

Bab 1 Biokimia

By Shanti Lestari

WORD COUNT	5202	TIME SUBMITTED	17-FEB-2025 10:17AM
		PAPER ID	114691953

BAB 1

Pengertian biokimia, pengertian hidup, perbedaan benda

Oleh Shanti Dwita Lestari

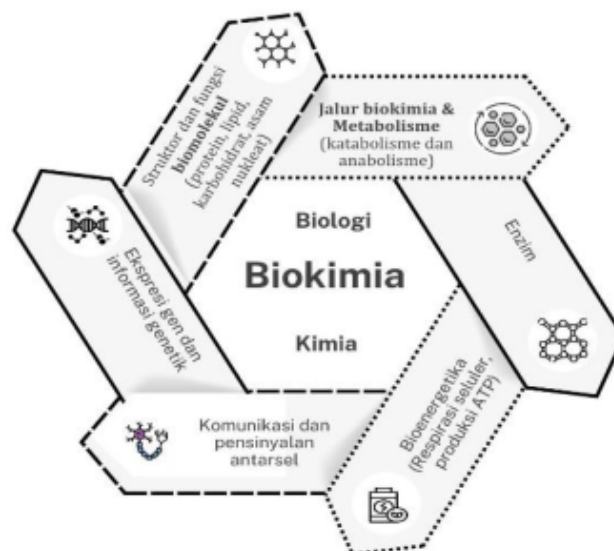
1.1 Definisi dan lingkup biokimia

Biokimia merupakan cabang ilmu yang mempelajari proses kimia yang terjadi dalam organisme hidup. Ilmu ini menggabungkan ilmu biologi dan kimia untuk mengungkap sistem yang terjadi pada organisme hidup di tingkat seluler dan molekuler. Biokimia berfokus pada biomolekul, seperti protein, asam nukleat, lipid, karbohidrat, dan molekul-molekul biologis lainnya yang berfungsi sebagai blok-blok pembangun dan unit-unit fungsional dalam sistem kehidupan. Biomolekul yang menyusun dan mendukung kehidupan terdiri dari senyawa organik yang mengandung atom karbon. Molekul-molekul ini berperan penting dalam hampir seluruh proses biologis misalnya dalam struktur dan fungsi seluler, regulasi aktivitas sel, penyimpanan energi dan transportasi zat.

Setiap biomolekul memiliki gugus fungsional tertentu yang menentukan sifat kimia dan reaktivitasnya. Sebagai contoh, gugus amina ($-NH_2$) pada protein memungkinkan pembentukan ikatan peptida dan gugus hidroksil ($-OH$) pada karbohidrat membuatnya larut dalam air dan mudah mengalami reaksi kimia. Gugus fungsional tersebut memungkinkan biomolekul untuk berpartisipasi dalam reaksi-reaksi biokimia spesifik yang mendukung kehidupan. Sebagai biomolekul, karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama dan komponen juga struktural sel. Protein merupakan biomolekul yang terdiri atas asam amino dan memainkan berbagai fungsi penting dalam sel diantaranya sebagai enzim dan komponen struktural sel. Lipid tersusun dari asam lemak, trigliserida, fosfolipid, lipoprotein, eikosanoid, steroid dan glikolipid yang berperan dalam struktur sel, penyimpanan energi, transportasi, serta interaksi dan komunikasi sel (*cell signalling*). Asam nukleat, yang meliputi asam deoksiribonukleat

(DNA) dan asam ribonukleat (RNA) berfungsi menyimpan dan mentransmisikan informasi genetik.

Dalam menyusun kehidupan, biomolekul tersebut tidak berdiri sendiri, melainkan berinteraksi dalam jaringan reaksi kimia yang kompleks. Metabolisme karbohidrat tidak dapat dipisahkan dari metabolisme lipid dan protein, karena ketiganya saling berhubungan dalam siklus metabolisme. Reaksi-reaksi ini diatur dengan ketat oleh enzim, yang mempercepat reaksi kimia tanpa ikut habis dalam proses tersebut. Koordinasi antar biomolekul memungkinkan berlangsungnya berbagai fungsi penting dalam sel. Pemahaman tentang biomolekul adalah dasar untuk memahami biokimia secara keseluruhan, karena hampir semua proses biologis bergantung pada interaksi dan transformasi biomolekul.



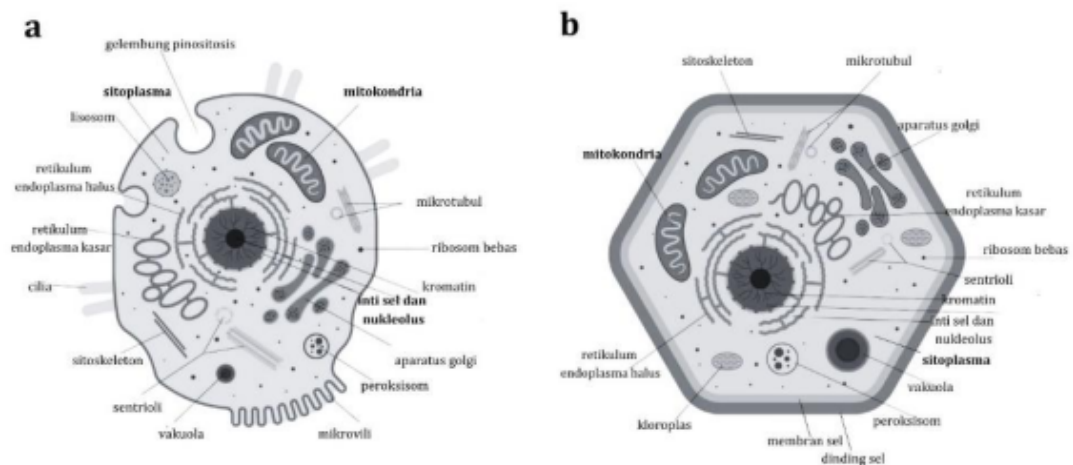
Gambar 1.1. Ruang lingkup kajian biokimia

Sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 1.1, selain mempelajari struktur dan fungsi biomolekul dalam sel, kajian studi biokimia juga meliputi jalur biokimia yang dilalui dalam katabolisme dan anabolisme biomolekul termasuk bagaimana sel memanfaatkan biomolekul tersebut untuk menghasilkan energi, peranan enzim

sebagai katalis biologis yang mempercepat reaksi-reaksi kimia dalam sel beserta mekanisme dan regulasinya, aliran energi dalam sistem hidup (bioenergetika) termasuk produksi ATP dan penggunaannya dalam proses seluler, komunikasi antarsel melalui hormon dan neurotransmitter serta mempelajari ekspresi gen dan bagaimana informasi genetik yang tersimpan dalam DNA dalam bentuk urutan basa nukleotida (adenin, timin, sitosin, dan guanin) diterjemahkan menjadi fungsi seluler. Melalui konsep-konsep biokimia tersebut dapat diperoleh pemahaman mengenai bagaimana kehidupan berfungsi pada tingkat molekuler, dari sel tunggal hingga organisme kompleks.

