

Al-Qur'an & Mikrobiologi

Catatan Seorang Mikrobiolog

*Ketika kita belajar mengenal Tuhan Yang Mahabesar
dari ciptaan-Nya yang maha kecil*



Andri Kurniawan

Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014
tentang Hak Cipta

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf i untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000 (satu miliar rupiah).
4. Setiap orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

بِاللَّهِ الْمَكْرُومِ
رُفَعَتْ
سَمِ

*“Dan sesungguhnya Al-Qur’an itu dalam induk Al Kitab
(lawh mahfudz) di sisi Kami adalah benar-benar tinggi
(nilainya) dan amat banyak mengandung hikmah”*

[QS. Az-Zukhruf (43): 4]

Sebuah Catatan dalam Perjalanan untuk Mengenal Tuhan

Al-Qur’an & Mikrobiologi: Catatan Seorang Mikrobiolog

Andri Kurniawan



Penerbit UBB Press
Bangka

**Al-Qur'an & Mikrobiologi:
Catatan Seorang Mikrobiolog**

Penulis
Andri Kurniawan

Penerbit UBB Press
Kampus Terpadu UBB, Jln. Raya Balunijuk,
Kec. Merawang, Bangka Belitung
tp3ubb@gmail.com

Bekerja sama dengan

CV Dapur Kata Kita
Penerbit DapurKata
Jln. Dahlia Dalam 1 No. 446, Pangkalpinang
dapurkata.id@gmail.com
0812-7327-2469

Editor Naskah
Ahmad Fahrul Syarif

Penyunting
Ulfa Rizqi Putri

Pemeriksa Aksara
Habib Safillah Akbariski

Pengatak
Ulfa Rizqi Putri

Perancang Sampul
Putra Deri Agripina

Sebagian ilustrasi diambil dari internet

Cetakan pertama, November 2020
Pangkalpinang, Penerbit UBB Press, 2020
x+134 hal; 14.8x21 cm
ISBN: 978-979-1373-61-6

Dicetak oleh Penerbit DapurKata
Isi di luar tanggung jawab Percetakan

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang
Dilarang memperbanyak sebagian atau
Seluruh isi buku tanpa persetujuan tertulis dari Penerbit

CATATAN PENULIS

Kehidupan merupakan suatu relativitas perjalanan dalam ruang dan waktu yang pasti dijalani oleh setiap apapun yang berada pada dimensi tersebut. Perjalanan kehidupan menjadi relatif karena penuh atau kosongnya volume kualitas hidup tergantung pada isi ruang dan waktu yang dilalui. Salah satu isi ruang dan waktu yang membuatnya menjadi berkualitas adalah kebenaran. Namun, sifat kebenaran itupun relatif; dari sudut mana merujuknya.

Seiring ruang dan waktu kehidupan yang telah saya lewati, maka hati dan pikiran saya mengatakan bahwa kebenaran haruslah bersifat mutlak dan absolut; itupun dari sudut mana mereferensikannya. Oleh karena itu, saya mengembalikan hal tersebut kepada titik nol kehidupan sehingga saya dapat berjalan tanpa beban untuk menemukan kebenaran yang absolut itu. Kebenaran yang saya cari adalah tentang Tuhan.

Selama melalui rangkaian waktu dan menjelajah setiap ruang sejak kelahiran hingga sekarang, saya tahu bahwa telah ditakdirkan untuk dilahirkan dari lingkungan muslim. Ritualitas layaknya muslim pada umumnya; salat, mengaji, puasa, dan sebagainya dilakukan dengan sukarela atau terkadang penuh keterpaksaan. Ketika menegakkan salat, saya berucap takbir “Allahu Akbar” dan saya juga tahu arti kalimat itu bahwa Allah Mahabesar. Namun, sejujurnya saya tidak mengenal apapun tentang ke-Mahabesaran Allah.

Pada setiap pengajian, ceramah, ataupun diskusi agama yang saya ikuti, semua pembicara dan peserta berpendapat serta memberikan contoh ke-Mahabesaran Allah. “Coba kamu lihat alam semesta yang luas, ini adalah ciptaan Allah Yang Mahabesar”, demikianlah kiranya sedikit penggalan kalimat untuk mencoba dipahami mereka kepada saya. Kemudian, saya pun berusaha untuk mencoba memahami itu juga agar saya mengenal bahwa Allah memang Mahabesar.

Pada suatu saat, ketika saya memikirkan tentang cerita studi-studi saya yang berkecimpung dengan mikroorganisme, padahal biologi adalah pelajaran yang paling tidak saya sukai sejak mulai mengenal pelajaran itu; saya mendapatkan Tuhan yang selama ini saya sembah. Saya mencoba untuk mengenal-Nya, bukan hanya sekadar tahu tentang-Nya. Eksistensi-Nya dapat dirasakan seiring pengenalan diri kita terhadap diri-Nya. Perjalanan waktu

terus menemani dan membimbing diri untuk terus belajar memaknai arti ketuhanan.

Teori-teori kehidupan tentang konsep abiogenesis dan biogenesis telah mengantarkan saya untuk bertanya kepada Tuhan tentang kebenaran dari kedua teori itu. Penciptaan dan mekanisme kehidupan mikroorganisme sampai diversitasnya membuat saya dengan senang hati membuka lembar demi lembar Al-Qur'an untuk mendapatkan penjelasan tentang semua itu.

Al-Qur'an yang diyakini sebagai petunjuk segala ilmu dan tidak ada keraguan di dalamnya, bagi saya harus mampu menjawab semua pertanyaan yang muncul dari teori-teori biologi. Hal tersebut sangat penting bagi saya untuk mendapatkan keyakinan tentang kebenaran Al-Qur'an itu sendiri. Kebenaran absolut yang saya ingin cari harus merupakan hasil ekstraksi pemikiran dari isi Al-Qur'an sebagai sumber ilmu pengetahuan. Hal tersebut bertujuan agar keyakinan yang muncul bukan karena primordialisme atas nama dogma teologis. Kebenaran yang tidak terbantahkan harus berasal dari sintesis ilmiah sebagai pembuktian kebenaran faktual atas berbagai hipotesis tentang fenomena mikroorganisme yang dibandingkan dengan ayat Al-Qur'an sebagai literatur utamanya.

Penelitian-penelitian ilmiah adalah bukti otentik dan tidak terbantahkan atas kebenaran serta ketiadaraguan Al-Qur'an, termasuk penjelasan yang ada di dalamnya tentang Tuhan yang sedang saya cari. Berbagai penelitian dan ayat-ayat Al-Qur'an saling membenarkan tentang Allah, Tuhan semesta alam. Tuhan yang menciptakan mikroorganisme dan Dia juga yang menceritakan hal itu di dalam Al-Qur'an.

Tuhan yang telah menciptakan berbagai makhluk hidup dengan beragam rupa dari berukuran mikro hingga nanometer dengan sangat mudah. Dia pula yang mendesain diversitas mikroorganisme dengan urutan materi genetik berupa DNA atau RNA yang terdiri atas kombinasi dari empat huruf saja, yaitu A (adenin), T (thimin), U (urasil), G (guanin), C (cytosin); tetapi tidak ada satupun yang sama. Pustaka-pustaka ilmiah yang saya baca menjadi alasan ilmiah juga untuk mengatakan bahwa Al-Qur'an itu benar dan sungguh luar biasa.

Di bawah lensa objektif mikroskop, saya juga telah menemukan eksistensi Tuhan yang dicari. Di berbagai literatur ilmiah, saya memperoleh gambaran tentang kekuasaan Tuhan yang ingin dipelajari. Di dalam konferensi, seminar, maupun diskusi-diskusi telah diungkapkan informasi tentang temuan

yang fundamental dan fenomenal dalam bidang biologi. Diskursus-diskursus tersebut membawa pada suatu kesimpulan adanya Tuhan Yang Mahakuasa atas segala ciptaan-ciptaan-Nya, Keseluruhan itu termaktub di dalam Al-Qur'an sebagai ayat-ayat tertulis untuk dijadikan rujukan yang sebenar-benarnya.

Di dalam Al-Qur'an dan berbagai kajian ilmiah yang telah dilakukan, saya tidak menemukan sedikitpun pertentangan teori dan kenyataan, baik secara tekstual maupun kontekstual. Hal tersebut memberikan gambaran bahwa semesta ini adalah suatu fakta yang ditampakkan-Nya sebagai terjemahan dari Al-Qur'an. Ayat-ayat kauniyah yang disebarkan di alam merupakan manifestasi ayat kauliyah dan sebaliknya. Oleh karena itu, tidak akan pernah ditemukan narasi kedua ayat tersebut saling kontradiktif dan meniadakan satu dengan lainnya.

Ketiadamampuan pikiran manusia untuk membaca dan memaknai semua yang telah Tuhan sampaikan menjadikan manusia tidak mengenal Tuhannya. Tuhan itu terasa begitu jauh dan mengawang-awang di dimensi yang jauh tak tersentuh mata dan tak terjangkau pikiran. Padahal, keberadaan Tuhan itu sangat dekat, dapat dirasakan, dapat dilihat, dan hadir dalam segala lini kehidupan kita; bahkan Tuhan itu lebih dekat daripada urat leher manusia. Hal yang pantas saya syukuri adalah ketika mata, hati, pikiran, dan semua anggota tubuh ini bersinergi untuk membaca setiap ayat yang Tuhan telah sampaikan. Meskipun sejujurnya, saya tidak punya ilmu untuk terlalu banyak mengenal-Nya.

Oleh karena itu, terima kasih Tuhan karena telah mau menyempatkan diri ini untuk melihat dan memikirkan ciptaan-ciptaan Engkau; telah mau mengizinkan untuk membaca dan mentadaburi ayat-ayat Engkau; telah mau menunjukkan dan membimbing untuk memaknai akan kebenaran firman-firman Engkau; telah mau menjadikan ketakjuban yang tiada henti atas kemahakuasaan Engkau di dalam menciptakan segala sesuatu; telah mau mengantarkan diri untuk bertasbih memuji kemahaagungan Engkau; telah mau menuntun keikhlasan diri untuk bersujud pada kemahasucian dan kemahasempurnaan Engkau.

Mikrobiolog; hanya “pengakuan dari diri sendiri” sebagai seorang yang baru beberapa kali saja melakukan penelitian terkait mikroorganisme. Sekiranya dimaafkan atas pengakuan yang belum pantas tersebut. Catatan-catatan yang ditulis ini hanyalah curhatan pribadi tentang perjalanan untuk mengenal Tuhan. Catatan singkat ini adalah wujud dari pemahaman hikmah

dari “Allah berfirman kepada kalam (pena), ”Catatlah pengetahuan-Ku tentang ciptaan-Ku hingga hari kiamat nanti!”” (HR. Tirmidzi).

Pada dasarnya, catatan-catatan ini hanyalah ringkasan singkat yang mampu ditulis sejak Bulan Ramadhan 1438 H (2017 M) hingga Bulan Dzulhijjah 1441 (2020 M). Catatan ini hanya secuil ilmu yang dititipkan Tuhan untuk disampaikan, dan seperti tetesan air tertinggal dijemari dibandingkan dengan luasnya samudera ilmu Tuhan yang ditulis-Nya dalam Al-Qur’an. Catatan-catatan ini adalah kemasan dari suatu metode penyampaian isi Al-Qur’an yang sejalan dengan mikrobiologi dan sebaliknya. Catatan-catatan ini merupakan serpihan-serpihan kebenaran ilmiah di bidang mikrobiologi yang diharapkan dapat melengkapi potongan *puzzle* tentang sebuah kebenaran absolut. Fragmentasi-fragmentasi saintifik ini diharapkan dapat menyempurnakan mozaik-mozaik keimanan di dalam diri. Pada akhirnya, catatan-catatan berupa Buku Al-Qur’an dan Mikrobiologi: Catatan Seorang Mikrobiolog diharapkan dapat menjadi setitik cahaya bagi mereka yang juga sedang mencari Tuhannya.

Ramadhan 1438 H - Dzulhijjah 1441 H

Penulis

DAFTAR ISI

Catatan Penulis	v
Daftar Isi.....	ix
Teori Kehidupan.....	1
Dunia Mikroskopis	15
Mikroorganisme	33
Peranan Mikroba	61
Diversitas Mikroba	93
Kebenaran Sains Al-Qur'an	113
Daftar Pustaka	125
Tentang Penulis	134

Didedikasikan demi keagungan Al-Qur'an; pesan mulia dari Sang Mahamulia yang sangat memuliakan ilmu pengetahuan.



Teori Kehidupan

Pelajaran pertama tentang biologi adalah perkembangan teori kehidupan yang pada akhirnya bersimpul pada diskusi tentang dua teori utama, yaitu abiogenesis dan biogenesis. Pada saat saya harus berpijak dan memihak antara benar dan salah di antara kedua teori, maka saya berusaha untuk keluar dari doktrin yang telah ada tentang teori-teori tersebut.

Saya mencari kebenaran teori yang sebenar-benarnya tentang kehidupan ini dan saya menemukannya di dalam Al-Qur'an. Berbagai uraian tentang teori kehidupan yang dibaca telah mengantarkan pada suatu akhir kesimpulan di dalam menentukan arah kiblat pemikiran keilmuan saya.

Perkembangan teori kehidupan yang telah dikemukakan oleh para ahli biologi selama ini setidaknya dikelompokkan menjadi dua arus utama, yaitu teori abiogenesis dan teori biogenesis. Pada awalnya, teori abiogenesis berasal dari nilai-nilai keyakinan Bangsa Yunani yang kemudian juga dipercaya secara universal sebagai suatu kebenaran di peradaban barat.

Pada masa itu, abiogenesis dimaknai oleh para ilmuwan sebagai suatu teori yang menjelaskan bahwa kehidupan dapat muncul secara spontan dari molekul tidak hidup (*non-life molecules*) pada kondisi yang optimal untuk kehidupan^[1]. Oleh karena itu, teori abiogenesis juga dikenal sebagai teori *spontaneous generation* yang didukung oleh banyak tokoh seperti Miletus (600 SM), Anaxagorus (510-428 SM), Epicurus (341-270 SM), Aristotle (348-322 SM), Basilius (315-379), Even Augustine (354-430), Paracelsus (1493-1541), van Helmont (1578-1657), Descartes (1596-1650), Harvey (1578-1657), Needham (1713-1781), dan Buffon (1707-1788)^[2].

Penegasan-penegasan pemikiran abiogenesis ini terlihat dari keyakinan para ilmuwan abiogenesis yang menyatakan bahwa sesungguhnya makhluk hidup berasal dari benda mati. Beberapa contoh hasil eksperimen mereka yang disampaikan untuk mendukung teori abiogenesis ini antara lain cacing, kunang-kunang, dan serangga lainnya yang berasal dari embun pagi, pembusukan lendir, dan pupuk kandang (pupuk kotoran) serta cacing tanah yang berasal dari tanah, air hujan, dan humus.

Aristotle sebagai salah satu tokoh populer abiogenesis mempercayai bahwa pada kondisi tertentu, hewan-hewan sederhana dan bahkan kehidupan yang lebih tinggi dapat berlangsung secara spontan seperti cacing, kutu, tikus, dan anjing yang dapat muncul secara spontan dari lumpur. Demikian juga belut dan jenis ikan yang lainnya berasal dari lumpur, tanah, lendir, dan pembusukan rumput laut, serta katak dan salamander berasal dari lendir.

Ilmuwan lainnya seperti John Needham yang mengungkapkan bahwa mikroorganisme dapat muncul secara spontan dari kaldu serta van Helmont yang mengungkapkan bahwa tikus muncul secara spontan dari kemeja kotor yang diletakkan di tempat sampah berisi biji-biji gandum atau sekumpulan lebah yang muncul dari tanduk lembu yang telah mati^[1, 3, 4]. Asumsi dan proposisi yang dibangun telah menjelaskan bahwa abiogenesis merupakan suatu hasil interaksi dari beragam kondisi di suatu lingkungan pada waktu yang berbeda dan kemudian secara tiba-tiba terjadi *catastrophic* atau bencana yang menyebabkan irreversibilitas evolusi sehingga terbentuk kehidupan yang fundamental^[5].

