metode ELISA untuk pengukuran fungsi ketiga jalur aktivasi komplemen	82
Gambar 28 Tipe immunoglobulin	93

Gambar 29	Potensial imunogenisitas.....	94
Gambar 30	Komponen pertahanan pertama.....	119
Gambar 31	Komponen pertahanan kedua.....	119
Gambar 32	Imunitas adaptif: aktivasi dan fungsi Sel-T dan Sel-B.....	132
Gambar 33	Mekanisme aktivasi Sel-T dan fungsi efektor.....	134
Gambar 34	Tinjauan respon limfosit T CD8 sitotoksik	135
Gambar 35	Mekanisme sitotoksitas yang dimediasi CTL	136
Gambar 36	Ekspresi molekul pengatur setelah infeksi patogen	139
Gambar 37	Model dua-sinyal dari jalur kostimulatori dan penghambatan.....	162
Gambar 38	Jalur kostimulatori dan pos pemeriksaan tambahan	165
Gambar 39	Jalur penginduksi toleransi di timus dan pinggiran	168
Gambar 40	Konsekuensi aktivasi dan fungsional sel penekan....	173
Gambar 41	Jenis reaksi hipersensitivitas	196
Gambar 42	Mekanisme anafilaksis.....	198
Gambar 43	Mekanisme umum reaksi hipersensitif tipe I	199
Gambar 44	Gambaran umum jalur aktivasi komplemen.....	202
Gambar 45	Pengembangan reaksi arthus local (Type III Hypersensitive Reaction)	203
Gambar 46	Respon reaksi hipersensitivitas tipe IV	205
Gambar 47	Respon imun terhadap agen penginfeksi	254

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Pentingnya sistem imun dalam keadaan sehat maupun sakit	5
Tabel 2 Mekanisme respon imun non spesifik.....	120
Tabel 3 Protein fase akut.....	121
Tabel 4 Faktor antimicrobial nonantibodi dalam plasma	124
Tabel 5 Komponen sistem imun nonspesifik	126
Tabel 6 Virus yang menginduksi tumor.....	187
Tabel 7 Contoh antigen oncofetal.....	187
Tabel 8 Marker umum tumor	189
Tabel 9 Karakteristik umum dari empat jenis reaksi hipersensitivitas yang didefinisikan oleh gell dan coombs...	197
Tabel 10 Jenis dan komponen vaksin.....	228
Tabel 11 Jadwal imunisasi anak usia 0-18 tahun (IDAI, 2023).....	230
Tabel 12 Aturan pemberian imunisasi bagi anak usia 9-36 bulan yang terlambat mendapatkan imunisasi dasar dan lanjutan	234
Tabel 13 Jadwal imunisasi dewasa.....	235
Tabel 14 Rekomendasi vaksinasi untuk dewasa dengan medis/kondisi tertentu.....	237
Tabel 15 Rekomendasi vaksinasi covid-19 untuk dewasa	241

TENTANG PENULIS



Dr. apt. Muhammad Ilyas Yusuf, M.Imun. lahir di Jeneponto, pada 06 Maret 1981. Ia menyelesaikan pendidikan S1-Farmasi di UIT Makassar tahun 2005, Profesi Apoteker UNPAD tahun 2008, Program Magister Immunologi di UNAIR tahun 2014 dan Program Doktor Farmasi di Fakultas Farmasi UNPAD tahun 2023. Saat ini sebagai dosen tetap di Fakultas Farmasi UHO sejak tahun 2015 - sekarang, dan Politeknik Bina Husada Kendari tahun 2008 - sekarang, dengan mengampu mata kuliah Immunologi, Immunologi dasar, Immunoserologi, Kimia klinik dan Diagnostik, Farmakologi serta menghasilkan beberapa karya publikasi internasional bereputasi Q1-Q4, nasional terakreditasi, serta beberapa buku. Beliau juga aktif berpraktik sebagai apoteker di Apotek Bali Perdana Kendari sejak 2008 - sekarang.