1.2 Sel Sebagai Entitas Terkecil Kehidupan

Meskipun tampak beraneka ragam, makhluk hidup pada dasarnya serupa di dalam. Perkembangan ilmu pengetahuan menunjukkan bahwa makhluk hidup, baik hewan, tumbuhan, jamur, bakteri dan Arkaea terdiri dari sel, yaitu suatu entitas struktural, biologis dan fungsional terkecil dari semua makhluk hidup. Karena sel merupakan unit dasar kehidupan, mempelajari biologi sel, termasuk studi tentang struktur, fungsi, dan perilaku sel dapat membantu menjawab pertanyaan mengenai apa itu kehidupan dan bagaimana kehidupan berlangsung. Secara struktural, sel memiliki komponen-komponen yang kompleks dan saling terkoordinasi dalam menjalankan fungsi khusus yang penting untuk kelangsungan hidup, pertumbuhan, dan reproduksi. Kompleksitas sel berbeda antara sel eukariotik dan prokariotik, demikian juga ¹⁹nya dengan sel hewan dan tumbuhan. Baik sel hewan maupun tumbuhan terdiri dari organel-organel seperti nukleus, mitokondria, retikulum endoplasma, dan ribosom yang bertindak seperti organ dan masing-masing berkontribusi pada fungsionalitas sel secara keseluruhan. Namun demikian, terdapat perbedaan struktur dan fungsi organel pada kedua jenis sel tersebut sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2.



31
Gambar 1.2. Organel-organel pada sel hewan (a) dan sel tumbuhan (b)

Sebagai sebuah entitas yang mandiri, berbagai organel dalam sel bekerja sama untuk melakukan fungsinya. Sel dikelilingi oleh membran yang secara selektif mengatur pergerakan zat masuk dan keluar sel, melindungi sistem internalnya dan memungkinkan komunikasi dengan lingkungan luar. Pada sel tumbuhan, selain membran sel juga terdapat dinding sel yang memberikan dukungan struktural, bentuk dan mencegah dari kerusakan mekanis. Selain itu, sel tumbuhan juga memiliki vakuola yang besar yang berfungsi untuk menyimpan air dan nutrisi serta kloroplas yang berperan dalam fotosintesis.

Nukleus yang merupakan organel penting di dalam sel yang berfungsi mengkoordinasi aktivitas sel. Di dalam nukleus sel eukariotik tersimpan DNA berbentuk rantai sebagai materi genetik yang dapat ditranskripsikan menjadi RNA serta ditranslasikan menjadi protein fungsional. Pada prokariotik seperti bakteri dan Arkaea, DNA berbentuk sirkular terletak di nukleoid yang tidak diselubungi membran dan bersentuhan langsung dengan sitoplasma. Di sekeliling nukleus terdapat retikulum endoplasma (RE) yang terdiri dari RE halus dan RE kasar. RE halus berperan dalam sintesis lipid sedangkan RE kasar yang permukaannya dipenuhi ribosom, berperan dalam sintesis protein. Selain melekat pada RE, ribosom

juga ditemukan di sitoplasma sebagai ribosom bebas dengan fungsi yang sama yaitu mensintesis protein.

27 Mitokondria merupakan organel sel yang berperan dalam respirasi seluler dan menyediakan energi utama untuk hampir seluruh proses seluler. Adenin trifosfat (ATP) adalah molekul pospat berenergi tinggi yang dihasilkan melalui serangkaian reaksi kimia yang kompleks di dalam mitokondria, yang melibatkan metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein. Pada metabolisme karbohidrat, piruvat yang terbentuk dari proses glikolisis di sitoplasma dibawa ke matriks mitokondria untuk memasuki siklus Krebs. Asetil-KoA yang dihasilkan dari beta oksidasi asam lemak dalam metabolisme lipid juga akan memasuki siklus Krebs. Dalam metabolisme protein, proses penghilangan gugus amino (deaminasi oksidatif) dan juga sintesis karbamoil pospat dan sitrulin yang merupakan bagian dari siklus urea berlangsung di mitokondria.

7 Mitokondria memiliki struktur khas yang terdiri dari membran luar berpori, membran dalam yang berlipat-lipat (disebut krista), dan matriks yang terletak di dalam membran dalam. Struktur ini memungkinkan mitokondria untuk menjalankan fungsinya secara efisien dengan memaksimalkan luas permukaan membran dalam yang penting dalam proses transpor elektron dan produksi ATP. Produksi ATP melalui respirasi seluler terdiri dari tiga tahap, yaitu glikolisis, siklus Krebs yang juga dikenal sebagai siklus asam sitrat serta rantai transport elektron dan fosforilasi oksidatif yang akan dibahas lebih dalam pada bab selanjutnya.

Aparatus Golgi, yang berperan dalam distribusi sel berfungsi memodifikasi, menyortir, dan mengemas protein serta lipid yang disintesis di RE. Molekul-molekul ini kemudian didistribusikan ke organel lain termasuk lisosom yang mengandung berbagai enzim hidrolitik yang mampu memecah makromolekul tersebut. Oleh karena itu, lisosom berperan penting dalam pencernaan intraseluler, perombakan dan ekskresi komponen seluler, serta mendaur ulang metabolit agar dapat digunakan kembali dalam biosintesis.

Kerjasama antar organel diatas terlaksana untuk mempertahankan fungsi metabolisme sel, memastikan kelangsungan hidup dan

kemampuan sel untuk bereplikasi serta beradaptasi dengan lingkungan. Kemampuan koordinasi yang luar biasa menunjukkan identitas sel sebagai entitas hidup yang membedakannya dengan entitas tidak hidup.