Para penganut ajaran abiogenesis dalam perkembangan ilmunya mendapatkan pertentangan dari penganut paham biogenesis. Beberapa tokoh biogenesis yang terkenal antara lain Francesco Redi (1626-1697) telah mendemonstrasikan eksperimennya tentang serangga yang muncul dari daging busuk bukanlah dihasilkan dan berasal dari daging itu sendiri, tetapi karena induk serangga yang meletakkan telur-telurnya di daging itu^[6]. Lazaro Spallanzani (1729-1799) juga berhasil mematahkan teori Needham bahwa mikroorganisme bukan berasal dari air kaldu^[2] serta Louis Pasteur (1822-1895) dengan eksperimen tabung labu leher angsa yang telah membuktikan bahwa pertumbuhan mikroorganisme di dalam satu nutrisi kaldu tidak terjadi secara spontan.

Eksperimen biogenesis menghasilkan kesimpulan inti bahwa makhluk hidup adalah keturunan dari makhluk hidup sebelumnya (*omne vivum ex vivo*), baik yang berasal dari telur (*omne vivum ex ovo*) atau sebaliknya^[7, 8].

Pada bagian diskusi teori kehidupan, apakah hal tersebut hanya dianggap sebagai suatu perjalanan dari perkembangan ilmu pengetahuan biologi ataukah sesuatu yang harus diyakini? Pada simpul ini, mengembalikan konsep kehidupan kepada Tuhan sebagai Sang Pencipta akan memberikan cakrawala yang luas untuk memaknai teori abiogenesis dan biogenesis.

Setelah mendalami konsep penciptaan kehidupan yang disampaikan Tuhan di dalam Al-Qur'an, maka abiogenesis maupun biogenesis menjadi teori yang tidak dapat dan tidak perlu saling dipertentangkan dan saling meniadakan. Kedua teori ini dapat saling menguatkan tentang teori kehidupan yang sebenarnya.

Konsep kehidupan yang dijelaskan dalam Al-Qur'an bukan hanya menerangkan tentang teori kehidupan, tetapi sebuah konsep kehidupan yang harus diyakini nilai kebenarannya. Tuhan dapat berkreasi sesuai keinginannya, termasuk untuk menciptakan makhluk hidup dari sesuatu yang mati ataupun yang hidup. Konsep penciptaan ini seharusnya menjadi dasar pembenaran atas munculnya teori dan konsep kehidupan yang dibuat manusia.

Tuhan menjelaskan teori abiogenesis pada beberapa ayat Al-Qur'an. Tuhan menjelaskan di dalam QS. Ar Rum (30): 19, "*Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup*". Tuhan menjelaskan di dalam QS. Ali Imron (3): 27, Dia telah mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup.

Peristiwa-peristiwa tersebut dijadikan suatu fenomena oleh Tuhan untuk mengajak manusia berpikir dan menggunakan akalnyanya sebagaimana yang disampaikan di dalam QS. Yunus (10): 31, "...siapakah yang mengeluarkan

*yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup*⁷⁰² *dan siapakah yang mengatur segala urusan?”*.

Catatan kaki nomor 702 menjelaskan bahwa sebagian mufasir memberikan contoh untuk ayat ini, yaitu anak ayam yang keluar dari telur dan telur dari ayam. Namun, jika ayat-ayat ini hanya dirujuk dengan mencontohkan ayam, telur, atau organisme lain semisalnya, maka teori abiogenesis tidak tampak dengan jelas.

Konsep tentang ayam, telur, ataupun organisme lain hanya sedikit contoh makhluk sederhana agar pemaknaan ayat tersebut mudah dipahami. Lantas bagaimana jika Tuhan menjelaskan dengan lebih hebat tentang “teori abiogenesis” pada makhluk tingkat tinggi yang sangat kompleks sistem tubuhnya, yaitu manusia?. Ayat-ayat berikut menjelaskan bahwa “teori abiogenesis” pernah berlaku pada penciptaan awal manusia, yaitu Adam yang diciptakan dari tanah [QS. Al An’am (6): 2; QS. Al Hijr (15): 26 dan 28; QS. As Sajadah (32): 7; QS. As Saffat (37): 11; QS. As Sad (38): 71] dan bahkan dari tanah kering seperti tembikar [QS. Ar Rahman (55): 14].

Tuhan juga telah menjelaskan pada ayat-ayat yang lain tentang “teori abiogenesis” melalui proses penciptaan Isa Al Masih putra Maryam. Sesungguhnya penciptaan Isa di sisi Tuhan adalah seperti penciptaan Adam [QS. Ali Imron (3): 59]. Keduanya diciptakan melalui teori abiogenesis, meskipun dengan mekanisme yang berbeda.

Adam diciptakan tanpa adanya perantara ibu dan ayah, sedangkan penciptaan Isa Al Masih diperantarai oleh seorang wanita bernama Maryam dengan kehormatan sel telurnya yang terjaga dan tidak dibuahi, “*Dan (ingatlah kisah) Maryam yang telah memelihara kehormatannya, lalu Kami tiupkan ke dalam (tubuh)nya roh dari Kami dan Kami jadikan dia dan anaknya tanda (kekuasaan Tuhan) yang besar bagi semesta alam*” [QS. Al Anbiya (21): 91]. Pendekatan teori abiogenesis bukan terletak pada Maryam, tetapi pada sifat “abiogenesis” roh karena belum dapat diklasifikasikan sebagai benda hidup yang memiliki ciri-ciri dan sifat makhluk hidup umumnya.

Selain tentang proses penciptaannya yang dapat saja dikatakan bersifat abiogenesis, Tuhan juga memberikan suatu keistimewaan kepada Isa Al Masih putra Maryam untuk membuktikan bahwa manusia juga dapat menciptakan suatu organisme semisal burung dari tanah sebagai manifestasi dari “teori abiogenesis” atas izin Tuhannya sebagaimana yang dijelaskan di dalam QS. Al Maidah (5): 110, “*...dan (ingatlah pula) di waktu kamu membentuk dari tanah (suatu bentuk) yang berupa burung dengan izinKu, kemudian kamu meniup padanya, lalu bentuk itu menjadi burung (yang sebenarnya) dengan seizinKu*”.

Ayat-ayat di atas cukup menjadi bukti konsep dan teori abiogenesis dalam konteks sebenar-benarnya. Tuhan dengan segala kuasa-Nya mampu berbuat apa saja yang dikehendaki oleh-Nya, termasuk mengeluarkan yang hidup dari yang mati. Bukan hanya menciptakan organisme mikroskopis dari kaldu sebagaimana teori abiogenesis yang berkembang dahulu, bahkan lebih daripada itu.

Jika Tuhan benar-benar berkehendak menciptakan mikroorganisme dari kaldu dan bukan sekadar sebagai nutrisi kehidupannya, maka hal itupun sangatlah mudah, lebih mudah dibandingkan proses penciptaan Adam yang dibuat-Nya dari tanah dan tanpa orang tua maupun Isa Al Masih yang dilahirkan tanpa adanya proses pembuahan sel telur. *“Sesungguhnya Dia-lah yang menciptakan (makhluk) dari permulaan dan menghidupkannya (kembali)”* [QS. Al Buruj (85): 13].

Tuhan yang membuat suatu permulaan makhluk hidup dari apa saja yang Dia inginkan dan kemudian Dia akan membangun sistem kehidupan untuk generasi selanjutnya dari makhluk hidup tersebut melalui teori biogenesis. Tuhan yang dapat berbuat sedemikian itu, Dia adalah Allah dan ketika manusia memikirkan hal tersebut, mengapa manusia tidak mau bertakwa kepada-Nya? [QS. Yunus (10): 31].

Pada tatanan kehidupan selanjutnya, Allah tidak lagi membuat konsep kehidupan dalam konteks abiogenesis. Allah membentuk suatu sistem kehidupan yang berlaku secara biogenesis bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup sebelumnya. Pada bagian ini, Allah telah menyuruh manusia untuk mengambil pelajaran sebagaimana dijelaskan di dalam QS. Al Waq'ah (56): 62, *“Dan sesungguhnya kamu telah mengetahui penciptaan yang pertama, maka mengapakah kamu tidak mengambil pelajaran (untuk penciptaan yang kedua)?”*.

Pada beberapa ayat menjelaskan teori biogenesis, salah satunya adalah tentang manusia. Allah tidak lagi menciptakan manusia dari tanah dan burung dari tanah dalam arti tanah yang sebenarnya, tetapi melalui suatu perkembangbiakan alamiah berupa pertemuan antara sel jantan dan sel betina yang di dalamnya mengandung sari pati tanah.

“Dan sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dari suatu sari pati (berasal) dari tanah. Kemudian Kami jadikan sari pati itu air mani (yang disimpan) dalam tempat yang kukuh (rahim). Kemudian air mani itu Kami jadikan segumpal darah, lalu segumpal darah itu Kami jadikan segumpal daging, dan segumpal daging itu Kami jadikan tulang belulang, lalu tulang belulang itu Kami bungkus dengan daging. Kemudian Kami jadikan dia

mahluk yang (berbentuk) lain. Maka Mahasucilah Allah, Pencipta yang paling baik” [QS. Al Mu'minun (23): 12-14].

Rangkaian dalam ayat-ayat lain seperti QS. Al Hajj (22): 5 dan QS. Al Mu'min (40): 67, Allah juga menjelaskan mekanisme penciptaan manusia dari tanah, setetes mani, segumpal darah, kemudian menjadi seorang anak yang telah disempurnakan kejadian ataupun yang tidak disempurnakan kejadiannya dan disimpan di dalam rahim.

Allah menjelaskan di dalam QS. Al Hajj (22): 5 dan QS. Al Mu'min (40): 67, bahwa penciptaan manusia dari tanah dimaknai sebagai awal penciptaan Adam, sedangkan manusia selanjutnya diciptakan dari setetes air mani. Namun, apabila dilihat dan dicermati kesamaan dengan QS. Al Mu'minun (23): 12-14, penggunaan kata “tanah” yang dilanjutkan dengan kata “air mani”, maka dimaknai bahwa tanah yang dimaksud adalah sari pati tanah.

Pada prinsipnya, mekanisme abiogenesis tidak berlaku lagi pada penciptaan keturunan manusia umumnya seperti penciptaan Adam dan Isa Al Masih putra Maryam. Allah telah menetapkan suatu sistem reproduksi bagi manusia umumnya. Allah telah menjelaskan bahwa Dia menjadikan keturunan manusia selain Adam dan Isa Al Masih putra Maryam dari tanah (sari pati) dan kemudian sari pati air hina (air mani) yang Dia sempurnakan dan juga telah ditiupkan ke dalam tubuh roh (ciptaan)-Nya [QS. An Nahl (16): 4; QS. Al Furqan (25): 54; QS. As Sajadah (32): 8-9; QS. Fatir (35): 11; QS. Yasin (36): 77; QS. Al Ma'arij (70): 39; QS. Al Qiyamah (75): 37; QS. Al Mursalat (77): 20; QS. 'Abasa (80): 19; QS. At Tariq (86): 6-7]. Setelah itu, sistem pembelahan sel [QS. Al Hajj (22): 5; QS. Al Mu'minun (23): 12-14; QS. Al Alaq (96): 2] akan terjadi di dalam rahim [QS. Ali Imron (3): 6; QS. Al Hajj (22): 5; QS. Al Mursalat (77): 20] dan Dia lebih mengetahui tentang keadaan manusia ketika masih dalam janin perut seorang ibu [QS. An Najm (53): 32], dan tidak ada seorang perempuan yang mengandung dan tidak (pula) melahirkan melainkan dengan sepengetahuan-Nya [QS. Fatir (35): 11].

Pada bagian ini, Allah menciptakan manusia sebagai organisme tingkat tinggi untuk menjadi manifestasi teori biogenesis. Hal tersebut bertujuan untuk mengajak manusia berpikir bahwa hal serupa dapat terjadi pada organisme yang lebih rendah tingkatan biologisnya hingga organisme mikroskopis sekalipun melalui sistem reproduksi yang berbeda-beda.

Oleh karena itu, Allah selalu mengajak manusia untuk mengamati segala ciptaan-Nya, lalu menyuruh berpikir dan mentadaburi ayat-ayat-Nya. Berbagai kajian ilmiah terkait reproduksi merupakan salah satu cara untuk memahami

teori biogenesis di dalam teori kehidupan dan sekaligus memikirkan serta mentadaburi ayat-ayat Allah.

Allah menjelaskan di dalam Al-Qur'an bahwa Dia-lah yang menciptakan dan mengembangbiakkan manusia [QS. Al Mu'minun (23): 79] serta segala macam jenis hewan dan menumbuhkan segala macam tumbuhan [QS. Lukman (31): 10]. Allah menggunakan kata "berkembang biak" di dalam Al-Qur'an untuk menyatakan regenerasi manusia dan hewan, serta menggunakan kata "tumbuh" untuk tumbuhan. Hal tersebut telah dijelaskan secara ilmiah bahwa sistem reproduksi manusia dan hewan berbeda dari tumbuhan.

Manusia dan hewan dalam biologi dikelompokkan pada satu kerajaan (*kingdom*) yang sama yaitu Animalia. Bahkan beberapa memiliki kemiripan dengan hewan hingga filum (*phylum*) Chordata atau hewan bertulang belakang, kelas (*class*) Mamalia atau hewan menyusui anaknya, dan ordo (*order*) Primate atau hewan yang dapat berjalan tegak dengan menggunakan kaki.

Manusia dan hewan memiliki kemiripan terkait sistem reproduksi yang membutuhkan sel reproduksi jantan dan sel reproduksi betina. Hal tersebut menjadikan antarmanusia atau hewan memiliki pasangan. Fenomena ini menjadi menarik untuk dipahami bahwa secara biologis, baik manusia maupun hewan, ternyata berpasangan. Telaah biologi tersebut sejalan dengan kebenaran ayat Allah yang terdapat di dalam Al-Qur'an sekaligus pembuktian tentang kebenaran Al-Qur'an itu sendiri sebagai firman Allah Sang Pencipta manusia, hewan, tumbuhan, dan alam semesta.

"Dan demi penciptaan laki-laki dan perempuan" [QS. Al Layl (92): 3]; *"Dan bahwasanya Dia-lah yang menciptakan berpasang-pasangan laki-laki dan perempuan. Dari air mani apabila dipancarkan* [QS. An Najm (53): 45-46]; *"Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dari setetes mani yang bercampur"* [QS. Ad Dahr (76): 2]; *"Dia menjadikan kamu dari jenis kamu sendiri pasangan-pasangan dan dari jenis binatang ternak pasangan-pasangan (pula), dijadikan-Nya kamu berkembang biak dengan jalan itu"* [QS. Asy Syura (42): 11].

Namun, perkembangbiakan manusia dan hewan berbeda dengan tumbuhan. Tumbuhan dapat berkembang biak dengan adanya pertemuan gamet jantan dan gamet betina yang dikenal dengan istilah penyerbukan sebagai sistem reproduksi generatif. Perkembangbiakan lainnya dapat dilakukan dengan cangkok, stek, penempelan, perakaran, atau teknik lainnya yang dikenal sebagai sistem reproduksi vegetatif.

Pada proses pertumbuhan tersebut, tumbuhan sangat tergantung dengan ketersediaan air yang dibutuhkan untuk perkecambahan biji menjadi benih atau menumbuhkan akar-akar tanaman. Hal tersebut juga ditemukan di dalam Al-Qur'an bahwa sesungguhnya Allah telah menurunkan air dan kemudian menumbuhkan biji, kebun, pohon, tanaman, serta buah-buahan dengan adanya air tersebut [QS. An Nahl (16): 11; QS. Al Kahfi (18): 45; QS. Al Hajj (22): 5; QS. Al Mu'minin (23): 19; QS. Lukman (31): 10; QS. Az Zumar (39): 21; QS. Qaf (50): 6 dan 9; QS. An Naba (78): 15-16].

Allah telah memberikan gambaran secara eksplisit di dalam Al-Qur'an tentang mekanisme biogenesis manusia, hewan, maupun tumbuhan. Hal tersebut disebabkan organisme-organisme tersebut dapat dilihat secara kasat mata sehingga manusia dengan mudah memikirkan tentang penciptaannya dan kemudian beriman kepada Allah.

Namun pada kenyataannya, sistem dan mekanisme penciptaan organisme-organisme itu terkadang belum mampu menggugah keimanan kepada Sang Pencipta, lalu bersujud untuk menyembah dan mengagungkan diri-Nya. Bagaimana jika Allah memerintahkan manusia melihat mekanisme perkembangan mikroorganisme yang mikroskopis sehingga manusia menjadi lebih beriman? Jawabannya (mungkin) lebih sedikit lagi dari manusia yang akan beriman.

Padahal selain penciptaan dari makroorganisme, Allah juga telah menciptakan mikroorganisme. Sekelompok makhluk hidup mikroskopis yang apabila tidak menggunakan alat bantu, maka mekanisme kehidupan mikroorganisme tersebut tidak dapat diketahui. "*Dan Allah menciptakan apa yang kamu tidak ketahui*" [QS. An Nahl (16): 8] dan "*Dari apa yang tidak diketahui*" [QS. Yasin (36): 36].