Johan Sukweenadhi, Ph.D. lahir di Surabaya, 30 Agustus 1989 silam. Saat ini, pria yang akrab dipanggil Johan ini bekerja sebagai dosen di Fakultas Teknobiologi, Universitas Surabaya. Selain aktif melakukan kegiatan penelitian, Johan juga telah menjadi reviewer dan editor jurnal internasional, menulis buku-buku monograf dan buku-buku referensi, serta menjadi konsultan riset untuk Kalbe Ubaya Hanbang-Bio Lab dan Tanemi Hydroponics. Bidang riset yang menjadi minatnya adalah kultur jaringan tanaman, fisiologis tanaman terhadap stres, rekayasa genetika tanaman, pangan fungsional dan

interaksi mikroba dengan tanaman.



Paula Mariana Kustiawan, Ph.D. lahir di Samarinda, pada 14 Maret 1989. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana Kehutanan di Universitas Mulawarman 2010, Magister Ilmu Farmasi di Universitas Gadjah Mada 2012 dan Doktor bidang Bioteknologi di Chulalongkorn University, Thailand 2016. Paula pernah mengikuti penelitian di Chulabhorn Research Institute (Thailand) dan Gifu Pharmaceutical University (Jepang). Paula adalah anak dari pasangan Adriani Wawan (ibu) dan Wawan Kustiawan (ayah). Penelitian yang dilakukan Paula dipublikasikan dan didiseminasikan dalam berbagai jurnal dan seminar dalam dan luar negeri. Paula saat ini adalah dosen di Fakultas Farmasi UMKALTIM.



Firdayanti, S.Si., M.Sc., lahir di Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara. Menekuni dunia pendidikan sejak tahun 2011 di kampus Politeknik Bina Husada Kendari. Gelar Sarjana diperolehnya dari Universitas Hasanuddin Makassar jurusan S1 Teknologi Laboratorium Kesehatan dan Magister diperolehnya dari Universitas Gadjah Mada (UGM) jurusan Ilmu Kedokteran Tropis. Sehari-hari menjadi Dosen dan Ketua Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Bina Husada Kendari.



Ari Nuswantoro, S.Si., S.ST, M.Imun., lahir di Pontianak, 25 September 1982, memiliki kualifikasi D3 Teknologi Laboratorium Medis, S1 Biologi, D4 Kesehatan Lingkungan, dan S2 Immunologi; saat ini menjadi dosen mata kuliah Immunologi-Serologi, Bakteriologi, dan Virologi di Jurusan Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Pontianak dan ingin mengabdikan ilmu sebanyak-banyak demi tabungan amal jariyah dan kebahagiaan bagi ayah (Danuri), ibu (Tri Haryati), istri, dan ketiga anaknya, dunia dan akhirat.



Dr. R. Agus Wibowo S., S.Si., M.Sc. Menyelesaikan studi Doktorat pada Program Studi Ilmu Kedokteran dan Kesehatan FKMK Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan peminatan Biomedis. Penulis menekuni bidang penelitian Biologi molekuler, dan bekerja pada Balai Litbangkes Magelang, Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.



Aan Yulianingsih Anwar, M.Kes., lahir di Ujung pandang, pada 20 Juli 1988. Ia tercatat sebagai lulusan UNHAS Jurusan S2 Biomedik. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Sehari-hari penulis merupakan dosen di Poltekkes Kemenkes Ternate Jurusan Teknologi Laboratorium Medis sejak tahun 2019.



Dr. Evy Yulianti, M.Sc., lahir di Bandung, pada tanggal 26 Juli 1980. Ia tercatat sebagai lulusan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada (S1), FKKMK Universitas Gadjah Mada (S2 dan S3). Wanita yang kerap disapa Evy ini adalah anak dari pasangan Alip Bin Umar (ayah) dan Sri Sukanti (ibu). Evy saat ini bekerja sebagai dosen di Departemen Pendidikan Biologi Universitas Negeri Yogyakarta



Herlinda Djohan, SKM, M.Si. lahir di Pontianak, pada 7 Mei 1973. Pendidikan terakhir di Universitas Tanjungpura. Wanita yang kerap disapa bu Jojo oleh mahasiswa mahasiswa TLM Pontianak ini adalah anak dari pasangan Alm Djohan (ayah) dan Almh Djaurah (ibu). Herlinda Djohan adalah anak ke 7 dari 9 bersaudara sampai saat ini beliau bekerja sebagai dosen di Poltekkes Kemenkes Pontianak di Jurusan Teknologi Laboratorium Medis