9

1.3 Perbedaan Konseptual Antara Makhluk Hidup dan Makhluk Tak Hidup

Entitas hidup dan tak hidup dapat dibedakan berdasarkan proses biokimia yang terjadi pada keduanya. Kehidupan dapat digambarkan sebagai hasil interaksi kompleks antara berbagai biomolekul yang menjadi dasar penyusun organisme hidup. Molekul-molekul seperti protein, lipid, karbohidrat, dan asam nukleat berinteraksi dalam rangkaian reaksi biokimia yang sangat teratur yang memungkinkan sel hidup untuk menjalankan berbagai fungsi penting.

Sebagai unit terkecil dari kehidupan, terjadi proses yang sangat dinamis dan terorganisir secara ketat di dalam sel yang menjadikannya pusat dari semua aktivitas biologis. Sel hidup sering digambarkan sebagai miniatur pabrik kimia karena aktivitas biokimia yang terjadi di dalamnya sangat kompleks dan terorganisir. Di dalam sel, ribuan reaksi kimia terjadi setiap detik, menghasilkan energi dan molekul yang diperlukan untuk mempertahankan kehidupan. Reaksi-reaksi ini tidak terjadi secara acak, tetapi diatur dalam jalur metabolik yang spesifik dan saling terkait. Interaksi biomolekuler semacam ini tidak ditemui pada entitas yang tidak hidup (abiotik).

1.1 Metabolisme

Salah satu ciri makhluk hidup adalah kemampuannya untuk melakukan metabolisme, yaitu serangkaian reaksi kimia yang secara kontinu mengubah nutrisi menjadi energi dan molekul penyusun untuk pertumbuhan, perbaikan, serta pemeliharaan fungsi tubuh. Reaksi-reaksi dalam metabolisme dibagi menjadi dua kategori utama yaitu katabolisme, reaksi pemecahan molekul untuk melepaskan energi dan anabolisme, reaksi pembentukan molekul kompleks dari molekul yang lebih sederhana dengan menggunakan energi. Anabolisme dan katabolisme saling

terhubung dan harus diseimbangkan untuk fungsi seluler yang optimal. Dalam konteks metabolisme, sel hidup mampu melakukan katabolisme dan anabolisme secara simultan. Sebagai contoh, katabolisme molekul karbohidrat, lipid, dan protein menghasilkan komponen-komponen dasar seperti glukosa, asam lemak, dan asam amino serta molekul pembawa energi seperti ATP, NADH, dan FADH_2 , yang digunakan dalam reaksi selanjutnya. Pada proses anabolisme, asam amino dirangkai menjadi protein yang berfungsi sebagai enzim atau komponen struktural sel. Proses ini membutuhkan energi dalam bentuk ATP dan molekul pembawa elektron seperti NADPH. Contoh lain yang menunjukkan kesimultanan dua reaksi tersebut adalah katabolisme asam amino menghasilkan senyawa-senyawa prekursor penting yang diperlukan untuk biosintesis neurotransmitter dan hormon dalam proses anabolisme.

Proses metabolisme ini tidak terjadi secara acak namun melibatkan jalur-jalur biokimia yang rumit yang terkoordinasi melalui regulasi enzimatis untuk memastikan bahwa setiap reaksi terjadi pada waktu yang tepat dan dalam kondisi yang sesuai. Reaksi enzimatis juga diatur, diantaranya melalui mekanisme umpan balik untuk memastikan bahwa reaksi hanya terjadi ketika diperlukan dan dalam kondisi yang tepat, mencegah ketidakseimbangan metabolik

Sebaliknya, entitas tak hidup tidak memiliki struktur seluler terorganisir maupun jalur biokimia yang kompleks seperti pada makhluk hidup. Benda mati dapat mengalami perubahan fisik atau kimia, namun perubahan tersebut tidak melibatkan proses biologis. Contoh perubahan fisik pada materi abiotik adalah perubahan wujud es dari padat menjadi cair, penguapan air menjadi uap, terlarutnya gula dalam air, dan logam yang ditempa menjadi sendok. Perubahan wujud air hanya melibatkan perubahan fase (padat, cair, gas) tanpa menghasilkan zat baru. Gula yang terlarut tetaplah molekul gula yang terdispersi dalam air, dan sendok tetap mengandung unsur logam seperti permulaannya. Contoh perubahan kimia pada benda mati meliputi pembakaran kayu menjadi abu, pengkaratan besi, reaksi senyawa asam dan senyawa basa menjadi garam dan air. Meskipun dari perubahan tersebut dihasilkan zat dengan sifat berbeda dari zat awal, namun perubahan tersebut juga tidak melibatkan proses biologis. Contoh lainnya, reaksi kimia yang melibatkan benda-benda abiotik dapat menghasilkan panas, misalnya pelarutan bahan kimia asam sulfat (H_2SO_4) dalam air atau pelarutan soda api (NaOH) dalam air. Reaksi eksotermik tersebut menghasilkan energi yang dilepaskan sebagai panas, namun perubahan energi tersebut tidak mengindikasikan ciri khas kehidupan.

Perubahan-perubahan yang terjadi pada benda abiotik bersifat pasif, tidak diatur oleh benda tersebut dan tidak melibatkan mekanisme perubahan energi atau sintesis molekul-molekul kompleks secara aktif. Benda mati juga tidak terlibat dalam aktivitas metabolisme apa pun. Mereka tidak mengubah suatu zat menjadi energi karena mereka tidak memiliki mesin biokimia (seperti enzim dan struktur seluler) yang diperlukan untuk proses tersebut. Tidak adanya aktivitas biokimia yang teratur dan terorganisir membuat entitas tak hidup tidak mampu mempertahankan karakteristik dasar kehidupan, seperti pertumbuhan, reproduksi, dan respons terhadap lingkungan.

1.3.2 Keteraturan biologis

Keteraturan dalam berlangsungnya sistem biologis juga merupakan ciri makhluk hidup. Keteraturan (*biological order*) ini terlihat dalam bagaimana sel mengkoordinasikan proses-proses biokimia yang kompleks. Keteraturan biologis tidak hanya terjadi pada tingkat molekuler tetapi juga pada tingkat sel dan organisme. Misalnya, dalam sintesis protein, informasi genetik dari DNA diterjemahkan secara teratur menjadi RNA dan kemudian diubah menjadi rantai polipeptida yang dilipat dengan cara tertentu untuk membentuk protein fungsional. Proses ini sangat presisi, Kesalahan kecil dalam transkripsi DNA dan translasi protein dapat menyebabkan produksi protein yang tidak berfungsi atau toksik, yang pada akhirnya mengganggu proses biologis normal dan menyebabkan penyakit. **Anemia sel sabit (*sickle cell anemia*)** merupakan **kelainan yang** timbul karena kesalahan terjadi pada tingkat transkripsi dan **translasi protein**. Kesalahan translasi pada gen yang mengkode produksi **enzim fenilalanin hidroksilase yang mengubah fenilalanin menjadi tirosin** mengakibatkan penyakit fenilketonuria yang ditandai dengan penumpukan fenilalanin dalam darah.