Namun bagi seseorang yang berupaya mengetahui dan mencari penjelasan tentang ayat-ayat Allah, termasuk di dalam hal urusan penciptaan mikroorganisme, pasti Allah akan tuntun dan ajarkan. Hal tersebut telah dijanjikan oleh Allah bahwa "*Dia mengajarkan kepada manusia apa yang tidak diketahuinya*" [QS. Al Alaq (96): 5]. Allah mengajarkannya melalui kitab dan hikmah-Nya sebagai karunia yang besar bagi manusia [QS. An Nisa (4): 113].

Al-Qur'an adalah konsep kehidupan yang di dalamnya dituliskan juga tentang konsep semua ilmu pengetahuan. Allah telah mengajarkan manusia melalui perantaraan kalam-Nya [QS. Al Alaq (96): 4] yang diwahyukan kepada Muhammad [QS. Al Baqarah (2): 23; QS. An Nisa (4): 166; QS. Al Maidah (5): 83; QS. Hud (11): 2; QS. Al Haqqah (69): 40; QS. An Najm (53): 4 dan 10; QS. Al A'la (87): 6; QS. Al Bayyinah (97): 2] melalui Jibril [QS. An Nahl (16):

102; QS. Asy Syu'ara (26): 193; QS. Al Mu'min (40): 15; QS. An Najm (53): 5; QS. At Takwir (81): 19] untuk disampaikan kepada seluruh manusia [QS. Ali Imron (3): 3-4 dan 138; QS. Ibrahim (14): 52; QS. Saba (34): 28; QS. Al Qalam (68): 52] dan bahkan untuk seluruh alam [QS. Al Anbiya (21): 107; QS. Al Furqon (25): 1; QS. Sad (38): 87] yang bukan hanya untuk satu kelompok saja [QS. Asy Syu'ara (26): 198].

Al-Qur'an adalah kitab sekaligus petunjuk penuh hikmah yang menjadi pelajaran dan penerangan melalui berbagai perumpamaan yang terdapat di dalamnya [QS. Al Baqarah (2): 26; QS. Ali Imron (3): 58 dan 138; QS. Al A'raf (7): 52 dan 203; QS. At Tawbah (9): 33; QS. Yunus (10): 57; QS. Yusuf (12): 111; QS. An Nahl (16): 89 dan 102; QS. Bani Israil (17): 89; QS. Al Kahfi (18): 54; QS. An Naml (27): 2 dan 77; QS. Al Ankabut (29): 43; QS. Ar Rum (30): 58; QS. Lukman (31): 2-3; QS. Yasin (36): 2 dan 69; QS. Az Zumar (39): 27; QS. Az Zukhruf (43): 4; QS. Al Jatsiyah (45): 2 dan 11; QS. Al Hasyr (59): 21; QS. Al Jin (72): 2].

Diskusi tentang dua teori kehidupan, yaitu abiogenesis dan biogenesis seharusnya memberikan ketertarikan bagi manusia untuk mengkaji lebih mendalam terkait asal mula kehidupan, bukan hanya dijadikan sebagai dogma sentris biologi dari waktu ke waktu dan yang membentuk kelompok-kelompok keilmuan, namun juga dapat dijadikan sebagai perjalanan keimanan yang harus diyakini kebenarannya dan diimplementasikan di dalam kehidupan.

Perbedaan sudut pandang tentang teori awal kehidupan dapat saja memunculkan dinamika berpikir. Setiap manusia yang menggunakan akalnyanya dapat mengambil posisi berdasarkan pemahaman yang diyakininya. Namun demikian, teori kehidupan ini masih memiliki ruang diskusi untuk mengasah ketajaman intelektualitas dan kepekaan naluri iman.

Teori dan konsep kehidupan yang sangat kompleks, begitu rumit, serta juga terkadang terlihat "tidak mungkin terjadi" telah menjadi materi diskursus dalam kerangka berpikir melalui berbagai asumsi dan kajian ilmiah. Beberapa kajian ilmiah telah berhasil mengungkapkan teori dan mekanisme kehidupan, tetapi masih sangat banyak yang belum terungkap. Keseluruhan teori itu harus dikembalikan kepada hakikat yang memiliki kehidupan itu, khususnya bagi mereka yang mempercayai adanya Tuhan. Episode dan mekanisme dari campur tangan Tuhan di dalam penciptaan ini terkadang menyisakan rahasia. Oleh karena itu, kompleksitas di dalam mekanisme penciptaan yang ada seharusnya menjadi indikator bahwa alam ini ada yang menciptakannya.

Beberapa ayat berikut patutlah ditelaah sebagai referensi bahwa ada Zat yang dapat berbuat demikian, yaitu Allah, Tuhan yang sebenarnya [QS. Yunus

(10): 3, 31, dan 32] dan tetap kekal ZatNya yang mempunyai kebesaran dan kemuliaan [QS. Ar Rahman (55): 27], Dia-lah Yang Mahahak [QS. Lukman (31): 30], Sang Pencipta dengan kehebatan luar biasa yang mengatakan bahwa segala urusan penciptaan makhluk itu adalah mudah bagi-Nya [QS. Fatir (35): 11]. “Allah pencipta langit dan bumi, dan bila Dia berkehendak (untuk menciptakan) sesuatu, maka (cukuplah) Dia hanya mengatakan kepadanya, “jadilah”, lalu jadilah ia” [QS. Al Baqarah (2): 117]. Ayat-ayat ini adalah wujud penegasan campur tangan Tuhan di dalam penciptaan alam semesta serta segala isi dan mekanisme kehidupannya.

Selain itu, Allah juga menjelaskan hal serupa pada beberapa ayat lain. Apabila Allah berkehendak atas sesuatu, maka dengan mengucapkan kata “jadilah”, lalu jadilah ia. Ayat-ayat berikut yang terdapat di QS. Ali Imron (3): 47 dan 59; QS. Al An’am (6): 73; QS. An Nahl (16): 40; QS. Maryam (19): 35; QS. Yasin (36): 82; QS. Al Mu’min (40): 68 menjelaskan bahwa sangatlah mudah bagi Allah untuk menciptakan semua dengan kehendak dan kuasa-Nya, *kun, fayakun*.

Catatan penting yang dapat dipelajari dari semua teori kehidupan yang berkembang di dalam perjalanan keilmuan saintifik adalah betapa sebenarnya Allah telah memberikan semua penjelasan yang jelas dan nyata untuk memaknai teori penciptaan itu di dalam kalam-Nya, yaitu Al-Qur’an. Setiap kali membaca QS. Al Fatihah (1): 6-7, manusia selalu meminta ditunjukkan ke jalan lurus, yaitu jalan orang-orang yang telah dianugerahkan nikmat karena diridai oleh Tuhan serta bukan jalan orang yang dimurkai dan juga yang sesat.

Kalimat-kalimat ini menjadi sangat luas tujuan dan maknanya termasuk bagi para ilmuwan, baik yang beriman maupun yang tidak beriman. Kontekstual jalan yang lurus bagi seorang ilmuwan adalah cara pikir, hipotesis, maupun sintesis yang diminta kepada Allah adalah kesatuan pemikiran yang lurus dan tidak tersesat atau bahkan dimurkai karena dogma yang salah, namun konsep keilmuan yang dibangun sejalan dengan tuntunan Allah. Dengan pemikiran lurus, maka akan dihasilkan suatu teori, konsep, analisis, dan perilaku ilmuwan yang lurus pula.

Para ilmuwan dan sekaligus pencari Tuhan pastinya ingin kerangka konsep pemikiran mereka adalah lurus, tidak dimurkai, atau bukan yang sesat, baik di dalam pandangan manusia terlebih pandangan Tuhan. Apabila cara pandang tentang sesuatu itu dikembalikan kepada Allah dengan cara menyembah-Nya serta mentadaburi ayat-ayat-Nya, baik yang terdapat pada Al-Qur’an maupun yang bertebaran di alam raya ini, maka pasti akan

dipertemukan pada jalan pemikiran yang lurus, diridai, tidak dimurkai, dan tidak tersesat.

Hal tersebut adalah janji-Nya yang harus diyakini dan Dia tidak akan pernah mengingkari janji yang dibuat-Nya. Sesungguhnya Allah adalah Tuhanku dan juga Tuhanmu. Oleh karena itu, hendaknya sembahlah Dia karena ini adalah jalan yang lurus [QS. Ali Imron (3): 51; QS. Yasin (36): 61].

Subhanallah, sesungguhnya Al-Qur'an adalah bacaan yang sangat mulia [QS. Al Waqi'ah (56): 7], yang tidak ada keraguan padanya [QS. Al Baqarah (2): 2], kebenaran yang diyakini [QS. Al Haqqah (69): 51], dan penjelasan sempurna bagi manusia [QS. Ibrahim (14): 52]. Demi Al-Qur'an yang mempunyai keagungan [QS. As Sad (38): 1], demi Al-Qur'an yang menjelaskan [QS. Ad Dukhan (44): 2], yang diturunkan dengan diberkahi [QS. Al An'am (6): 155], ini adalah ayat-ayat Al-Qur'an yang menjelaskan [QS. An Naml (27): 1], ini adalah ayat-ayat kitab (Al-Qur'an) yang nyata (dari Allah) [QS. Yusuf (12): 1], diturunkan dengan membawa kebenaran [QS. Al Maidah (5): 48; QS. Az Zumar (39): 2 dan 41], menjelaskan segala sesuatu dan sebagai petunjuk, rahmat, dan kabar gembira bagi kaum yang beriman dan berserah diri [QS. Al A'raf (7): 203; QS. Yusuf (12): 111; QS. An Nahl (16): 89; QS. An Naml (27): 1-2], serta pelajaran bagi orang-orang yang berakal pikiran dengan memperhatikan ayat-ayatnya [QS. Al A'raf (7): 2; QS. As Sad (38): 29].

Berbagai penjelasan tersebut telah menjadikan Al-Qur'an sebagai suatu petunjuk dan sekaligus pembeda [QS. Al Baqarah (2): 2 dan 185; QS. Ali Imron (3): 4; QS. Yunus (10): 57; QS. Al Furqan (25): 1]. Al-Qur'an sebagai suatu petunjuk dan sekaligus sebagai pembeda setidaknya-tidaknya memiliki dua tujuan, yaitu ilmu pengetahuan dan keimanan.

Diskusi selanjutnya lebih difokuskan pada peranan Al-Qur'an sebagai petunjuk dan pembeda dengan tujuan ilmu pengetahuan. Pada bagian ini, Al-Qur'an telah memberikan pengantar yang berkaitan dengan teori kehidupan. Teori ini sangat relevan dan ilmiah sesuai dengan teori kehidupan yang dicetuskan pada ilmuwan.

Pada catatan-catatan berikutnya, eksistensi Al-Qur'an sebagai petunjuk bagi ilmu pengetahuan semakin terbukti. Data-data ilmiah yang faktual tersebut sekaligus mempertegas bahwa Al-Qur'an berbeda dengan petunjuk lainnya. Secara tidak langsung, pernyataan tersebut memberi suatu jaminan keabsahan bahwa Al-Qur'an adalah firman Tuhan yang benar.

Al-Qur'an sebagai petunjuk dan pembeda dalam tujuan keimanan mendapat dukungan saintifik dari kebenaran Al-Qur'an sebagai petunjuk dan pembeda dalam tujuan ilmu pengetahuan. Pada saat Al-Qur'an telah diyakini

sebagai suatu petunjuk dan pembeda yang berasal dari Tuhan, maka di saat yang bersamaan Al-Qur'an akan menjadi petunjuk jalan untuk mengenal Tuhan.

Semakin sering mempelajari Al-Qur'an, maka semakin besar peluang untuk mendapatkan petunjuk kebenaran dari Tuhan. Bertasbihlah dengan menyebut nama Tuhanmu Yang Mahabesar [QS. Al Haqqah (69): 52] dan bersujudlah kepada Allah serta sembahlah Dia [QS. An Najm (53): 62]. Sembahlah Allah dengan memurnikan ketaatan hanya kepada-Nya [QS. Az Zumar (39): 11]”.



Dunia Mikroskopis

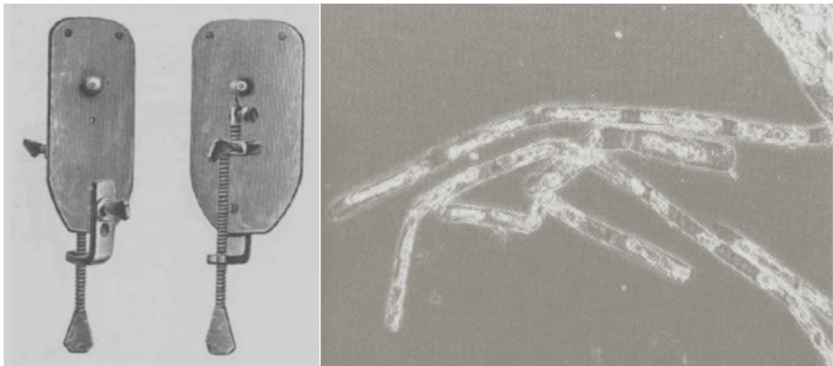
Hal menarik yang saya catat dari pelajaran tentang awal mula penemuan dunia mikroskopis adalah media air digunakan untuk mengungkap adanya kehidupan organisme lainnya yang tidak kasat mata. Namun bukan hanya itu, pengetahuan tentang dunia mikroskopis telah menggiring pemikiran saya lebih jauh untuk menemukan jawaban atas pertanyaan apa hubungannya antara air dan kehidupan?

Penjelasan yang saya peroleh dari Al-Qur'an lalu saya jadikan catatan-catatan ringkas telah membuka dimensi berpikir bahwa Tuhan jadikan segala sesuatunya dari air, sebenarnya air atau sebagai sistem kompleks yang sangat membutuhkan air.

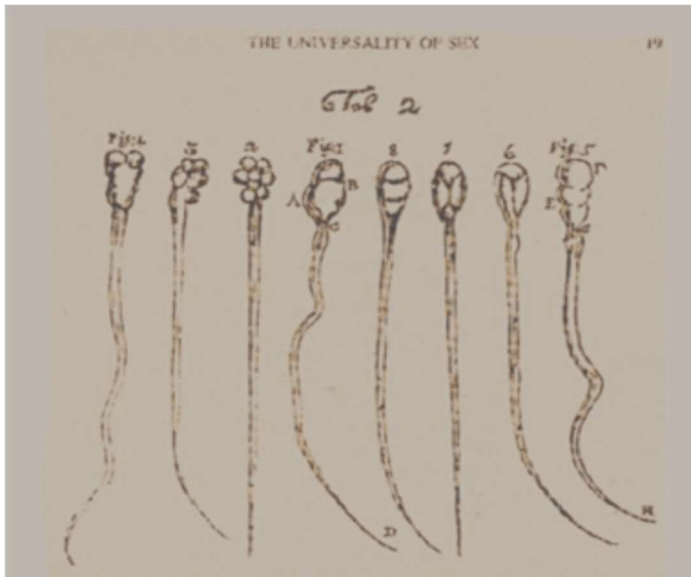
Mikrobiologi adalah pengetahuan yang menjelaskan tentang keberadaan sebuah dunia mikroskopis yang abstrak dan tidak kasat mata. Ilmu ini mampu mendeskripsikan “makhluk astral” secara ilmiah yang berperan bagi kehidupan. Kajian tentang dunia mikroorganisme melalui perjalanan yang tidak sebentar. Berbagai diskusi dan pertentangan teori telah dipertontonkan pada masa-masa awal perkembangan mikrobiologi. Perjalanan panjang itu mulai menemukan titik terang teorinya ketika sebuah instrumen sains berhasil memvisualisasikan makhluk mikroskopis tersebut.

Penemuan Antony van Leeuwenhoek (1632-1723), yaitu mikroskop menjadi tonggak perkembangan kajian mikrobiologi bahwa ada organisme lain bersifat mikroskopis yang berperan di dalam siklus kehidupan makroorganisme yang disebut “*wretched beasties*”^[2]. Antony van Leeuwenhoek mengamati organisme mikroskopis dengan mikroskopnya dari air danau yang dinamainya sebagai “*animalcules*” atau “*little animals*” kemudian di dalam perkembangan ilmu pengetahuan, penemuannya tentang “*animalcules*” ini dapat dikelompokkan sebagai mikroorganisme.