Parawansah, S.Farm., M.Kes., Apt. lahir di Toli-Toli, 20 Januari 1984. Penulis menempuh pendidikan S1 di Fakultas Farmasi Universitas Indonesia Timur (2001), kemudian menempuh Pendidikan Profesi Apoteker di Universitas Padjadjaran (2005) dan S2 Ilmu Biomedik di Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Selama mengabdikan sebagai Dosen di Universitas Halu Oleo, penulis pernah menjabat sebagai Koordinator Jaminan Mutu Fakultas Kedokteran (2016-2018), Ketua Unit Jaminan Mutu dan Sistem Informasi Fakultas Kedokteran (2018-2020), Wakil Dekan Bidang

Umum, Perencanaan dan Keuangan Fakultas Kedokteran (2020-Sekarang).

Penulis telah mendapatkan penghargaan Satya Lencana Karya Satya X Tahun (2021), penulis juga telah melaksanakan beberapa penelitian, dan beberapa luarannya telah terdaftar HKI Karya Cipta, antara lain : Penghambatan Xantin Oksidase dari Ekstrak Etanol Herba Suruhan (*Peperomia pellucida* L.), Herba Akar Kucing (*Acalypha indica* L.), dan Buah Pare (*Momordica charantia* L.); Efek Immunomodulator Ekstrak Etanol Buah Pare (*Momordica charantia* L.) Melalui Pengukuran Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit Secara In Vitro; dan Aktivitas Ekstrak Etanol Daun Notika (*Archboldiodendron calosercium* Kobuski) sebagai Antimalaria Secara In Vitro.



Menik Kasiyati, S.ST, M.Imun lahir di Bantul tanggal 19 Oktober 1981. Penulis menyelesaikan pendidikan D4 pada Jurusan Analis Kesehatan Poltekkes Depkes Yogyakarta dan melanjutkan S2 pada Sekolah Pasca Sarjana Universitas Airlangga. Penulis menekuni bidang menulis dan melakukan penelitian di bidang imunologi.



Nuralifah S. Farm., M.Kes., Apt, lahir di Pangkep, pada 8 Mei 1984. Ia tercatat sebagai lulusan S1 Universitas Indonesia Timur (UIT) Makassar (2003-2007), Profesi Apoteker Universitas Islam Indonesia Yogyakarta (2007-2008) dan S2 Biomedik Universitas Hasanuddin Makassar (2010-2012). Wanita yang kerap disapa Alifah ini adalah anak dari

pasangan Muntu Amin (Bapak) dan Sitti Habubah (mama). Saat ini diamanahkan sebagai Ketua Jurusan Fakultas Farmasi Universitas Halu Oleo Kendari.



Susanti, S.ST., M.Kes lahir di Bonea, pada 27 Agustus 1988. Penulis yang kerap disapa Santi ini adalah anak dari pasangan Alm. La Ode Insafu, S.Pd (ayah) dan Almh. Wa Ode Nurnia (ibu). Susanti merupakan staf dosen di Prodi D3 Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Bina Husada Kendari. Penulis menekuni bidang Kimia Klinik, Hematologi, dan Imunoserologi.



apt. Nidaul Hasanah, M. Clin. Pharm., lahir di Rumbai (Pekanbaru), 13 Januari 1983, merupakan anak terakhir dari pasangan Anwar Umar (Ayah) dan Leily Syofyan (Ibu). Beliau tercatat sebagai Apoteker Klinis lulusan Universitas Gadjah Mada, D.I. Yogyakarta. Sebagai seorang praktisi farmasi klinik, sehari-harinya beliau bertugas di RRI ICU, RRI Neurologi dan RRI Penyakit Dalam di RSUD Indrasari, Rengat - Riau. Selain itu, beliau juga aktif mengajar di Program S1-Farmasi STIKes Har-Kausyar - Rengat, mengampu beberapa mata kuliah dari berbagai bidang peminatan farmasi, seperti bidang farmakologi, bidang farmakoterapi dan bidang farmasetika.