Keteraturan biologis juga memungkinkan sel **untuk beradaptasi dengan lingkungan yang berubah**. Sel dapat mengatur ulang aktivitas metabolisme untuk merespons perubahan nutrisi, suhu, atau stres lingkungan. Misalnya, ketika kadar glukosa rendah, sel dapat beralih ke metabolisme lipid untuk menghasilkan energi. Dengan memahami konsep keteraturan biologis, sel hidup akan dipahami bukan hanya sebagai kumpulan molekul, tetapi juga sebagai sistem yang sangat terorganisasi dan terkoordinasi.

1.3.3 Menghasilkan dan memanfaatkan energi

Kemampuan untuk menghasilkan dan memanfaatkan energi melalui jalur metabolisme yang kompleks merupakan karakteristik berikutnya dari organisme hidup, Organisme memerlukan energi bebas untuk

menggerakkan sistem reaksi kimia yang sangat kompleks serta membentuk dan mempertahankan organisasi sel sesuai dengan informasi hereditas yang disimpan dan diterjemahkan oleh sel-sel tersebut, sehingga kelangsungan hidup bisa terjaga.

Organisme hidup dapat memperoleh energi dari berbagai sumber. Berdasarkan caranya memperoleh energi, makhluk hidup dibedakan menjadi makhluk hidup autotrof dan heterotrof. Autotrof mampu menghasilkan energi melalui fotosintesis, mengubah sinar matahari menjadi energi kimia yang disimpan dalam bentuk glukosa. Contoh makhluk hidup autotrof adalah tumbuhan berklorofil. Makhluk hidup heterotrof memperoleh energi dengan mengonsumsi organisme lain atau bahan organik. Contoh makhluk hidup autotrof adalah hewan. Beberapa jenis tumbuhan juga ada yang dikategorikan sebagai makhluk heterotrof karena tidak mampu melakukan fotosintesis dan tidak bergantung sepenuhnya pada proses fotosintesis untuk mendapatkan nutrisi. Contoh tumbuhan heterotrof adalah tumbuhan parasit seperti benalu yang menyerap nutrisi dari tumbuhan inang, tumbuhan saprofit yang memperoleh nutrisi dari bahan organik yang membusuk di tanah serta tumbuhan yang mencerna serangga atau hewan kecil untuk mendapatkan nutrisi,

Proses fotosintesis pada tumbuhan terdiri dari dua tahap utama yang saling terkait yaitu reaksi terang (*light-dependent reactions*) yang terjadi di membran tilakoid dalam kloroplas dan siklus Calvin yang terjadi di stroma kloroplas dan tidak membutuhkan cahaya secara langsung, sehingga sering disebut sebagai reaksi gelap. Kedua tahap ini bekerja secara sinergis untuk mengubah energi cahaya, air, dan karbon dioksida (CO_2) menjadi glukosa dan oksigen (O_2). Meskipun tumbuhan dikenal sebagai organisme autotrof yang mampu menghasilkan makanan sendiri melalui fotosintesis, mereka tetap membutuhkan energi dalam bentuk ATP yang dihasilkan melalui proses respirasi untuk menjalankan berbagai proses seluler. Pada proses respirasi, energi kimia dari glukosa (atau molekul organik lainnya) diubah menjadi ATP yang dapat dengan cepat dimanfaatkan untuk berbagai fungsi seluler seperti kontraksi otot, transpor aktif, reproduksi dan biosintesis. Tabel 1.1 menampilkan perbedaan antara fotosintesis dan respirasi pada tumbuhan ditinjau dari beberapa aspek.

Tabel 1.1 Perbedaan antara respirasi dan fotosintesis

Aspek	Fotosintesis	Respirasi
Lokasi	Kloroplas	Mitokondria
Fungsi	Menghasilkan glukosa dari CO ₂ dan H ₂ O	Memecah glukosa untuk menghasilkan ATP
Energi	Membutuhkan energi cahaya	Melepaskan energi kimia
Gas yang Dihasilkan	Oksigen (O ₂)	Karbondioksida (CO ₂)
Waktu	Hanya terjadi saat ada cahaya (siang)	Terjadi sepanjang waktu (siang & malam)

Respirasi pada tumbuhan terjadi di dalam sel, khususnya di mitokondria. Sama dengan sel hewan, proses respirasi terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi perubahan glukosa menjadi piruvat dan kemudian asetil-KoA yang masuk ke matriks mitokondria untuk melewati siklus Krebs. Pada siklus ini dihasilkan CO₂, ATP, NADH, dan FADH₂. Rantai transfer elektron (*electron transport chain*) dan fosforilasi oksidatif yang terjadi di membran dalam mitokondria mentransfer elektron dari molekul donor (NADH dan FADH₂) ke molekul penerima. Energi dari transfer elektron ini digunakan untuk memompa proton (H⁺) melintasi membran dalam mitokondria, menciptakan gradien proton yang kemudian digunakan oleh enzim ATP sintase untuk menghasilkan ATP.

Pada respirasi aerobik, oksigen (O₂) berperan sebagai penerima elektron terakhir karena memiliki afinitas yang tinggi terhadap elektron. Reaksi penerimaan 4 elektron dan 4 proton (H⁺) oleh oksigen menghasilkan 2 molekul air (H₂O). Ketika oksigen tidak tersedia (kondisi anaerobik), rantai transpor elektron akan terhambat, dan sel akan beralih ke jalur metabolisme alternatif, seperti fermentasi, untuk menghasilkan ATP. Namun, fermentasi merupakan jalur metabolisme yang kurang efisien karena hanya menghasilkan 2 ATP per molekul glukosa, jauh lebih sedikit dibandingkan dengan respirasi aerobik yang mampu menghasilkan 36-38 ATP per molekul glukosa.

Sel hidup memperoleh energi dari lingkungan sekitarnya, terutama melalui molekul organik seperti karbohidrat dan lipid, yang diubah menjadi energi kimia dalam bentuk ATP. Kelebihan ATP dalam sel tidak disimpan langsung dalam bentuk ATP, melainkan diubah menjadi

molekul penyimpan energi seperti pati (pada tumbuhan), glikogen (pada hewan) atau lemak (pada hewan dan tumbuhan). Proses penyimpanan kelebihan ⁶ATP sebagai glikogen melalui beberapa tahapan yaitu perubahan glukosa menjadi glukosa-6-fosfat, glukosa-1-fosfat, uridin difosfat-glukosa dan akhirnya glikogen. Glikogen disimpan dalam bentuk granula di hati untuk menjaga kadar gula darah dan di otot untuk menyediakan energi lokal selama aktivitas fisik.