Antony van Leeuwenhoek juga mengamati “*animalcules*” dari bahan-bahan seperti tanah, darah, saliva, bahkan semen laki-laki yang bergerak sangat cepat serta bervariasi (ke atas, bawah, dan berputar) sehingga sangat menakjubkan untuk diamati dan kemudian dikenal sebagai spermatozoa^[9, 10, 11]. Ilustrasi mikroskop pertama Antony van Leeuwenhoek dan salah satu hasil pengamatannya ditampilkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Mikroskop Antony van Leeuwenhoek (a), sel Chlorophyta kering oleh Leeuwenhoek tahun 1687 (b)^[9, 10].



Gambar 2. Spermatozoa dari Pengamatan Antony van Leeuwenhoek, kemudian dipublikasikan di *Philosophical Transaction* (1678)^[9].

Pada awal mula berkembangnya mikrobiologi, Antony van Leeuwenhoek mengambil sampel eksperimennya dari air. Demikian pula beberapa ilmuwan abiogenesis dan biogenesis menggunakan air sebagai media membuktikan eksperimen mereka tentang teori kehidupan yang diyakininya.

Hal yang menarik untuk didiskusikan adalah mengapa media air digunakan untuk mempelajari dan mengungkap berbagai teori kehidupan. Apabila pertanyaan ini dimunculkan pada masa abiogenesis, maka (mungkin) juga menjadi salah satu misteri yang belum dapat dijawab pada masa itu. Namun apabila didasarkan pada ilmu yang berkembang hingga sekarang, maka dapat dikaitkan dengan hasil-hasil penelitian bahwa komposisi tubuh organisme pada umumnya didominasi oleh air. Dengan demikian air menjadi sangat esensial untuk semua organisme hidup^[12].

Air menjadi substansi yang sangat vital bagi makhluk hidup. Selain itu, sangat mungkin bahwa benar makhluk hidup berasal dari air. Kajian-kajian ilmiah yang telah dilakukan oleh para ilmuwan tersebut sebenarnya hanya mempertegas kebenaran firman Allah di dalam QS. Al Anbiya (21): 30, "...Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup". Di dalam ayat ini, Allah menjelaskan bahwa segala makhluk hidup Allah ciptakan dari air.

Pada ayat lain, yaitu QS. An Nur (24): 45 Allah secara eksplisit menjelaskan bahwa hanya jenis hewan yang diciptakan-Nya dari air, *”Dan Allah telah menciptakan semua jenis hewan dari air, maka sebagian dari hewan itu ada yang berjalan di atas perutnya, dan sebagian berjalan dengan dua kaki, sedang sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki. Allah menciptakan apa yang dikehendaki-Nya, sesungguhnya Allah Mahakuasa atas segala sesuatu”*. Kedua ayat ini tidak mungkin berbeda maknanya ataupun bahkan saling bertentangan. Oleh karena itu, sangatlah menarik mentadaburi ayat-ayat Allah tersebut.

Hal pertama yang dapat didiskusikan adalah di dalam QS. An Nur (24): 45 Allah menggunakan kata “dabbah” yang diartikan sebagai semua jenis hewan sebagaimana digunakan juga di QS. Al Baqarah (2): 164. Penggunaan terjemahan kata "hewan" sebenarnya dapat merepresentasikan "manusia". Hal tersebut disebabkan di dalam biologi, manusia berada pada satu kerajaan yang sama dengan hewan.

Penjelasan biologi ini menunjukkan kedekatan manusia dan hewan pada ciri fisik maupun metabolismenya, khususnya kepada hewan Mamalia. Demikian juga di dalam Al-Qur’an, gambaran kedekatan manusia dan hewan ditunjukkan melalui berbagai perumpamaan seperti di dalam QS. Al Baqarah (2): 65 dan 171; QS. An Nisa (4): 155; QS. Al Maidah (5): 60; QS. Al A’raf (7): 165-166, 175-176, dan 179; QS. Al Anfal (8): 22 dan 55; QS. Al Hajj (22): 73; QS. Al Furqan (25): 43-44; QS. Al Ankabut (29): 41; QS. Muhammad (47): 12; QS. Al Waqi’ah (56): 55; QS. Al Jumu’ah (62): 5; QS. Al Qori’ah (101): 4].

Ayat-ayat tersebut telah memberikan perumpamaan yang jelas mengenai adanya kedekatan fisik, fisiologi, serta psikologi antara manusia dan hewan yang juga telah dibuktikan secara ilmiah. Selain merujuk pada terjemahan “dabbah” yakni hewan secara umum, “dabbah” juga dapat diartikan sebagai makhluk atau hewan yang melata [QS. Hud (11): 6; QS. Asy Syura (42): 29].

Meskipun terdapat arti yang berbeda di dalam makna ayat-ayat tersebut, tetapi hakikat keseluruhan ayat tersebut memiliki kesamaan arti yaitu hewan, baik semua jenis hewan, makhluk atau hewan melata.

Hal kedua adalah pada QS. Al Anbiya (21): 30 Allah menjelaskan semua makhluk hidup dijadikan oleh-Nya dari air, sedangkan di dalam QS. An Nur (24): 45 Allah menyampaikan secara tegas bahwa hanya hewan saja yang dijadikan-Nya dari air. Kedua ayat ini juga tidaklah saling bertentangan karena apabila dicermati dengan seksama pada QS. An Nur (24): 45 ini diakhiri dengan

penjelasan bahwa Allah menciptakan apa yang dikehendaki oleh-Nya dan Allah Mahakuasa atas segala sesuatu. Dengan demikian, jika Allah berkehendak tidak hanya jenis hewan saja yang diciptakan-Nya dari air tetapi juga semua makhluk hidup termasuk tumbuhan, maka hal tersebut sangat mudah bagi-Nya serta pasti terjadi sesuai kehendak-Nya.

Hal ketiga yang dapat dijelaskan yakni apabila Allah menjadikan semua makhluk hidup dari air serta Allah dapat menciptakan apa saja yang dikehendaki oleh-Nya karena Allah Mahakuasa atas segala sesuatu, maka sangatlah mungkin bagi-Nya untuk menciptakan organisme mikroskopis dari air juga.

Oleh karena itu, penemuan Antony van Leeuwenhoek berupa mikroskop telah memberikan cakrawala baru dalam telaah mikrobiologi bahwa ada "*animalcules*" yang didapatinya dari media air. Pada perkembangannya nanti, mikroskop dijadikan instrumen untuk mengungkap kemahaagungan Allah pada penciptaan makhluk-makhluk-Nya.

Pada QS. Al Anbiya (21): 30 setelah Allah menjelaskan bahwa dahulu langit dan bumi adalah suatu yang padu dan dari air dijadikan segala sesuatu yang hidup, maka ayat ini diakhiri dengan suatu pertanyaan "*maka mengapakah mereka tiada juga beriman?*". Kata "mereka" pada ayat ini mengacu atau ditujukan untuk orang-orang kafir sebagaimana diawali pada ayat ini. Namun, pertanyaan di dalam ayat ini juga dapat menjadi sangat relevan bagi orang-orang yang "mengaku beriman".

Pada bagian ini, keimanan mereka dipertanyakan apakah mereka juga beriman dan masih akan berimankah jika Allah mengatakan bahwa "*Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup*"?. Di sisi lain, ataukah mereka justru ragu dengan keimanannya selama ini sebagaimana digambarkan di dalam QS. Ha Mim As Sajdah (41): 45, "*Dan sesungguhnya mereka terhadap Al-Qur'an benar-benar dalam keragu-raguan yang membingungkan*". Akan tetapi, sesungguhnya di dalam Al-Qur'an tidak terdapat sedikitpun keraguan dan bahkan menjadi petunjuk bagi mereka yang bertakwa [QS. Al Baqarah (2): 2] atau setidaknya bagi mereka yang meyakini kebenaran yang terkandung di dalam Al-Qur'an tersebut.

Apabila Allah mengatakan bahwa segala sesuatu yang hidup dijadikan-Nya dari air, maka itupun harus diyakini karena nantinya ilmu pengetahuan berangsur-angsur akan dapat membuktikan kebenaran ayat-ayat Al-Qur'an tersebut. Pada teori kehidupan telah dijelaskan bagaimana peranan air di dalam terjadinya kehidupan bagi hewan, termasuk manusia serta tumbuhan.

Pada hewan dan manusia, terkecuali Adam dan Isa Al Masih putra Maryam, maka kehidupan mereka memang diawali dari air. Al-Qur'an telah banyak menjelaskan bahwa kehidupan kelompok hewani diawali dari pertemuan air, yaitu air mani (sperma) yang membuahi sel telur. Selanjutnya, jika dikaji lebih lanjut bahwa komposisi tubuh manusia dan hewan sebagian besar terdiri atas komponen air.

Meskipun Adam dan Isa Al Masih putra Maryam tidak dilahirkan melalui "air", akan tetapi apabila tubuh keduanya dianggap seperti manusia pada umumnya, maka pastinya air mendominasi di dalam tubuhnya. Pada umumnya, air di dalam tubuh manusia mencapai 70-80%^[13], kandungan air di dalam tubuh hewan ternak berkisar 60-70%^[14], dan kandungan air di dalam tubuh ikan sekitar 70-80%^[15].

Demikian juga tumbuhan, kandungan air merupakan substansi penting di dalam tubuh dan juga pertumbuhannya. Salah satu contoh pada tanaman umbi-umbian terdapat lebih dari 70% air di dalam tubuhnya^[16] serta proses perkecambahan (germinasi) tanaman berlangsung dengan kondisi kelembaban hingga 60%^[17]. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan ini mempertegas bahwa tumbuhan juga membutuhkan air bagi kehidupannya sebagaimana telah banyak dijelaskan di dalam Al-Qur'an tentang tumbuhan yang ditumbuhkan dengan air.

Selain tentang manusia, hewan, dan tumbuhan, ayat "dari air dijadikan segala sesuatu yang hidup" seharusnya juga berlaku kepada mikroorganisme. Penelitian-penelitian ilmiah telah mengungkapkan peranan penting air bagi kehidupan mikroorganisme. Mikroorganisme semisal bakteri, komponen utama di dalam selnya tersusun oleh cairan yang disebut sebagai sitoplasma. Sitoplasma sel memenuhi porsi 60-70% dari volume sel total^[18]. Selain itu, sel mikroorganisme juga membutuhkan air yang dikenal sebagai *water activity* (a_w) untuk pertumbuhan optimal. Kelompok bakteri membutuhkan a_w paling sedikit 0,91 dan akan terhambat pertumbuhannya apabila a_w kurang dari 0,90-0,91. Kelompok fungsi seperti kapang (*mold*) dan khamir (*yeast*) tumbuh dengan nilai a_w antara 0,70-0,80 dan 0,87-0,94. Sedangkan pada nilai a_w 0,6 atau lebih rendah akan menghambat pertumbuhan semua mikroorganisme^[19].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kandungan air di dalam tubuh makroorganisme dan mikroorganisme bersifat relatif tergantung pada jenis organisasinya. Akan tetapi, penelitian-penelitian tersebut menjelaskan bahwa kandungan air mendominasi substansi di dalam tubuh organisme yang tersebar dalam organel-organel, sel, jaringan, hingga organ. Oleh karena itu, sangat relevan dan sejalan dengan fakta ilmiah apabila kalimat "dijadikan dari air

segala yang hidup” digunakan oleh Allah untuk menjelaskan tentang konsep air yang sangat berperan di dalam kehidupan organisme.

Kalimat “dari air dijadikan” dapat merujuk pada makna manusia dan hewan dijadikan awal perkembangan sel untuk kehidupannya dari air (mani) serta komponen sel-sel tubuhnya dari air (cairan sel). Demikian pula pada tumbuhan, “dari air dijadikan” tumbuhan tersebut dapat tumbuh dengan baik serta komponen sel-selnya “dari air dijadikan” pula oleh-Nya karena sebagian besar terdiri atas air.

Selain makroorganisme, mikroorganisme juga “dari air dijadikan” kehidupannya. Hasil berbagai kajian ilmiah telah menunjukkan fakta yang mengungkapkan kebenaran tersebut bahwa kehidupan makhluk hidup sangat tergantung pada keberadaan air di dalam tubuhnya dan lingkungan serta “*dari air dijadikan segala sesuatu yang hidup*”.

Sebagaimana manusia pertama, yaitu Adam serta Isa Al Masih putra Maryam, (mungkin) saja ada kelompok hewan yang mengalami hal serupa bahwa pada awal kehidupannya diciptakan tanpa melalui pertemuan sel sperma dan sel telur seperti burung yang diciptakan oleh Isa Al Masih putra Maryam atas seizin Allah. Hal tersebut (mungkin) dapat juga terjadi pada kelompok tumbuhan bahwa biji, akar, ataupun pohon pertama serta pada kelompok mikroorganisme yang pertama Allah ciptakan bukanlah tumbuhan dan mikroorganisme yang seperti saat ini ada.

Namun pada fase kehidupan keturunan setelahnya, mekanisme reproduksi pada manusia dan hewan akan terjadi secara alami, yaitu melalui suatu pertemuan sel sperma dan sel telur. Mekanisme perkecambahan pada tumbuhan terjadi secara alami juga yaitu membutuhkan air. Demikian pula dengan mekanisme pertumbuhan sel yang terjadi secara alami melalui pembelahan sel ataupun mekanisme lainnya yang membutuhkan air.

Mekanisme penciptaan makhluk-makhluk permulaan ini biarlah menjadi bukti kemahakuasaan-Nya. Hal tersebut tidak perlu diperdebatkan karena makhluk-makhluk permulaan sudah terlalu lama mengalami evolusinya. Pada QS. Al Buruj (85): 13 dijelaskan “*Sesungguhnya Dia-lah yang menciptakan makhluk dari permulaan dan menghidupkannya (kembali)*”.

Pada masa ini, tugas manusia sebenarnya adalah mempelajari dan menjelaskan tentang mekanisme penciptaan makhluk yang dihidupkan-Nya kembali sesudah dari makhluk permulaan yang diciptakan-Nya pertama kali. Hal tersebut bertujuan untuk memperkuat pernyataan terkait urusan penciptaan makhluk adalah mudah saja bagi-Nya [QS. Fatir (35): 11].

Sungguh sangat mudah bagi Allah untuk melakukan hal tersebut dengan mengumpamakan penciptaan sistem tubuh manusia yang sangat kompleks. Allah menciptakan dari permulaan kemudian mengulangi proses penciptaan manusia itu kembali [QS. Al Ankabut (29): 19]. Jika demikian, bukankah proses penciptaan makhluk hidup yang lebih sederhana dari manusia seperti hewan, tumbuhan, bahkan mikroorganisme pasti jauh lebih sangat mudah bagi Allah.

Sesungguhnya patutlah ayat di QS. Yunus (10): 34 menjadi renungan bersama bahwa apakah di antara sekutu-sekutu manusia ada yang dapat memulai penciptaan makhluk dan kemudian mengulanginya (menciptakannya) kembali? Allah-lah yang mampu memulai semua penciptaan makhluk dan kemudian mengulanginya (menghidupkannya) kembali. Oleh karena itu, Allah bertanya bagaimana manusia dapat dipalingkan untuk suatu penyembahan selain kepada Allah?.

Allah telah menciptakan segala yang hidup dari air, baik mikro maupun makroorganisme. Hal tersebut bukan hanya dogma yang tidak dapat dibuktikan secara ilmiah, bahkan sebaliknya, sangat ilmiah. Lebih dahsyat lagi, ketika manusia dapat memahami bahwa sebenarnya bumi sebagai tempat menetap [QS. Az Zukhruf (43): 10] juga “dihidupkan” dengan air. Allah menciptakan langit dan bumi dan menurunkan air hujan dari langit [QS. Ibrahim (14): 32] lalu dihidupkan-Nya dengan air hujan itu bumi sesudah matinya [QS. Al Jatsiyah (45): 5; QS. Qaf (50): 11]. Apakah manusia tiada melihat bahwasanya Allah menurunkan air dari langit, lalu jadilah bumi itu hijau? [QS. Al Hajj (22): 63].