Dr. dr. Asriati, M.Kes. lahir di Ujung Pandang, pada 1 Mei 1970. Ia tercatat sebagai lulusan Ilmu kedokteran Universitas Hasanuddin, Makassar. Wanita yang merupakan ibu dari 3 orang putri, khumaira, khadija dan khalisa ini merupakan seorang dosen Tetap di Fak Kedokteran UHO dan saat ini juga merupakan tenaga pengajar di S2 kesehatan Masyarakat UHO.



dr. Kinik Darsono, M. Med. Ed. lahir di Karanganyar, pada 15 April 1971. Tercatat sebagai lulusan Pendidikan Profesi Dokter di Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada dan melanjutkan studi S2 Medical Education di Universitas Indonesia. Selain sebagai Dokter juga seorang Programmer yang meraih Australia Award untuk aplikasi mobile Tuberculosis Eradication dan meraih beberapa penghargaan di berbagai bidang lainnya.

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202363962, 7 Agustus 2023

Pencipta

Nama : **Dr. apt. Muhammad Hyas Y., M.Imun., Johan Sukweenadhi, Ph.D.
dkk**

Alamat : Jl. Kakatua No.69, Kel. Benu-Benua, Kec Kendari Barat, Kota Kendari,
93123, SULAWESI TENGGARA, Kendari, Sulawesi Tenggara, 93123,

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Dr. apt. Muhammad Hyas Y., M.Imun., Johan Sukweenadhi, Ph.D.
dkk**

Alamat : Jl. Kakatua No.69, Kel. Benu-Benua, Kec Kendari Barat, Kota Kendari,
93123, SULAWESI TENGGARA, Kendari, Sulawesi Tenggara, 93123,

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **IMUNOLOGI DASAR**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 27 Juni 2023, di Kendari
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh
puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1
Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000496908

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri



Anggoro Dasananto
NIP. 196412081991031002

Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Dr. apt. Muhammad Ilyas Y., M.Imun.	Jl. Kakatua No.69, Kel. Benu-Benua, Kec Kendari Barat, Kota Kendari, 93123, SULAWESI TENGGARA
2	Johan Sukweenadhi, Ph.D.	Jl. Kalikepiting 117/A.10, Kel. Pacar Kembang, Kec. Tambak Sari, Surabaya 60132, JAWA TIMUR
3	Paula Mariana Kustiawan, Ph.D.	Villa Harmony Banguntapan C21, Pleret, Bangutapan, Bantul, YOGYAKARTA,55791
4	Firdayanti, S.Si., M.Sc.	Jl. Tangga Pili No. 69,Perumnas, Kel. Bende, Kec. Kadia, Kota Kendari, SULAWESI TENGGARA. 93117
5	Ari Nuswantoro, S.Si., S.ST, M.Imun.	Jl. Danau Sentarum Komplek Sentarum Mandiri No. B16, Pontianak, 78116, KALIMANTAN BARAT
6	Dr. R. Agus Wibowo S, S. Si, M.Sc.	RT 2 RW Pokoh Nglinggi Klaten Selatan Klaten JAWA TENGAH, 57421
7	Aan Yulianingsih Anwar, S.ST., M.Kes.	Jln. Bangkala Dalam 8 No.4 Blok 1 Perumnas Antang, 90235, SULAWESI SELATAN
8	Dr. Evy Yulianti, M.Sc.	Jl. Beringin 3 No 63, TR6 RW2, Garan, Denokan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, YOGYAKARTA, 55282, DIY
9	Herlinda Djohan, SKM, M.Si.	Jln A.Yani 2 Cempaka Mas Kec.Sungai Raya Kab.Kubu Raya, 78391, KALIMANTAN BARAT
10	Parawansah, S.Farm., M.Kes., Apt.	Jl. Terong BTN Nafa Graha Kampus Blok I No.1, Kelurahan Mokoau Kecamatan Kambu, Kota Kendari, SULAWESI TENGGARA, 93231
11	Menik Kasiyati, S.ST, M.Imun.	Karangmojo No.5 RT 03 Tirenggo Kec. Bantul Kab. Bantul DI.YOGYAKARTA 55714
12	Nuralifah, S.Farm., M.Kes.,Apt.	Jl. Terong BTN Nafa Graha Kampus Blok I No.1, Kelurahan Mokoau Kecamatan Kambu, Kota Kendari, SULAWESI TENGGARA. Kode Pos 93231
13	Susanti, S.ST., M.Kes.	Perumahan Alsifya Regency Blok G No.10, Kel.Bonggoeya, Kec. Wua-Wua, Kota Kendari, 93117 SULAWESI TENGGARA
14	apt. Nidaul Hasanah, M. Clin. Pharm	Perumahan Transmigrasi KM3 No 125 Jl. P. Reba - P. Heran RT 003 RW 006 Kelurahan Pematang Reba, Kecamatan Rengat Barat, Kab. Indragiri Hulu, RIAU. 29351
15	Dr. dr Asriati, M. Kes.	Jl Kelapa Lr Cempedak No 20 RT 033/RW 011 Kel Anduonohu Kec Poasia Kota Kendari 93232, SULAWESI TENGGARA
16	dr. Kinik Darsono, M.Med. Ed.	Pungkuk RT 01 RW 11, Kel. Jetis, Kec. Jaten, Kab. Karanganyar, 57771, JAWA TENGAH