Pada tumbuhan, kelebihan ATP dan glukosa yang dihasilkan dari fotosintesis dapat disimpan dalam bentuk pati (*starch*) sebagai ³dangan energi jangka panjang. Proses perubahan ATP menjadi pati melibatkan serangkaian reaksi biokimia yang terjadi di dalam kloroplas dan organel penyimpanan khusus yang disebut amiloplas. Sama halnya dengan proses pembentukan glikogen, glukosa juga merupakan bahan baku utama ⁶ntuk sintesis pati. Sintesis ini terdiri dari rangkaian proses perubahan glukosa menjadi glukosa-6-fosfat, glukosa-1-fosfat, dan adenosin difosfat (ADP)- glukosa. Polimerisasi ADP-glukosa menjadi pati terjadi di dalam amiloplas.

Cadangan energi dalam bentuk glikogen dan pati dapat digunakan kembali saat kebutuhan energi meningkat. Lemak adalah bentuk penyimpanan energi yang paling efisien karena mengandung lebih banyak energi per gram (9 kkal/g) dibandingkan glikogen dan pati (4 kkal/g). Lemak menghasilkan lebih banyak ATP dibandingkan dengan karbohidrat per satuan molekul. Penyimpanan kelebihan ATP menjadi lemak melibatkan beberapa proses yang meliputi perubahan glukosa, asam amino, atau asam lemak menjadi asetil-KoA lalu malonil-KoA dilanjutkan dengan sintesis asam lemak. Asam lemak yang terbentuk kemudian bergabung dengan ⁴ gliserol-3-fosfat yang berasal dari glukosa untuk membentuk trigliserida yang disimpan dalam sel-sel lemak di jaringan adiposa.

³⁰

Berdasarkan penjabaran di atas dapat disimpulkan bahwa pada makhluk hidup, energi dihasilkan, dimanfaatkan, dan disimpan dengan tujuan yang jelas untuk mendukung kehidupan dalam proses kompleks yang diatur secara ketat oleh enzim ²⁸ormon, dan sistem regulasi lainnya. Pada benda mati, energi hanya mengalami perubahan dari satu bentuk ke bentuk lain tanpa tujuan atau fungsi biologis. Misalnya, ketika kayu dibakar, energi kimia dalam lilin diubah menjadi energi

panas dan cahaya, tetapi proses ini tidak memiliki tujuan tertentu selain perubahan fisik dan kimia. Perubahan energi pada benda mati tersebut bersifat pasif dan tidak melibatkan sistem regulasi atau penyimpanan untuk tujuan tertentu.

1.3.4 Pertumbuhan dan Reproduksi

Ciri mendasar kehidupan lainnya adalah kemampuan organisme untuk mewariskan informasi genetik kepada keturunannya. Informasi genetik yang tersimpan dalam molekul DNA dapat menentukan dengan sangat rinci karakteristik yang akan dimiliki oleh keturunan, mulai dari bentuk fisik hingga fungsi biologis. Melalui proses replikasi DNA selama pembelahan sel serta ekspresi gen yang mengatur sintesis protein, informasi genetik dapat disalin dengan akurat dan diteruskan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Mekanisme hereditas ini tidak hanya memastikan kontinuitas kehidupan, tetapi juga memungkinkan terjadinya variasi genetik melalui mutasi dan rekombinasi, yang menjadi dasar evolusi dan keanekaragaman hayati. Kemampuan untuk mewariskan informasi genetik tidak hanya sekadar transfer materi, tetapi juga transfer instruksi yang terorganisir dan terperinci. Hal ini menjadikan hereditas sebagai salah satu pilar utama dalam definisi kehidupan yang membedakannya dari proses fisika atau kimia benda abiotik. Pada pembakaran kayu yang menghasilkan arang dan abu, struktur baru yang terbentuk mewarisi informasi yang menentukan karakteristiknya. Struktur arang dan abu yang dihasilkan ditentukan oleh kondisi pembakaran, seperti suhu dan ketersediaan oksigen, bukan oleh informasi yang terkandung dalam kayu. Dengan kata lain, tidak ada informasi khas yang diwariskan dari kayu ke arang atau abu.

Sebaliknya, pada makhluk hidup, hubungan antara induk dan keturunan bersifat spesifik dan terarah karena adanya DNA sebagai pembawa informasi genetik. DNA berfungsi sebagai cetak biru (blueprint) yang menentukan karakteristik fisik, fisiologis, dan bahkan perilaku makhluk hidup.

Terkait dengan kemampuan replikasi makhluk hidup, virus menyajikan kasus yang menarik. Virus merupakan entitas yang unik dalam dunia biologi karena mereka melampaui batas antara makhluk hidup dan benda mati. Di satu sisi, virus memiliki materi genetik berupa DNA atau RNA yang memungkinkan mereka untuk bereplikasi dan berevolusi, ciri yang biasanya dikaitkan dengan makhluk hidup. Namun, di sisi lain, virus tidak memiliki struktur seluler, tidak dapat melakukan metabolisme sendiri, dan

tidak mampu bereproduksi tanpa bantuan sel inang. Ketika berada di luar inang, virus hanya berupa partikel inert yang inaktif dan terdiri dari materi genetik yang terbungkus dalam lapisan protein yang disebut kapsid. Virus tidak menunjukkan tanda-tanda kehidupan lainnya seperti metabolisme, produksi energi, pertumbuhan, dan respons terhadap lingkungan. Kemampuan virus untuk bereplikasi hanya dalam sel inang membuat mereka bergantung sepenuhnya pada mesin seluler inang. Ketika virus menginfeksi sel, mereka menyuntikkan materi genetiknya ke dalam sel inang dan mengambil alih mekanisme seluler untuk memproduksi komponen virus baru. Proses ini melibatkan replikasi materi genetik virus, sintesis protein virus, dan perakitan partikel virus baru. Setelah partikel virus baru terbentuk, mereka dapat keluar dari sel inang, seringkali merusak atau menghancurkan sel tersebut dalam prosesnya.