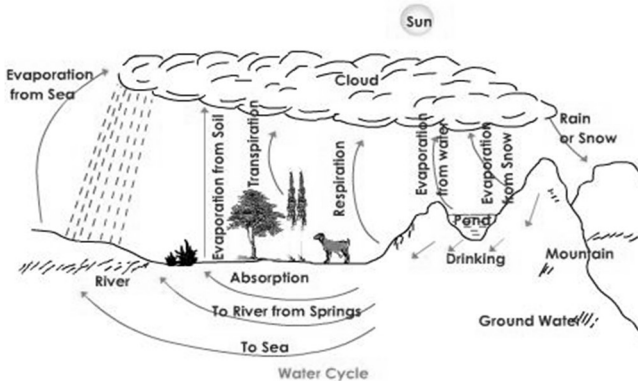
Air yang diturunkan dari langit itu diatur-Nya menjadi sumber-sumber air. Air tersebut menjadi penyebab hidup dan suburnya bumi serta tumbuh kebun-kebun, berbagai macam tumbuhan yang indah dan bermacam-macam warnanya, serta segala macam buah-buahan sebagai rezeki [QS. Al Baqarah (2): 22; QS. An Nahl (16): 11; QS. Al Hajj (22): 5; QS. Al Mu'minin (23): 18; QS. Az Zumar (39): 21].

Sesungguhnya di dalam peristiwa hujan terdapat tanda-tanda (keesaan dan kebesaran Allah) bagi para kaum yang memikirkan, mendengar dan mengambil pelajaran, serta memahaminya. Sesungguhnya pada yang demikian itu semua terdapat banyak pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal [QS. Al Baqarah (2): 164; QS. An Nahl (16): 11, 13, dan 65; QS. Az Zumar (39): 21] dan mau menggunakan akalinya untuk mengenal keberadaan Sang Maha Pencipta.

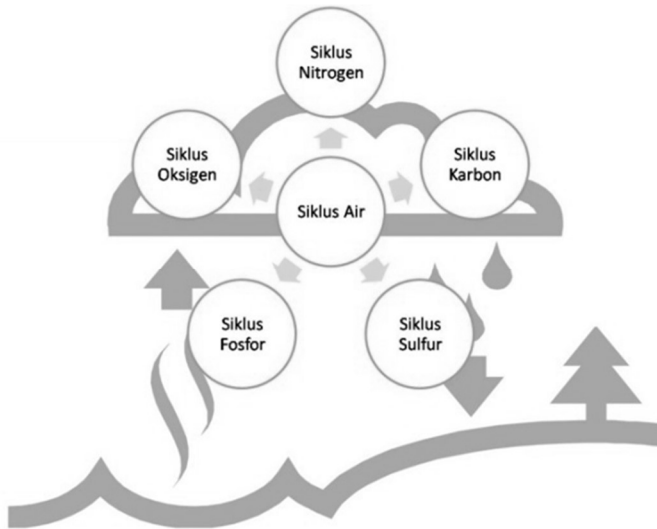
Penjelasan dari Al-Qur'an yang menarik untuk ditelaah adalah ketika Allah menyampaikan “Dan sebagian dari tanda-tanda (kekuasaan)-Nya bahwa kamu melihat bumi itu kering tandus, maka apabila Kami turunkan air di atasnya, niscaya ia bergerak dan subur. Sesungguhnya Tuhan yang menghidupkannya tentu dapat menghidupkan yang mati; sesungguhnya Dia Mahakuasa atas segala sesuatu” [QS. Ha Mim As Sajdah (41): 39].

Pada terjemahan ayat tersebut, bumi dikatakan bergerak dan subur setelah disirami air hujan di atasnya. Pertanyaan yang muncul kemudian adalah apakah yang dimaksud dengan bumi bergerak? Pada Gambar 3 ditampilkan siklus air atau hidrologi yang dapat memberikan ilustrasi pergerakan bumi setelah air membasahi bumi melalui hujan.

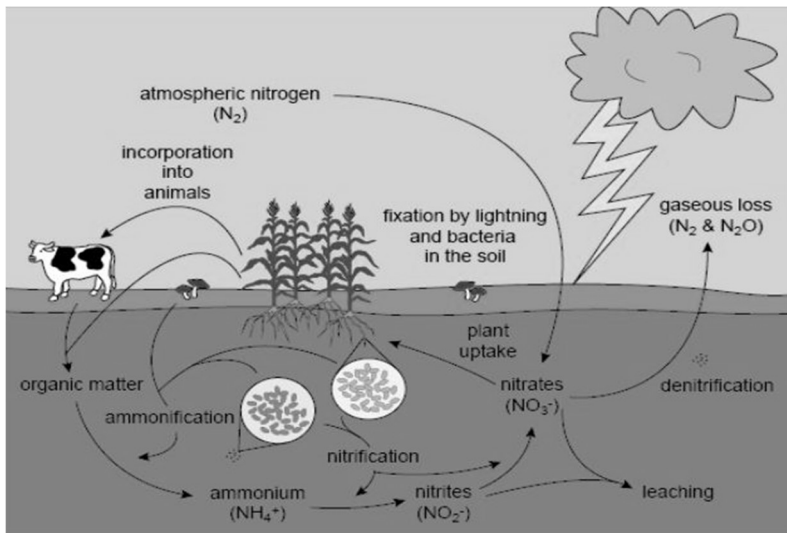
Siklus air terlihat tampak sederhana, yaitu air yang ada di bumi akan menguap melalui proses evaporasi, kemudian membentuk gumpalan awal, air hujan turun, dan kembali lagi menguap. Namun di dalam sederhananya siklus air tersebut, siklus air berkaitan dengan siklus-siklus utama lainnya seperti nitrogen, karbon, oksigen, fosfor, dan sulfur di biosfer ini (Gambar 4) yang sangat kompleks dan membentuk kehidupan yang “bergerak” dan “subur” di bumi. Salah satu siklus yang dapat dijadikan contoh untuk memahami kompleksitas siklus unsur-unsur yang terdapat di biosfer adalah siklus nitrogen (Gambar 5). Hal ini disebabkan nitrogen merupakan gas utama [ada atmosfer bumi yang mencapai hingga 80%^[21]. Di dalam siklus nitrogen ini “gerak” dan “subur”nya bumi yang disebabkan karena adanya air hujan sebagaimana telah dijelaskan di QS. Ha Mim As Sajdah (41): 39 dapat diperhatikan.



Gambar 3. Ilustrasi siklus air (hidrologi) untuk membuat bumi dapat bergerak dan subur^[20].



Gambar 4. Ilustrasi keterkaitan siklus air dengan siklus lainnya.

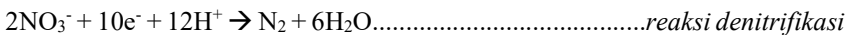
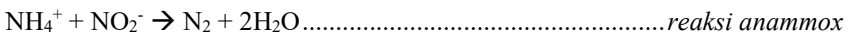
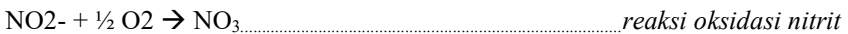
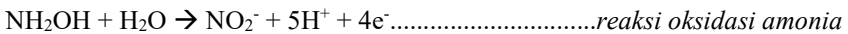
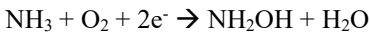
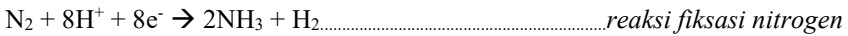


Gambar 5. Ilustrasi siklus nitrogen yang terjadi di biosfer^[22].

Pada saat hujan turun, air yang masuk ke dalam tanah akan menyebabkan tanah menjadi lembab. Tanah lembab itu menjadi media yang baik untuk terjadinya proses pelapukan atau dekomposisi bahan-bahan organik seperti organisme yang telah mati atau sisa hasil metabolisme makhluk hidup.

Proses dekomposisi dapat berlangsung secara aerob maupun anaerob oleh mikroorganisme^[23]. Bakteri *Nitrobacter*, *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosospira*, dan *Nitrospina* sangat berperan di dalam proses-proses yang berlangsung selama dekomposisi, yaitu nitrifikasi, ammonium oksidasi, oksidasi nitrit menjadi nitrat, dan denitrifikasi.

Reaksi kimiawi yang dijelaskan di bawah ini dapat terjadi secara enzimatis oleh ammonia monooxygenase, nitrogenase, hydroxylamine oxidoreductase, dan lainnya^[21].



Ayat-ayat berikut dapat menjadi suatu konsep sekaligus kesimpulan yang menjelaskan adanya mekanisme “gerak” dan “subur”nya bumi. Gerak dan suburnya bumi akan menyebabkan terbentuknya suatu siklus di dalam kehidupan. “*Apakah kamu tiada melihat bahwasanya Allah menurunkan air dari langit, lalu jadilah bumi itu hijau? Sesungguhnya Allah Mahahalus lagi Mahamengetahui*” [QS. Al Hajj (22): 63].

Pada ayat lainnya, Allah menjelaskan “*Apakah kamu tidak memperhatikan bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diatur-Nya menjadi sumber-sumber air di bumi, kemudian ditumbuhkanNya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu ia menjadi kering, lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikanNya hancur berderai-derai. Sesungguhnya yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal*” [QS. Az Zumar (39): 21]. Pada ayat tersebut, Allah mengajak manusia untuk memikirkan

tentang pelajaran bagaimana mekanisme biologi, kimia, maupun fisik yang terjadi di dalam tanah.

Demikian pula pada siklus karbon, siklus fosfor, siklus oksigen, siklus sulfur, dan lainnya dapat terjadi di biosfer ini sebagaimana kompleksnya siklus nitrogen. Reaksi-reaksi di atas hanyalah sedikit di antara banyaknya mekanisme kimiawi yang terjadi di alam ini, termasuk yang disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme.

Aktivitas mikroorganisme dan pergerakannya yang tidak tampak kasat mata ini adalah contoh bahwa bumi “bergerak” karena adanya pergerakan mikroorganisme. Hal tersebut merupakan contoh bahwa bumi menjadi “subur” karena adanya dekomposisi bahan-bahan organik yang menjadi mikronutrien, siklus biogeokimiawi, produksi energi, ataupun transformasi energi ke tingkatan rantai makanan yang lebih tinggi.

Berbagai penelitian ilmiah telah mengungkapkan bahwa mikroorganisme mengalami aktivitas bergerak (motil) yang dikenal sebagai kemotaksis. Kemotaksis merupakan suatu fenomena pergerakan mikroorganisme menuju ke oksigen, mineral, serta nutrisi organik^[24]. Pergerakan mikroorganisme menggunakan alat gerak seperti flagella, ciliata, dan lainnya digunakan untuk bergerak aktif atau juga pergerakan berupa pembelahan diri untuk memperbanyak sel individunya. Hal tersebut membuat bumi bergerak dalam artian yang luas.

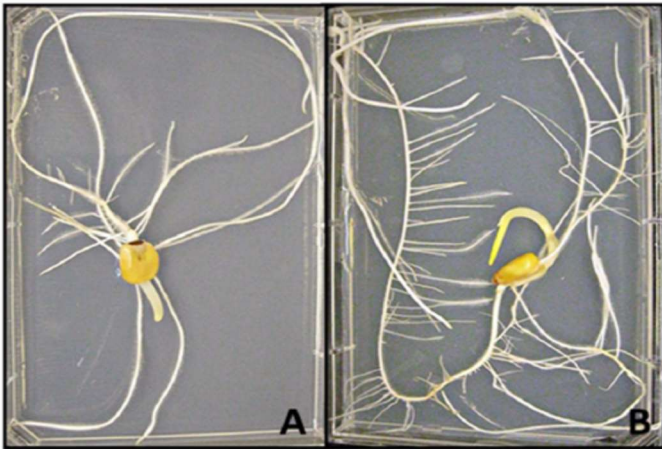
Pada tahapan selanjutnya, mikronutrien, hasil proses biogeokimiawi, produksi dan transformasi energi ini akan menjadikan bumi menjadi “subur”. Produk yang dihasilkan tersebut akan diserap akar tanaman ataupun perkecambahan biji yang pecah setelah terkena air hujan sehingga menyebabkan bumi “bergerak” dengan munculnya tunas, batang, serta daun. Pertumbuhan berbagai jenis tanaman akan menyebabkan tanah menjadi subur kemudian menjadi bahan makanan bagi konsumen selanjutnya dalam rantai makanan seperti manusia dan hewan. Konsumen-konsumen di dalam rantai makanan juga akan membuat “gerak” di bumi.

Allah menerangkan semua interaksi dalam memahami interaksi air, aktivitas tumbuhan sebagai produsen, aktivitas konsumen dalam rantai makanan, serta pergerakan bumi di dalam QS. ‘Abasa (80): 24-32, yaitu “*Maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya. Sesungguhnya Kami benar-benar telah mencurahkan air (dari langit). Kemudian Kami belah bumi dengan sebaik-baiknya. Lalu, Kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu. Anggur dan sayur-sayuran. Zaitun dan pohon kurma. Kebun-kebun (yang) lebat. Dan*

buah-buahan serta rumput-rumputan. Untuk kesenangan-mu dan untuk binatang-binatang ternakmu”.

Ayat tersebut mengajak manusia berpikir tentang ilmu yang Allah ajarkan, yaitu peran pentingnya air di dalam siklus kehidupan yang menghidupkan bumi dengan awal permulaan ditumbuhkannya tanaman. Pada tahapan selanjutnya, aktivitas kehidupan manusia dan hewan di dalam perannya sebagai konsumen akan berlangsung.

Hal lain yang menarik untuk direnungkan adalah makna dari terjemahan kalimat bahwa bumi dibelah dengan sebaik-baiknya. Pertanyaan yang muncul dari perenungan tersebut adalah bagaimana penjelasan dan mekanismenya? Hal tersebut dapat dijelaskan dengan mengamati aktivitas biji atau benih tanaman yang berada di tanah dan mengalami perakaran dan pertunasan. Gambar 6 menjelaskan ilustrasi pergerakan akar dan tunas yang menjadikan media agar tampak retak-retak semisal tanah tempat tumbuhnya.



Gambar 6. Root development of corn seeds germinated on agar plates^[25].

Ilustrasi di atas telah menjadi salah satu lagi bukti dari kebenaran ilmiah isi Al-Qur'an. Di dalam bahasa perumpamaan maupun makna yang sebenarnya, tanah akan mengalami peretakan akibat munculnya akar dan tunas dari biji atau benih yang ada di dalam tanah.

Pada proses itu, air memainkan peranan yang penting menghadirkan lingkungan yang optimal bagi perkecambahan biji atau benih. Pada mekanisme selanjutnya, pertumbuhan ini akan membentuk siklus kehidupan di dalam rantai makanan yang di dalam QS. 'Abasa (80): 24-32 diungkapkan dengan ungkapan sebagai makanan (kesenangan atau kesukaan) bagi manusia dan hewan atau

sebagai tanaman hias yang disenangi dan disukai bagi jiwa yang memandangnya.

Produsen dan konsumen dalam rantai makanan yang melakukan aktivitas akan menghasilkan sisa metabolismenya. Bahkan organisme yang mati juga akan menjadi sumber bahan organik yang bermanfaat bagi mikroorganisme. Pada proses ini, mikroorganisme melakukan penguraian senyawa organik yang dirombak menjadi senyawa-senyawa anorganik sebagai nutrisi pertumbuhan bagi tanaman.

Proses dan siklus biogeokimiawi akan terus berlangsung seiring dengan adanya aktivitas organisme di lingkungan. Uraian-uraian tersebut tampak sangat sederhana, padahal ratusan kajian ilmiah menjelaskan kompleksitas mekanisme yang terjadi di alam. Kompleksitas tersebut menuntut manusia menggunakan akalinya untuk berpikir tentang ilmu yang telah diamparkan-Nya, termasuk tentang air.

Sungguh luar biasa, “*Maka terangkanlah kepada-Ku tentang air yang kamu minum atau kalau Kami hendak niscaya Kami jadikan dia asin*” [QS. Al Waq’ah (56): 68 dan 70]. Ayat tersebut mengandung pertanyaan sekaligus penegasan untuk dibuktikan, tetapi belum mampu dijawab ilmuwan secara tuntas bagaimana peranan air asin bagi kehidupan. Salah satu gambaran bahwa air asin berperan bagi kehidupan organisme adalah kelompok mikroorganisme halofilik^[26] membutuhkan kondisi bergaram untuk mampu hidup secara optimal. Namun, penjelasan-penjelasan tersebut belum banyak dieksplorasi untuk menerangkan luasnya ilmu Allah.

Beberapa pertanyaan sederhana berikut (mungkin) akan menggiring asa untuk mengungkapkan kemahaagungan Allah di dalam proses penciptaan kehidupan ini. Salah satunya dengan mempelajari tentang air, bagaimana peranan air dalam sel, bagaimana kehidupan mikroorganisme di air asin, dan mekanisme yang terjadi di dalam tubuh mikroorganisme halofilik belum dapat diungkap dengan jelas.