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Dr. apt. Muhammad Ilyas Y., M.Imun.	Jl. Kakatua No.69, Kel. Benu-Benua, Kec Kendari Barat, Kota Kendari, 93123, SULAWESI TENGGARA
2	Johan Sukweenadhi, Ph.D.	Jl. Kalikepiting 117/A.10, Kel. Pacar Kembang, Kec. Tambak Sari, Surabaya 60132, JAWA TIMUR
3	Paula Mariana Kustiawan, Ph.D.	Villa Harmony Banguntapan C21, Pleret, Bangutapan, Bantul, YOGYAKARTA,55791
4	Firdayanti, S.Si., M.Sc.	Jl. Tangga Pili No. 69,Perumnas, Kel. Bende, Kec. Kadia, Kota Kendari, SULAWESI TENGGARA. 93117
5	Ari Nuswantoro, S.Si., S.ST, M.Imun.	Jl. Danau Sentarum Komplek Sentarum Mandiri No. B16, Pontianak, 78116, KALIMANTAN BARAT
6	Dr. R. Agus Wibowo S, S. Si, M.Sc.	RT 2 RW Pokoh Nglinggi Klaten Selatan Klaten JAWA TENGAH, 57421

7	Aan Yulianingsih Anwar, S.ST., M.Kes.	Jln. Bangkala Dalam 8 No.4 Blok 1 Perumnas Antang, 90235, SULAWESI SELATAN
8	Dr. Evy Yulianti, M.Sc.	Jl. Beringin 3 No 63, TR6 RW2, Garan, Denokan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, YOGYAKARTA, 55282, DIY
9	Herlinda Djohan, SKM, M.Si.	Jln A.Yani 2 Cempaka Mas Kec.Sungai Raya Kab.Kubu Raya, 78391, KALIMANTAN BARAT
10	Parawansah, S.Farm., M.Kes., Apt.	Jl. Terong BTN Nafa Graha Kampus Blok I No.1, Kelurahan Mokoau Kecamatan Kambu, Kota Kendari, SULAWESI TENGGARA, 93231
11	Menik Kasiyati, S.ST, M.Imun.	Karangmojo No.5 RT 03 Trirenggo Kec. Bantul Kab. Bantul DI.YOGYAKARTA 55714
12	Nuralifah, S.Farm., M.Kes.,Apt.	Jl. Terong BTN Nafa Graha Kampus Blok I No.1, Kelurahan Mokoau Kecamatan Kambu, Kota Kendari, SULAWESI TENGGARA. Kode Pos 93231
13	Susanti, S.ST., M.Kes.	Perumahan Alsyifa Regency Blok G No.10, Kel.Bonggoeya, Kec. Wua-Wua, Kota Kendari, 93117 SULAWESI TENGGARA
14	apt. Nidaul Hasanah, M. Clin. Pharm	Perumahan Transmigrasi KM3 No 125 Jl. P. Reba - P. Heran RT 003 RW 006 Kelurahan Pematang Reba, Kecamatan Rengat Barat, Kab. Indragiri Hulu, RIAU. 29351
15	Dr. dr Asriati, M. Kes.	Jl Kelapa Lr Cempedak No 20 RT 033/RW 011 Kel Anduonohu Kec Poasia Kota Kendari 93232, SULAWESI TENGGARA
16	dr. Kinik Darsono, M.Med. Ed.	Pungkuk RT 01 RW 11, Kel. Jetis, Kec. Jaten, Kab. Karanganyar, 57771, JAWA TENGAH