Ketergantungan virus pada sel inang untuk bereplikasi mengkategorikan virus sebagai entitas tidak hidup karena mereka tidak dapat melakukan fungsi biologis secara independen. Namun, terdapat juga pendapat lain yang menyatakan bahwa virus adalah bentuk kehidupan yang sangat sederhana karena mereka memiliki materi genetik dan mampu berevolusi melalui mutasi dan seleksi alam. Virus merupakan contoh yang menarik untuk menggambarkan bahwa kehidupan dapat muncul dalam bentuk yang tidak konvensional dan bergantung pada interaksi kompleks dengan entitas lain.

1.3.5 Homeostasis

Makhluk hidup memiliki kemampuan mempertahankan lingkungan internal yang stabil meskipun ada perubahan eksternal yang disebut dengan homeostasis. Kemampuan ini sangat penting untuk kelangsungan hidup karena sel dan organisme hanya dapat berfungsi optimal dalam rentang kondisi tertentu, seperti suhu, pH, konsentrasi ion, dan kadar nutrisi. Rangkaian mekanisme regulasi yang kompleks dan terkoordinasi terlibat dalam mempertahankan homeostasis melalui kinerja umpan balik negatif dan positif untuk menyeimbangkan berbagai proses fisiologis dan biokimia dalam sel. Contoh homeostasis dapat dilihat pada mekanisme pengaturan kadar gula darah di tubuh manusia melalui hormon insulin dan glukagon. Di tingkat seluler, homeostasis terjadi pada regulasi konsentrasi ion dan molekul dalam sel. Sel melakukan mekanisme untuk mempertahankan konsentrasi ion natrium (Na^+) dan kalium (K^+) yang tepat agar potensial membran dan fungsi saraf tetap optimal. Hal ini dicapai melalui pompa ion seperti Na^+/K^+ -ATPase, yang menggunakan energi dari ATP untuk memompa ion natrium keluar dari sel dan ion kalium ke dalam sel. Selain itu, sel juga mengatur pH melalui sistem buffer dan transport ion

hidrogen (H^+) untuk memastikan enzim dan protein berada dalam kondisi optimal untuk melaksanakan fungsinya. Pengaturan jalur metabolik melalui mekanisme umpan balik juga dilakukan oleh sel untuk mempertahankan homeostasis. Ketika suatu produk metabolik menumpuk, enzim yang terlibat dalam jalur tersebut dapat dihambat (inhibisi umpan balik) untuk mencegah produksi berlebihan. Sebaliknya, jika suatu produk berkurang, jalur metabolik dapat diaktifkan untuk meningkatkan produksinya. Untuk mempertahankan homeostasis, sel juga melakukan ekskresi untuk mengeluarkan sisa metabolisme.

Istilah lain yang juga terkait adalah proteostasis, yaitu suatu mekanisme seluler yang dilakukan untuk menjaga kualitas dan keseimbangan protein di dalam sel. Proteostasis melibatkan tiga proses utama yaitu sintesis protein, pelipatan protein (*protein folding*), yang benar dan degradasi protein yang rusak atau tidak diperlukan. Ketiganya berlangsung secara terkoordinir untuk menjaga agar protein tetap dalam kondisi optimal. Homeostasis memungkinkan makhluk hidup untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan sambil mempertahankan stabilitas internalnya. Namun demikian, sistem regulasi semacam ini tidak dimiliki oleh benda tak hidup sehingga mereka tidak mampu mempertahankan keadaan internal secara konstan.

1.3.6 Komunikasi seluler

Sebagai unsur kehidupan, sel tidak hanya menjalankan fungsi internalnya namun sel juga mampu berkomunikasi dengan lingkungan sekitarnya. Komunikasi seluler ini sangat penting untuk koordinasi aktivitas sel, jaringan, dan organ dalam suatu organisme. Proses komunikasi ini dilakukan melalui molekul-molekul sinyal, seperti hormon dan neurotransmitter, yang berfungsi sebagai pembawa pesan kimiawi. Molekul-molekul ini dikeluarkan oleh sel pengirim (sel sinyal) dan diterima oleh sel target melalui reseptor spesifik di permukaan atau di dalam sel. Hormon adalah molekul sinyal yang biasanya diproduksi oleh kelenjar endokrin dan disebarkan melalui aliran darah ke sel-sel target yang jauh. Hormon insulin yang diproduksi oleh pankreas berfungsi mengatur kadar glukosa darah dengan merangsang sel-sel tubuh untuk menyerap glukosa. Neurotransmitter merupakan molekul sinyal yang digunakan oleh sistem saraf untuk mengirim pesan antar neuron atau dari neuron ke sel otot atau kelenjar. Asetilkolin merupakan contoh neurotransmitter yang berperan mengirim sinyal dari saraf ke otot untuk memicu kontraksi. Komunikasi seluler melalui molekul sinyal memungkinkan sel-sel dalam suatu organisme untuk berkoordinasi dan merespons perubahan lingkungan

dengan tepat. Proses ini tidak hanya mendukung fungsi fisiologis normal, seperti pertumbuhan, metabolisme, dan respons terhadap stres, tetapi juga memastikan bahwa organisme dapat beradaptasi dan bertahan dalam kondisi yang berubah.

Pada makhluk tak hidup, tidak ada mekanisme komunikasi dengan lingkungan sekitarnya karena mereka tidak memiliki struktur dan fungsi biologis yang mendukung proses tersebut. Makhluk abiotik tidak memiliki struktur seluler atau molekul yang dapat berfungsi sebagai reseptor atau pembawa pesan serta tidak memiliki mekanisme untuk menerima, memproses, atau merespons sinyal dari lingkungan.

1.3.7 Adaptasi dan Evolusi

Ciri lain yang menentukan organisme hidup adalah kemampuannya untuk beradaptasi dan berevolusi. Kemampuan beradaptasi ini didorong oleh variasi genetik dan seleksi alam, yang memungkinkan organisme untuk bertahan hidup dan berkembang dalam lingkungan yang berubah.

Adaptasi seluler terjadi melalui perubahan dalam ekspresi gen, struktur protein, atau metabolisme sebagai respons terhadap sinyal dari lingkungan. Misalnya, ketika sel terpapar suhu tinggi, mereka dapat menghasilkan protein khusus yang membantu melindungi protein lain dari kerusakan akibat panas. Adaptasi ini bersifat reversibel dan tidak mengubah informasi genetik sel, tetapi memungkinkan sel untuk bertahan dalam kondisi yang ekstrem. Selain itu, sel juga dapat mengubah metabolisme mereka berdasarkan lingkungan. Sebagai contoh, sel ragi dapat beralih dari respirasi aerobik ke fermentasi ketika kadar oksigen rendah untuk memastikan kelangsungan hidup mereka dalam kondisi lingkungan yang kurang optimal.