Pertanyaan-pertanyaan itu hanya untuk mengungkapkan satu mekanisme, satu jenis, satu kondisi lingkungan, satu hasil metabolisme, dan satu manfaat mikroorganisme. Pertanyaan-pertanyaan tersebut belum tuntas untuk dijelaskan secara ilmiah. Apalagi untuk mengungkap semua mekanisme yang terjadi di biosfer yang masih menjadi misteri di jagad alam semesta ini. Subhanallah, sesungguhnya Dia adalah Tuhan Yang Mahaakbar dengan segala kekuasaan-Nya untuk membuat sistem kehidupan berjalan dengan sempurna.

Hal lain yang dapat mengasah keingintahuan ilmuwan dan pencari Tuhan adalah ketika memaknai bahwa bumi yang “dihidupkan” dengan air itu

bukan hanya sebatas bumi tempat tinggal sekarang. Akan tetapi, bumi yang telah mengalami perluasan makna, yaitu setiap benda angkasa berupa planet yang berpotensi sebagai tempat tinggal makhluk hidup. Di sana terdapat banyak pelajaran tentang ketuhanan.

Ilmuwan astrobiologi terus berupaya mencari bukti-bukti kehidupan di planet lain yang diharapkan dapat menjadi tempat hidup yang cocok bagi makhluk hidup seperti di bumi. Diskusi dalam rangka menjawab pertanyaan seorang fisikawan Italia, yaitu Enrico Fermi (1901-1954) sebagai seorang peraih hadiah Nobel bidang fisika (1938). Pertanyaan Fermi yang kemudian dikenal sebagai Fermi Paradox, yaitu *“If the universe is vast enough for numerous possibilities of life and civilizations, spanning trillions of star systems and having existed for 13.8 billion years, how is it that humans have not received one incontrovertible signal from intelligent life?”*^[27] menjadi menarik untuk dihubungkan dengan Al-Qur’an.

Para astrobiolog dengan menggunakan teleskop Kepler telah berhasil mengonfirmasi lebih dari 1.000 planet dan juga mendata 4.000 lainnya sebagai kandidat planet. Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan tempat baru bagi makhluk hidup yang ada dan yang akan datang. Salah satu indikator planet yang diamati sebagai *“habitable zone”* adalah jejak air di planet tersebut. Mereka meyakini air sebagai biomarker atau penanda kehidupan karena semuanya membutuhkan air^[27, 28].

Pernyataan ini mengonfirmasi suatu kebenaran bahwa bumi dalam konteks benda-benda angkasa lainnya seperti planet hanya dapat *“dihidupkan”* dengan bantuan air. Air yang turun membasahi tempat-tempat tersebut akan menjadikannya *“bergerak”* dan *“subur”*. Apabila dihubungkan dengan dunia mikroskopis, maka mikroorganisme juga berperan di dalam *“gerak”* dan *“subur”*nya tempat-tempat yang akan menjadi *“the earth twin”*. Mikroba-mikroba tersebut akan menjalankan peran masing-masing untuk membangun sistem kehidupan di dalam lingkungan baru tersebut sehingga layak untuk dihuni.

Catatan penting yang dapat dipelajari dari penemuan dunia mikroskopis oleh Antony van Leeuwenhoek adalah Allah menjadikan segala sesuatu yang hidup itu dari air. Makhluk hidup yang dijadikan dari air dalam terminologi sebenarnya ataukah air yang dideskripsikan sebagai sumber kehidupan sehingga semua makhluk dapat hidup.

Berbagai eksperimen awal di dalam bidang mikrobiologi, air telah banyak digunakan sebagai media penelitian. Akan tetapi, apakah jenis makhluk mikroskopis pertama diciptakan dari air, tidak ada bukti ilmiah yang

menjelaskan hal tersebut. Akan tetapi atas dasar nama keimanan, maka harus diyakini secara tekstual bahwa segala sesuatu memang dijadikan dari air, termasuk mikroorganisme.

Hal lebih menarik yang perlu didiskusikan adalah bagaimana perkembangan ilmu pengetahuan dapat membuktikan kebenaran secara terperinci tentang peranan air bagi segala sesuatu yang diciptakan oleh-Nya. Dengan adanya pembuktian ilmiah tersebut, maka akan menjadi bukti nyata dan sangat wajar jika Allah mengatakan bahwa segala sesuatu dijadikan-Nya dari air.

Kompleksitas penjelasan ilmu pengetahuan tersebut tidak mampu diuraikan secara paripurna. *“Kalau sekiranya lautan menjadi tinta untuk (menulis) kalimat-kalimat Tuhanku, sungguh habislah lautan itu sebelum habis (ditulis) kalimat-kalimat Tuhanku, meskipun didatangkan tambahan sebanyak itu (pula)”* [QS. Al Kahfi (18): 109]. Demikian pula, *“Seandainya pohon-pohon di bumi ini menjadi pena dan laut (menjadi tinta), ditambahkan kepadanya tujuh laut (lagi) sesudah kering(nya), niscaya tidak akan habis-habisnya (dituliskan) kalimat Allah (ilmuNya dan hikmah-Nya). Sesungguhnya Allah Mahaperkasa lagi Mahabijaksana* [QS. Lukman (31): 27].

Ayat-ayat ini merupakan ungkapan tegas tentang begitu hebatnya ilmu Allah yang tidak mungkin dapat diungkapkan seluruhnya oleh manusia. Pengetahuan akan ilmu Allah yang diketahui manusia sangatlah sedikit. Setetes air yang tersisa di ujung jari di antara luasnya samudra adalah pengibaratan betapa sedikitnya ilmu pengetahuan yang dititipkan Allah kepada manusia. Samudra yang luas itu adalah gambaran tidak terbilang banyaknya ilmu Allah, tiada bertepi luasnya pengetahuan Allah, dan tidak terkira kesempurnaan karya Allah di alam semesta.

Al-Qur'an adalah kalam Allah yang menjelaskan tentang ilmu pengetahuan-Nya. Al-Qur'an menjadi petunjuk hikmah dari wujud alam yang ditampilkan-Nya dalam bentuk susunan huruf. Al-Qur'an merupakan sumber rahmat atas ayat-ayat kauniyah yang dituliskan sebagai ayat kauliyah. Al-Qur'an dan alam semesta adalah bukti eksistensi Allah sebagai Al 'Alim, yaitu Tuhan Yang Mahamengetahui, Tuhan Yang Mahaberilmu. Ayat-ayat yang dijelaskan di Al-Qur'an patutlah menjadi renungan, termasuk para ilmuwan dan terlebih orang-orang beriman karena *“Sesungguhnya Kami telah mendatangkan sebuah kitab (Al-Qur'an) kepada mereka, yang Kami telah menjelaskannya atas dasar pengetahuan Kami, menjadi petunjuk dan rahmat bagi orang-orang yang beriman”* [QS. Al A'raf (7): 52].



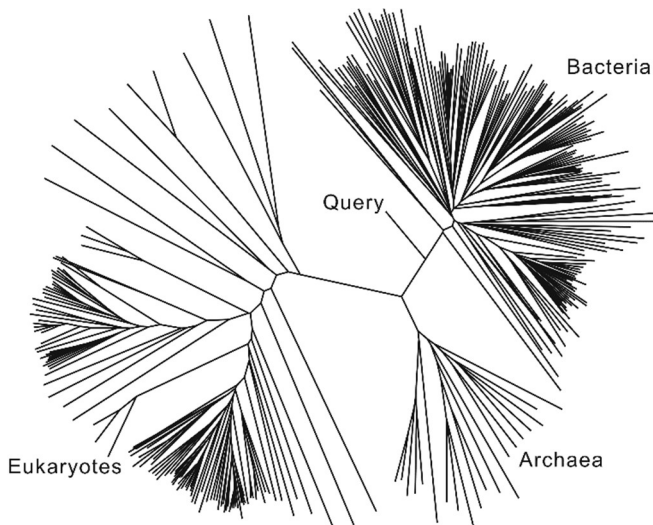
Mikroorganisme

Tidak ada satu sisipun di bumi ini tanpa adanya kehidupan mikroorganisme. Mikroorganisme menguasai setiap milimeter sel organisme ataupun menempati setiap volume ruang dan luas bidang permukaan. Mikroorganisme beraktivitas di setiap sisi ruang kehidupan.

Pada saat yang bersamaan, saya merasa bahwa saya tidak sendiri ketika berada di suatu ruangan sepi tanpa makhluk yang kasat. Berbagai spesies mikroorganisme dengan bentuk dan ukuran yang beragam serta jumlah yang banyak ada di sekeliling saya atau bahkan pada diri saya sendiri. Tanpa saya sadari, pada keadaan demikian saya merasa keberadaan Tuhan yang membuat saya tidak sendiri.

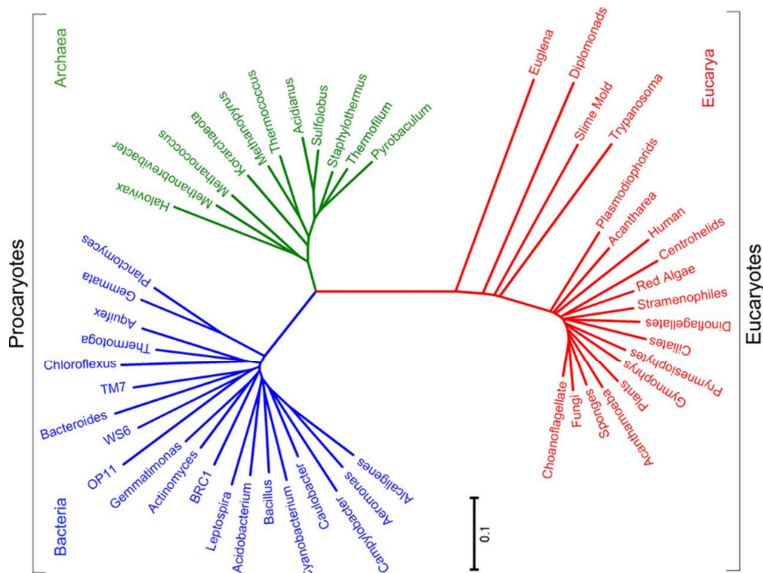
Perkembangan kajian dalam bidang biologi perlahan telah berhasil mengungkapkan sejumlah peristiwa kehidupan makhluk hidup, mulai dari karakteristik morfologi, fisiologi, hingga genetiknya. Karakteristik-karakteristik tersebut menjadi dasar untuk mempelajari kedekatan suatu organisme dengan organisme lainnya sehingga dapat dimasukkan dalam satu kelompok yang sama.

Di dalam biologi, domain adalah kluster tertinggi untuk mengelompokkan organisme dan para ahli biologi telah bersepakat mengelompokkan organisme ke tiga domain, yaitu domain Eukariot, Bakteria, serta Archaea yang ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Filogenetik domain organisme: Eukariot, Bakteria, dan Archaea^[29].

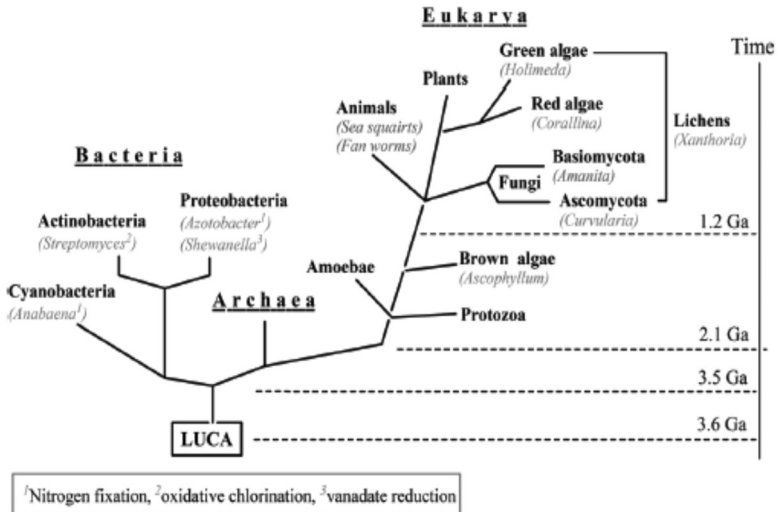
Domain organisme Eukariot, Bakteria, dan Archaea^[30] tersebut memiliki sejumlah kerajaan organisme yang berada di dalam satu domain yang sama. Berbagai referensi ilmiah telah mengungkapkan secara sederhana maupun detail tentang kerajaan-kerajaan pada setiap domain organisme tersebut. Salah satunya adalah penelitian pengklasifikasian organisme yang didasarkan pada globin sebagai salah satu jenis protein (Gambar 8). Gambar 8 belum menjelaskan secara rinci spesies-spesies yang dikelompokkan ke dalam domin tersebut. Meskipun demikian, ketiga domain ini dapat memberikan gambaran dan pengetahuan awal tentang pengklasifikasian makhluk hidup di dalam pendekatan biologi.



Gambar 8. Contoh kerajaan organisme pada domain Eukariot, Bakteria, dan Archaea^[31].

Pengelompokan kerajaan-kerajaan tersebut disebabkan terjadinya evolusi di dalam sel organisme yang berpengaruh terhadap sifat genetik (genotipe) maupun sifat tampak (fenotipe) dari organisme. Evolusi sel ini dapat terjadi milyaran tahun sehingga menyebabkan proses biologis dan biokimiawi di dalam sel organisme tersebut berkembang. Secara tidak langsung proses tersebut menyebabkan terjadinya kesamaan dan perbedaan genotipe maupun fenotipe. Faktor genotipe dan fenotipe ini menjadi dasar dilakukannya pengelompokan organisme agar masuk ke dalam klasifikasi tertentu, dimulai dari domain, kerajaan, filum, hingga klasifikasi terendah, yaitu spesies atau subspecies.

Proses evolusi organisme yang panjang menyebabkan munculnya variasi organisme sehingga secara tidak langsung akan menghasilkan sejumlah kerajaan hingga kluster terendah dari organisme di dalam suatu domain. Salah satu contohnya adalah Domain Eukariot yang terdiri atas kerajaan Animalia, Fungi, Plantae, Algae, Archezoa, dan lainnya. Pada Domain Bakteria terdapat Proteobacteria, Cyanobacteria, dan kerajaan lainnya. Pada Domain Archaea terdapat kerajaan Euryarchaeota, Crenarchaeota, dan lainnya seperti yang ditampilkan pada Gambar 8 dan Gambar 9^[30, 31, 32].



Gambar 9. Evolusi Eukariot, Bakteria, dan Archaea. LUCA (*Last Uniform Common Ancestor*). Skala waktu milyar tahun (Ga)^[32].

Perkembangan perjalanan evolusi sel hingga organisme membuat ketakjuban tersendiri di dalam mempelajari biologi hingga mengenal kehebatan Tuhan. Misteri-misteri alam yang belum terungkap dan atau (mungkin) tidak pernah akan dapat terungkap dan terus menjadi misteri adalah bukti keagungan Tuhan.

Penjelasan yang lebih detail tentang organisme-organisme tersebut dapat dielaborasi lebih mendalam melalui referensi-referensi ilmiah yang banyak dipublikasikan. Namun di antara sekian banyak informasi tentang organisme, ada satu hal menarik untuk didiskusikan dari luar sudut pandang biologi, yaitu penggunaan kata “kerajaan atau *kingdom*” yang digunakan untuk mengelompokkan makhluk hidup atas dasar kesamaan unsur-unsur biologisnya.

Hal tersebut menjadi menarik jika ditarik lebih jauh ke dalam relevansinya terhadap substansi Al-Qur’an yang banyak sekali menjelaskan ayat-ayat tentang kata “kerajaan”. Allah juga menjelaskan bahwa Dia adalah Sang Raja serta memiliki kerajaan. Dia adalah Tuhan langit dan bumi serta apa yang ada di antara keduanya, Yang Mahaperkasa dan Maha Pengampun [QS. As Sad (38): 66]. Sungguhkah penjelasan ini sia-sia dan main-main, asal-asalan, atau tanpa tujuan? Jawabannya tidak, karena Allah tidak menciptakan

ini semua dengan sia-sia [QS. Ali Imron (3): 191] dan tidak juga dengan main-main [QS. Al Mu'minin (23): 115; QS. Al Anbiya (21): 16].

Banyak pertanyaan yang muncul dari penjelasan tentang kerajaan-kerajaan adalah mengapa Allah menggunakan kata “kerajaan” di dalam Al-Qur'an. Ayat-ayat berikut dapat menjadi rujukan untuk mengenal betapa Mahahebat Sang Pencipta melalui berbagai kerajaan yang ada di alam ini, termasuk kerajaan-kerajaan makhluk hidup.

“Tidakkah kamu mengetahui bahwa kerajaan langit dan bumi adalah kepunyaan Allah?” [QS. Al Baqarah 2: (107)], *“Tidakkah kamu tahu, sesungguhnya Allah-lah yang mempunyai kerajaan langit dan bumi”* [QS. Al Maidah (5): 40], *“Dan hanya kepunyaan Allah-lah kerajaan langit dan bumi* [QS. Al Jatsiyah (45): 27 dan QS. Al Fath (48): 14]. Kata “kerajaan” yang digunakan Allah di dalam Al-Qur'an seakan ingin memberikan pesan keimanan tentang kekuasaan yang tidak terbatas Allah sebagai Al Malik.

Sekian banyak dari penggunaan kata “kerajaan” yang ada di dunia ini merujuk pada kerajaan dalam arti struktur pemerintahan seperti Kerajaan Inggris, Kerajaan Fir'aun, Kerajaan Ratu Balqis, Kerajaan Sulaiman maupun dalam arti kerajaan biologi seperti Kerajaan Animalia, Kerajaan Plantae, Kerajaan Proteobacteria, dan lain sebagainya.

Penegasan yang ingin disampaikan dari kekuasaan atas segala kerajaan yang dimiliki-Nya adalah agar semuanya tahu bahwa hanya kepada-Nya semua dikembalikan [QS. Az Zumar (39): 44 dan QS. An Nur (24): 42], mengimani ke-Esaan diri-Nya dan agar mendapat petunjuk [QS. Al A'raf (7): 158], serta beriman kepada Al-Qur'an [QS. Al A'raf (7): 185]. Oleh karena itu, pengetahuan di bidang biologi seharusnya dapat ditekuni dalam rangka mengembalikan hakikat dari kehidupan ini kepada Sang Pencipta. Selain itu, pengetahuan yang ada harus mampu menjadi media untuk menempatkan posisi keyakinan kepada Tuhan pada tempat yang sebenarnya sebagaimana dijelaskan di dalam QS. Al Hadid (57): 5, *“Dan kepada Allah-lah dikembalikan segala urusan”*.

Hal tersebut disebabkan karena Allah bukan hanya memiliki kerajaan di langit dan di bumi saja, tetapi juga kerajaan-kerajaan yang ada di antara keduanya [QS. Al Maidah (5): 17 dan 120]. Sesungguhnya Dia adalah Allah, Tuhanmu yang kepunyaan-Nya kerajaan itu [QS. Fatir (35): 13]. Oleh karena itu, sampaikanlah kepada Tuhan yang mempunyai kerajaan [QS. Ali Imron (3): 26], sesungguhnya Mahasuci Engkau yang ditangan-Mu-lah segala kerajaan dan Engkau Mahakuasa atas segala sesuatu [QS. Al Mulk (67): 1], Mahatinggi Engkau, Raja yang sebenarnya, tiada Tuhan selain Engkau [QS. Al Mu'minin

(23): 116], semua yang ada di langit dan di bumi senantiasa bertasbih dan memuji hanya kepada Engkau [QS. At Tagabun (64): 1], Engkau Maha Menyaksikan segala sesuatu [QS. Al Buruj (85): 9], dan hanya kepada Engkau semua akan dikembalikan [QS. Az Zukhruf (43): 85].

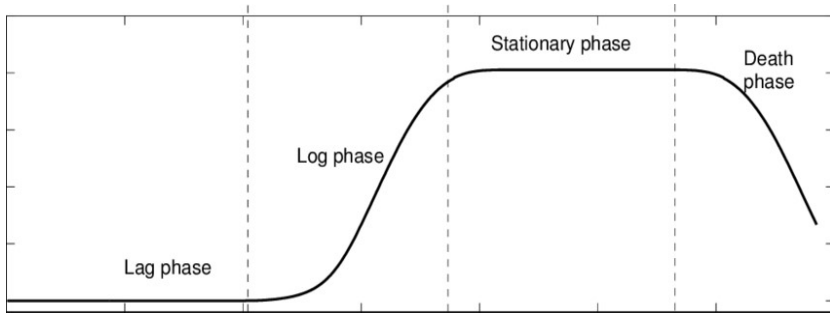
Lebih jauh dan mendasar, Al-Qur'an telah memberikan penjelasan tentang kepunyaan Allah-lah kerajaan langit dan bumi serta Dia menciptakan apa yang dikehendaki-Nya [QS. Asy Syura (42): 49] karena Dia Mahakuasa atas segala sesuatu [QS. Al Maidah (5): 17], termasuk menghidupkan dan mematikan [QS. Al Hadid (57): 2], Dia menciptakan segala sesuatu menurut ukurannya [QS. Al Qomar (54): 49], dan Dia menetapkan ukuran-ukuran tersebut dengan serapi-rapinya [QS. Al Furqon (25): 2].

Ketika Tuhan Yang Mahatinggi tersebut menciptakan, maka Dia pula yang menyempurnakan penciptaan-Nya dengan menentukan kadarnya (bentuk serta ukuran) masing-masing serta memberikan petunjuk terhadap semua itu [QS. Al A'la (87): 1-3]. Allah dengan ilmu-Nya yang meliputi apa-apa yang terdapat pada diri mereka, Dia akan menghitung segala sesuatu itu satu per satu [QS. Jinn (72): 28]. Kadar, qadar, dan takdir dapat memiliki makna yang sama, yaitu sesuatu yang ada batasnya. Dengan demikian, kadar organisme baik dalam arti bentuk, ukuran, qadar, ataupun takdir kehidupannya, sesungguhnya Allah mengetahui segala hitungan-hitungannya.

Sungguh sangat luar biasa dalam makna dari ayat-ayat ini, terlebih di dunia mikrobiologi yang tidak semua orang dapat langsung menyaksikannya, ternyata ketetapan Allah juga berlaku di dalamnya. Ayat-ayat di atas dapat diuraikan ke dalam suatu bentuk kehendak dari Allah untuk menciptakan, menghidupkan atau mematikan, dan juga menetapkan ukuran-ukuran dari ciptakan-Nya dengan sangat rapi. Salah satunya adalah pelajaran dari mikroorganisme.

Penjelasan-penjelasan tentang mikroorganisme menjadi bukti kebenaran bahwa Allah dapat menciptakan apa yang dikehendaki-Nya karena Dia Mahakuasa atas segala sesuatu, termasuk di dalam urusan menghidupkan dan juga mematikan ciptaan-Nya [QS. Asy Syura (42): 49; QS. Al Maidah (5): 17; QS. Al Hadid (57): 2].

Kehidupan mikroorganisme dapat digambarkan dalam sebuah grafik fase kehidupan yang secara umum terdiri atas fase adaptasi (lag), fase eksponensial (log), fase stasioner atau stagnasi, dan fase kematian dalam hitungan waktu (Gambar 10).



Gambar 10. Fase pertumbuhan mikroorganisme: adaptasi (lag), eksponensial (log), stasioner (stagnasi), dan kematian (*death*)^[33].

Pada fase adaptasi, mikroorganisme harus beradaptasi dengan kondisi lingkungan agar mampu tumbuh dengan baik. Pada fase ini, faktor-faktor lingkungan seperti nutrisi, suhu, pH, oksigen, kelembaban, senyawa pendukung (aktivator) dan penghambat (inhibitor), serta faktor lainnya sangat berperan bagi pertumbuhan yang optimal.

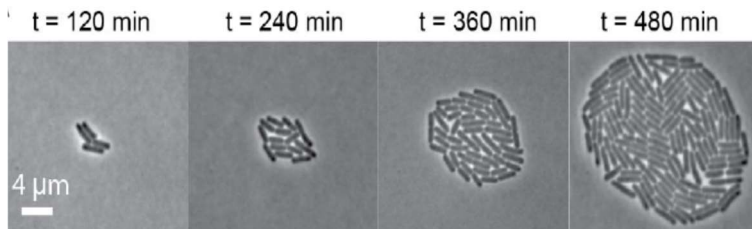
Faktor-faktor pertumbuhan dapat berbeda antara satu kelompok mikroorganisme dengan kelompok lainnya. Apabila faktor-faktor pertumbuhan tidak optimal, maka kemampuan adaptasi mikroorganisme dapat terganggu dan bahkan tidak mampu bertahan hidup di dalam kondisi lingkungan tersebut. Oleh karena itu, kondisi lingkungan menjadi faktor pendukung sekaligus faktor penghambat bagi pertumbuhan satu jenis mikroorganisme. Dengan demikian, maka secara tidak langsung mikroorganisme dapat diklasifikasikan berdasarkan faktor-faktor lingkungan tersebut.

Beberapa contoh faktor lingkungan yang menjadi dasar di dalam mempelajari sifat dan karakteristik mikroorganisme antara lain suhu, oksigen, pH, tekanan, senyawa tambahan, dan lainnya. Mikroorganisme dapat digolongkan berdasarkan suhu menjadi kelompok termofilik (temperatur tinggi di atas 50°C), mesofilik (temperatur ruang antara 35-37°C), dan psikrofilik (temperatur rendah di bawah 35°C)^[34, 35].

Faktor oksigen juga dapat memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme sehingga dapat dikelompokkan menjadi aerob (membutuhkan oksigen) serta anaerob (tidak membutuhkan oksigen), baik fakultatif maupun obligat^[36]. Faktor keasaman (pH) menjadikan mikroorganisme dikelompokkan ke dalam asidofilik, yaitu mikroorganisme yang mampu hidup optimal di pH asam dan basofilik, yaitu mikroorganisme yang mampu hidup optimal di pH basa.

Faktor tekanan juga menjadi dasar pengklasifikasian mikroorganisme ke dalam barofilik, yaitu mikroorganisme yang mampu hidup pada tekanan > 40 Mpa dan barotoleran yang mampu bertahan pada tekanan < 40 Mpa^[37]. Faktor bahan tambahan seperti garam dan gula juga dapat memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Pada kondisi yang ekstrem, mikroorganisme halofilik dan halotoleran akan mendominasi lingkungan bergaram serta xerofilik dan xerotoleran yang akan mendominasi lingkungan bergula^[38].

Pada fase eksponensial, pertumbuhan mikroorganisme yang telah mampu beradaptasi di dalam kondisi lingkungan akan terjadi secara eksponensial atau logaritmik. Pada fase ini dicontohkan secara matematis terdapat 10 koloni sel bakteri di awal pertumbuhan, maka pada hitungan waktu berikutnya pertumbuhan bukan menjadi 11 koloni, melainkan 10^2 atau 100 koloni mengikuti hitungan logaritmik bukan aritmatik. Hal tersebut disebabkan sel mikroorganisme seperti bakteri dapat melakukan pembelahan sel untuk memperbanyak sel di dalam proses pertumbuhannya seperti ditampilkan pada Gambar 11.

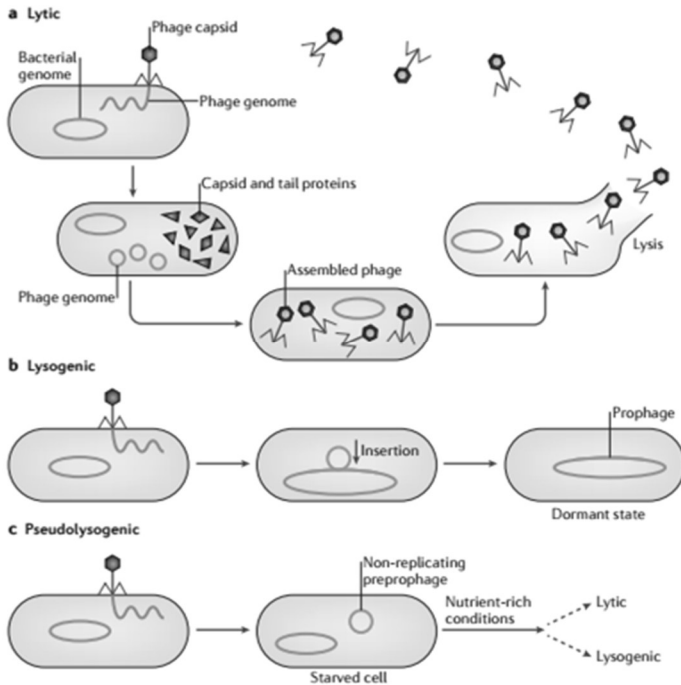


Gambar 11. *Monitoring bacterial growth by time-lapse microscopy. Phase contrast images of *E. coli* cells growing in minimal medium supplemented with lactose^[39]*

Oleh karena itu, dapat dibayangkan berapa banyaknya jumlah koloni bakteri pada fase logaritmik apabila berada di dalam suatu lingkungan. Sesungguhnya, lingkungan biosfer ini dipenuhi mikroorganisme yang tidak kasat mata, termasuk juga pada tubuh makroorganisme seperti manusia. Namun mengapa mikroorganisme tersebut tidak mampu menguasai manusia sebagai representasi makhluk tingkat tinggi?

Hal tersebut disebabkan mikroorganisme akan mengalami pembatasan jumlah pertumbuhan koloni pada fase stasioner atau stagnasi apabila faktor-faktor pertumbuhan optimal telah kritis atau terbatas. Pada fase selanjutnya, mikroorganisme akan mengalami kematian yang diakibatkan oleh tidak ada lagi dukungan dari faktor-faktor pertumbuhannya.

Gambaran kehidupan organisme mikroskopis lainnya yang juga menarik untuk menjadi materi diskusi adalah fase kehidupan virus. Meskipun virus tidak dikategorikan sebagai organisme hidup yang sejati dikarenakan sifat kehidupannya, tetapi sejumlah virus hanya dapat dikaji secara mikroskopis. Secara umum, fase kehidupan virus terdiri atas siklus litik dan siklus lisogenik serta pada beberapa referensi ada yang menambahkan tentang siklus pseudolisogenik (Gambar 12).



Gambar 12. Siklus kehidupan virus di dalam sel inang: daur litik, daur lisogenik, dan daur pseudolisogenik^[40]

Virus dikatakan sebagai makhluk hidup yang semu atau metaorganisme karena virus hanya dapat hidup dan berperan sebagai makhluk hidup apabila mampu memanfaatkan inang (*host*) sel organisme hidup untuk fase kehidupannya. Namun apabila tidak, maka virus akan dorman dan pada kondisi ini virus adalah benda mati. Pada fase kehidupannya sebagai makhluk hidup, virus mengalami fase “hidup” untuk melakukan regenerasi kemampuan virulensinya.

Pada siklus litik, virus akan melakukan penetrasi materi genetiknya ke dalam sel inang, kemudian terjadi replikasi dan perakitan material-material virus bersama materi genetik inang untuk menjadi generasi virus baru. Pada saat kondisi sel inang lemah, maka akan sangat memungkinkan terjadinya proses lisis (kerusakan) sel inang yang disertai dengan menyebarnya virus-virus baru tersebut. Sedangkan pada siklus lisogenik dan pseudolisogenik, materi genetik virus yang masuk ke dalam sel inang hanya mengalami insersi bersama materi genetik inang dan tidak terjadi perakitan material virus baru. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi sel inang yang cukup kuat dan tidak memungkinkan bagi virus untuk menyebar akibat sel inangnya mengalami proses lisis.

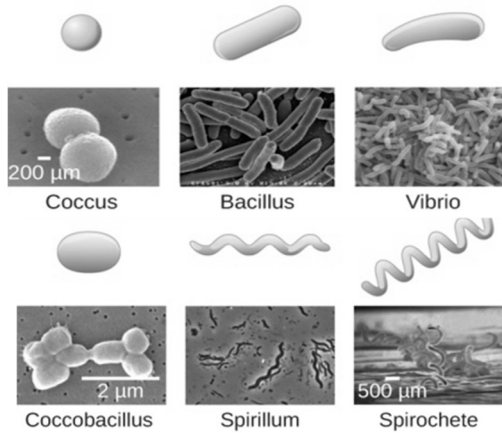
Gambaran fase dan siklus kehidupan mikroorganisme, termasuk virus tampak sederhana. Namun kenyataannya, fase kehidupan mikroorganisme melawati proses yang sangat kompleks, sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor pertumbuhan, dan terjadi metabolisme sel yang kompleks pula.

Lebih jauh lagi, segala gambaran mekanisme kehidupan menerangkan bahwa tidak mungkin suatu kehidupan muncul dan terjadi secara tiba-tiba atau otomatis dengan sendirinya. Mekanisme kehidupan ini sudah diatur dengan rapi di dalam suatu sistem biosfer yang juga sangat kompleks. Gambaran ini mampu merepresentasikan kehebatan Sang Mahakuasa atas kehidupan semua makhluk hidup ciptaan-Nya, termasuk mikroorganisme.