Adaptasi seluler dan evolusi adalah dua proses yang saling melengkapi dalam biologi, tetapi mereka bekerja pada skala waktu dan mekanisme yang berbeda. Adaptasi seluler bersifat responsif dan sementara, terjadi sebagai tanggapan langsung terhadap perubahan lingkungan. Di sisi lain, Evolusi seluler merupakan proses jangka panjang yang melibatkan perubahan permanen dalam informasi genetik (DNA) yang dapat diwariskan ke generasi berikutnya. Evolusi melibatkan dua proses utama: replikasi dan mutasi. Replikasi adalah proses penggandaan DNA selama pembelahan sel, yang memastikan bahwa informasi genetik diteruskan secara akurat. Kesalahan selama replikasi atau pengaruh faktor eksternal seperti radiasi dan bahan kimia dapat menyebabkan mutasi, yaitu perubahan dalam

urutan DNA. Mutasi ini dapat menghasilkan varian gen baru, yang mungkin memberikan keuntungan adaptif, merugikan, atau netral bagi organisme. Jika varian ini memiliki kelangsungan hidup tinggi dan melakukan reproduksi sel, informasi genetik yang telah bermutasi memiliki 5 kemungkinan besar untuk diwariskan ke generasi berikutnya. Contohnya, bakteri dapat mengembangkan resistensi terhadap antibiotik melalui mutasi genetik yang memungkinkan mereka bertahan dalam lingkungan yang mengandung obat.

Adaptasi dan evolusi hanya terjadi dalam sistem biologis. Makhluk tak hidup tidak dapat beradaptasi dan berevolusi karena mereka tidak memiliki struktur seluler, metabolisme, informasi genetik, kemampuan bereproduksi, ataupun mekanisme seleksi alam. Perubahan yang terjadi pada makhluk tak hidup bersifat pasif, acak, dan tidak terarah, tidak seperti makhluk hidup yang secara aktif merespons lingkungan dan mengembangkan sifat-sifat baru melalui proses biologis yang kompleks.

Berdasarkan penjelasan di atas, perbedaan antara makhluk hidup dan benda tak hidup terangkum dalam Tabel 1.2. Tabel 1.2 menyebutkan bahwa benda tak hidup umumnya tidak terdiri dari sel dan tidak memiliki materi genetik. Namun, terdapat pengecualian, seperti daging sapi segar, yang masih mengandung sel, materi genetik, protein, dan enzim. Meskipun demikian, sel-sel dalam daging tidak lagi aktif menjalankan proses metabolisme, seperti respirasi seluler atau sintesis protein. Setelah hewan disembelih, sel-sel tersebut kehilangan kemampuan untuk mempertahankan kehidupannya secara mandiri.

Selain tidak menjalankan metabolisme, daging juga tidak memiliki sistem yang memungkinkan kelangsungan hidupnya. Dalam keadaan hidup, sel membutuhkan energi untuk berfungsi, tetapi setelah kematian, sel-sel dalam daging tidak lagi mampu menghasilkan atau menggunakan energi. Akibatnya, meskipun secara struktural masih menyerupai jaringan hidup, daging sapi segar dikategorikan sebagai benda tak hidup karena tidak memiliki aktivitas biologis yang mendukung kehidupannya.

Tabel 1.2 Perbedaan makhluk hidup dan benda tak hidup

Aspek	Makhluk hidup	Benda tak hidup
Struktur	Memiliki sel dengan struktur kompleks dan materi genetik	Tidak terdiri dari sel, terdiri dari komponen fisik atau kimia seperti atom dan molekul dan tidak mengandung materi genetik
Aktivitas Metabolisme	Aktif	Tidak aktif
Energi	Memperoleh sumber energi, menghasilkan ATP dan menyimpannya dalam bentuk pati, glikogen, atau lemak	Tidak menghasilkan atau mengonsumsi energi meskipun dapat mengalami perubahan fisik atau kimiawi akibat faktor eksternal
Keteraturan biologis	Memiliki organisasi yang kompleks yang terkoordinasi.	Hanya memiliki struktur fisik atau kimia tertentu.
Pertumbuhan dan Reproduksi	Mampu tumbuh dan berkembang biak	Tidak tumbuh atau berkembang biak, hanya dapat mengalami perubahan bentuk akibat proses fisika atau kimia
Homeostasis	Ada	Tidak ada
Komunikasi seluler	Mampu berkomunikasi melalui sinyal kimia	Tidak memiliki sistem komunikasi antar komponen
Adaptasi dan Evolusi	Mampu beradaptasi terhadap lingkungan dan mengalami evolusi melalui seleksi alam.	Tidak mengalami adaptasi atau evolusi

1.4 Perkembangan ilmu biokimia

Kemajuan teknologi, seperti *Next Generation Sequencing* (NGS), telah memungkinkan para ilmuwan untuk memetakan dan menganalisis genom dalam waktu singkat, merevolusi bidang biokimia dan biologi molekuler. Genom terdiri dari berbagai elemen genetik, termasuk gen yang mengkode protein dalam molekul DNA. Memahami

struktur dan organisasi genom sangat penting untuk menganalisis fungsi biologis gen serta kaitannya dengan berbagai proses seluler. Dalam biokimia terapan, genomik berperan krusial dalam pengembangan terapi gen, diagnosis penyakit genetik, dan pengobatan yang dipersonalisasi. Misalnya, dalam penelitian kanker, analisis genomik digunakan untuk mengidentifikasi mutasi spesifik pada tumor, memungkinkan dokter untuk menyesuaikan pengobatan dengan profil genetik pasien. Di bidang biokimia nutrisi, genomik membantu memahami bagaimana faktor genetik seseorang mempengaruhi respons tubuh terhadap pola makan dan metabolisme nutrisi. Selain itu, genomik juga memberikan wawasan tentang proses evolusi dan adaptasi organisme melalui analisis komparatif genom antarspesies, membantu ilmuwan melacak bagaimana gen tertentu berkembang dan berkontribusi terhadap kelangsungan hidup organisme di lingkungan yang berbeda.

Selain genomik yang berfokus pada DNA, terdapat cabang ilmu lain yang disebut proteomik, yang mempelajari protein sebagai produk akhir dari ekspresi gen. Protein memiliki peran sentral dalam hampir semua proses biologis, mulai dari enzim yang mengkatalis reaksi biokimia hingga protein struktural yang membentuk kerangka sel. Untuk mempelajari protein, digunakan berbagai teknologi dan metode untuk mengisolasi, memurnikan, serta menganalisis struktur dan fungsinya. Studi proteomik melibatkan analisis ekspresi, interaksi, serta modifikasi pasca-translasi protein untuk memahami bagaimana protein bekerja dalam sel. Teknik seperti spektrometri massa dan elektroforesis dua dimensi memungkinkan ilmuwan mengidentifikasi serta mengkarakterisasi ribuan protein dalam satu eksperimen. Melalui proteomik, dapat dipahami bagaimana protein berinteraksi dalam jaringan yang kompleks dan berkontribusi pada fungsi biologis secara keseluruhan.

Dalam memahami biokimia sel dan organisme, genomik dan proteomik saling melengkapi. Genomik menyediakan informasi mengenai potensi genetik suatu organisme, sementara proteomik mengungkap bagaimana potensi tersebut diwujudkan dalam bentuk protein yang aktif dalam sel. Sebagai contoh, mutasi genetik yang diidentifikasi melalui genomik dapat dikaji lebih lanjut menggunakan

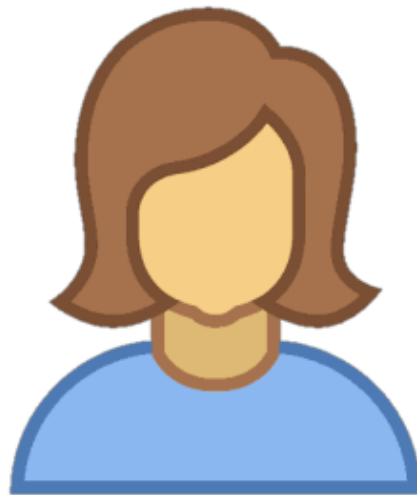
proteomik untuk memahami dampaknya terhadap fungsi protein dan jalur metabolisme. Kombinasi pendekatan ini memungkinkan ilmuwan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan antara informasi genetik dan ekspresi protein dalam berbagai kondisi biologis.

Salah satu inovasi besar dalam biokimia dan biologi molekuler adalah teknologi CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), yang memungkinkan penyuntingan gen secara spesifik dan efisien dalam sel atau organisme hidup. Teknologi ini telah membawa revolusi dalam penelitian genetika dan terapi gen dengan memberikan kemampuan untuk mengubah atau memperbaiki gen tertentu secara presisi. Ketika dikombinasikan dengan teknologi omik lainnya seperti genomik, proteomik, metabolomik, dan lipidomik, CRISPR memungkinkan pendekatan sistem biologi yang lebih komprehensif dalam memahami kehidupan pada tingkat molekuler. Sinergi antara teknologi-teknologi ini membuka peluang baru dalam penelitian biomedis, pengobatan penyakit genetik, serta pengembangan terapi yang lebih efektif dan terarah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P.** (2022) *Molecular biology of the cell*. 7th edn. New York: W.W. Norton & Company.
- Anandhi, D.** (2013) *Introduction to biochemistry and metabolism*. 1st edn. New Delhi: Pearson Education India.
- Lorch, M.** (2021) *Biochemistry: A very short introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- McKee, T. & McKee, J.R.** (2019) *Biochemistry: The molecular basis of life*. 6th edn. Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, D.L., Cox, M.M. & Lehninger, A.L.** (2017) *Lehninger principles of biochemistry*. 7th edn. New York: W.H. Freeman and Company.
- Rogers, K.** (2011) *The chemical reactions of life: From metabolism to photosynthesis (Biochemistry, cells, and life)*. New York: Britannica Educational Publishing.

BIODATA PENULIS



Lidya Rahma, S.Pd., M.Si.

Dosen Program Studi Pendidikan Matematika
Fakultas Matematika, STKIP PGRI Sumatera Barat

Penulis lahir di Payakumbuh tanggal 17 Agustus 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Matematika, STKIP PGRI Sumatera Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Matematika dan melanjutkan S2 pada Jurusan Matematika di Universitas Negeri Padang. Penulis menekuni bidang Menulis.

XX
XX
XX
XX

Bab 1 Biokimia

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	doku.pub Internet	49 words — 1%
2	media.or.id Internet	33 words — 1%
3	k-grayengineeringeducation.com Internet	32 words — 1%
4	idoc.pub Internet	25 words — < 1%
5	www.sridianti.com Internet	21 words — < 1%
6	eprints.uns.ac.id Internet	19 words — < 1%
7	fr.scribd.com Internet	19 words — < 1%
8	www.slideshare.net Internet	18 words — < 1%
9	moam.info Internet	16 words — < 1%
10	ronalastikasari.blogspot.com Internet	16 words — < 1%
11	apa-itu.net Internet	14 words — < 1%
12	noet1961.wordpress.com Internet	13 words — < 1%
13	roboguru.ruangguru.com Internet	12 words — < 1%

14	smkn1bdgap4.wordpress.com Internet	12 words — < 1 %
15	artikelpendidikan.id Internet	11 words — < 1 %
16	ojshafshawaty.ac.id Internet	11 words — < 1 %
17	repository.uhamka.ac.id Internet	11 words — < 1 %
18	oktahr.blogspot.com Internet	10 words — < 1 %
19	perbedaan.budisma.net Internet	10 words — < 1 %
20	usaha321.net Internet	10 words — < 1 %
21	ayudwie.wordpress.com Internet	9 words — < 1 %
22	docobook.com Internet	9 words — < 1 %
23	kipdf.com Internet	9 words — < 1 %
24	www.generasibiologi.com Internet	9 words — < 1 %
25	www.mmindustri.co.id Internet	9 words — < 1 %
26	www.researchgate.net Internet	9 words — < 1 %
27	docplayer.info Internet	8 words — < 1 %
28	dokumen.tips Internet	8 words — < 1 %
29	geograf.id Internet	8 words — < 1 %

30

library.unusa.ac.id

Internet

8 words — < 1%

31

mafiadoc.com

Internet

8 words — < 1%

32

repository.unsri.ac.id

Internet

8 words — < 1%

33

slideplayer.info

Internet

8 words — < 1%

34

www.scribd.com

Internet

8 words — < 1%

35

northma-tama.blogspot.com

Internet

6 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES

OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY

ON

EXCLUDE SOURCES

OFF

EXCLUDE MATCHES

OFF