Di dalam pelajaran tentang bentuk maupun ukuran mikroorganisme, maka informasi-informasi saintifik ini dapat memberikan deskripsi tentang kekuasaan Allah di dalam mendesain rupa-rupa ukuran dan bentuk makhluk hidup, termasuk kelompok organisme mikroskopis dengan rapi.

Penegasan hal tersebut telah diungkapkan-Nya di dalam Al-Qur'an, yaitu "*Sesungguhnya Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran*" [QS. Al Qomar (54): 49]. "*Yang kepunyaanNya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu bagi-Nya dalam kekuasaan-Nya, dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya*" [QS. Al Furqan (25): 2].

Pada Gambar 13 ditampilkan bentuk umum bakteri, yaitu bulat (*coccus*), batang (*bacillus*), koma (*vibrio*), bulat batang (*cocobacillus*), spiral (*spirillum*), serta pilinan (*sperochete*). Ragam bentuk dasar bakteri ini memiliki variasinya seperti *diplococcus* (dua bulat), *streptococcus* (kumpulan bulat yang tersusun membentuk rantai), *staphylococcus* (kumpulan bulat yang tersusun membentuk sekumpulan buah anggur), *sarcina* (kumpulan bulat yang tersusun membentuk kubus), dan lain sebagainya.



Gambar 13. Bentuk umum bakteri^[41].

Pada Gambar 14 juga ditampilkan contoh hasil pengamatan terhadap bentuk individu bakteri yang diamati dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Mikroorganisme lainnya seperti mikrofungi, protozoa, virus, atau plankton bahkan dapat memiliki struktur morfologi yang lebih beragam dibandingkan dengan bakteri seperti yang ditampilkan pada Gambar 15 (mikrofungi), Gambar 16 (plankton), Gambar 17 (virus), dan Gambar 18 (protozoa).

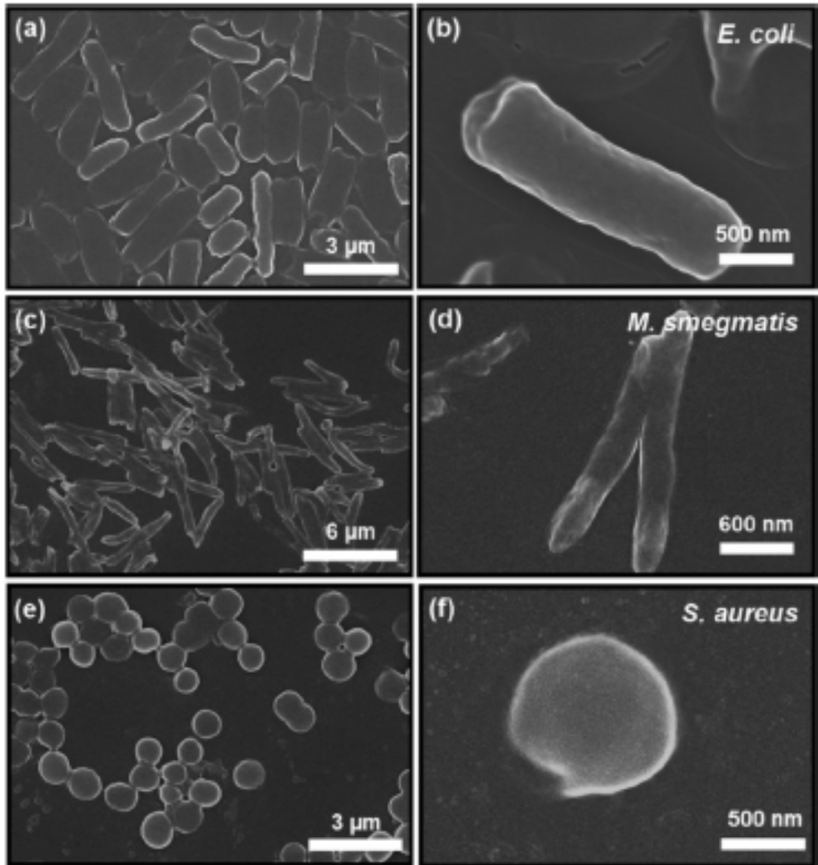
Gambaran morfologi organisme-organisme mikroskopis tersebut hanyalah sebagian kecil contoh dari jenis-jenis mikroorganisme yang terdapat di alam semesta ini. Berbagai jenis lainnya belum tergambarkan dan bahkan belum mampu diidentifikasi keberadaannya.

Apabila diamati lebih cermat, bentuk mikroorganisme yang sangat beragam dan ukuran yang sangatlah kecil, yaitu mikrometer ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$) hingga nanometer ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Ukuran-ukuran tersebut hanya sebatas mencerminkan ukuran morfologi satu mikroorganisme saja. Padahal, satu sel mikroorganisme masih memiliki berbagai organel yang berukuran lebih kecil di dalam setiap sel untuk mendukung fungsi dan perannya.

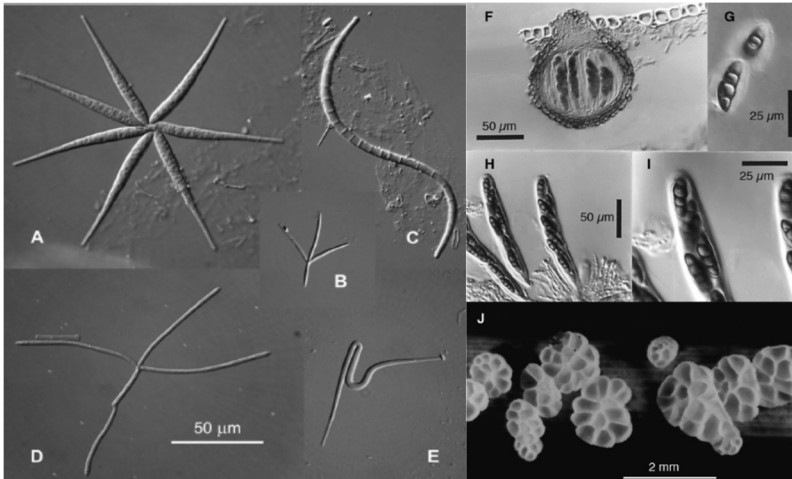
Salah satu contoh gambaran organel-organel sel yang terdapat di dalam individu mikroorganisme yang diilustrasikan pada sel dari kelompok bakteri, yaitu *Pirellula staleyi* dan *Gemmata obscuriglobus* (Gambar 19). Beberapa organel yang terdapat di dalam sel mikroorganisme di antaranya adalah ribosom, nukleus, sitoskeleton, dan organel lainnya.

Visualisasi berbagai bentuk dan ukuran mikroorganisme menunjukkan kesempurnaan Pencipta dan kreasi yang luar biasa di dalam proses penciptaan

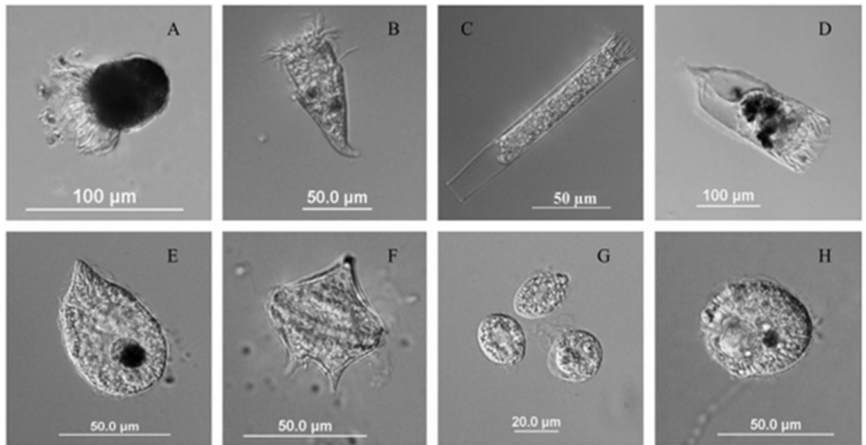
makhluk-Nya. Semua hasil ciptaan-Nya dikonsep dengan sangat rapi, sangat sempurna, tanpa cela, dan istimewa. Sungguh Mahahebat Tuhan Yang Mahatinggi, Dia yang menciptakan dan menyempurnakan semua hasil ciptaanNya dalam berbagai bentuk atau ukuran masing-masing [QS. Al A'la (87): 1-3].



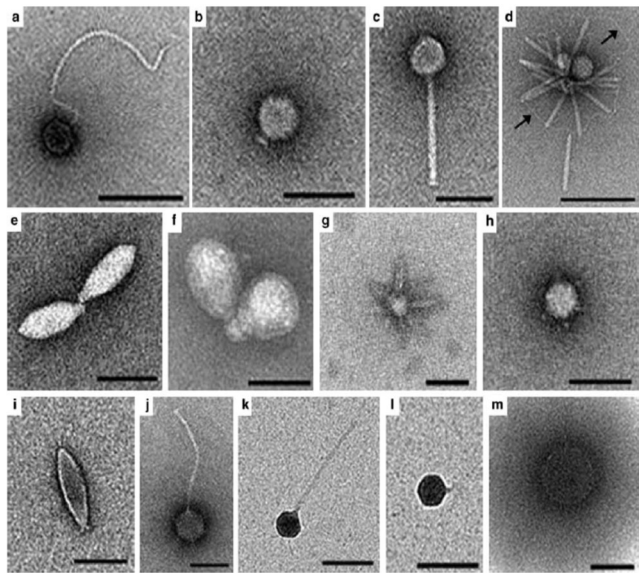
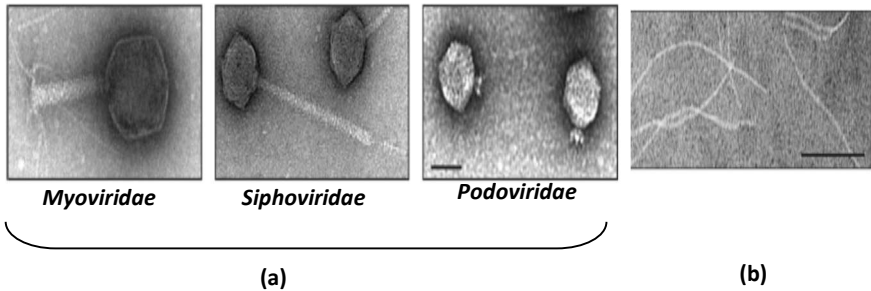
Gambar 14. SEM images of aggregated and individual bacteria; (a and b) rod-shaped *E. coli* (length, $2.16 \pm 0.4 \mu\text{m}$; diameter, $0.76 \pm 0.096 \mu\text{m}$), (c and d) Rod-shaped *M. smegmatis* (length, $2.94 \pm 0.46 \mu\text{m}$; diameter, $0.62 \pm 0.1 \mu\text{m}$), (e and f) spherically shaped *S. aureus*, diameter of $0.90 \pm 0.07 \mu\text{m}$ ^[42].



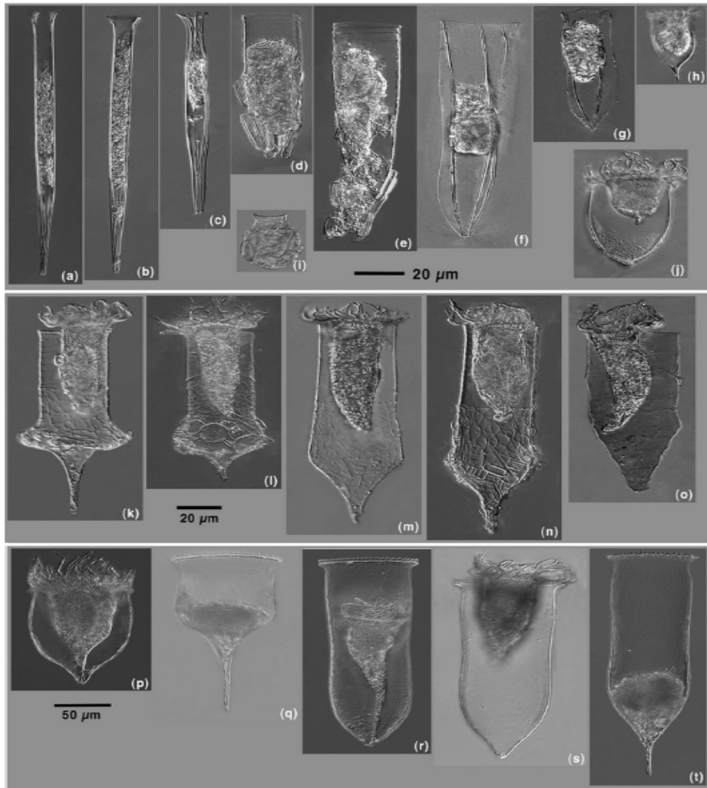
Gambar 15. Spores of the aquatic hyphomycetes, *Flabellospora* sp. (A), *Alatospora acuminata* (B), *Anguillospora* sp. (C), *Unidentified conidium* (D), and *Condylospora* sp. (E). All spores were collected, filtered, and microscopically examined from a single sample from a stream in Alabama, USA. Micrographs taken and provided by Vladislav Gulis. *Ascoma* (F), *ascospore* (G), *asci* (H) and *ascus* (I) of *Phaeosphaeria typharum* colonizing dead submerged *Typha latifolia* stems in Wisconsin, USA. Micrographs taken and provided by Carol Shearer. *Basidiomata* (J) of *Panellus copelandii* colonizing standing-dead *J. effuses* leaves in west-central Alabama, USA. Micrograph taken by the author. This illustration is a modified version previously published in Gulis et al. (2009), with permission^[43].



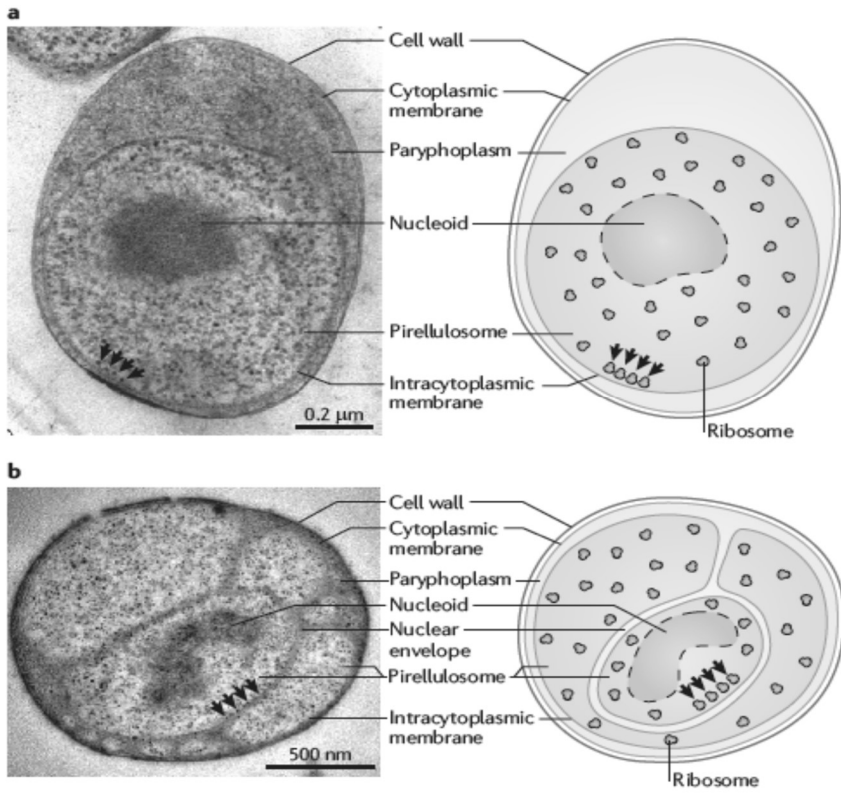
Gambar 16. *Microscopy images of the protozoa species used in this study to determine the toxicity of crude oil, dispersant and dispersant-treated crude oil on microzooplankton. (A) Strombidium sp, (B) Spirostrombidium sp, (C) Eutintinnus pectinis, (D) Favella ehrenbergii, (E) G. spirale, (F) P. divergens, (G) O. marina, (H) Protoceratium sp.^[44].*



Gambar 17. Above: (a) Viruses of the order Caudovirales (50 nm scale) and (b) *Pseudomonas aeruginosa*-infecting filamentous virus (200 nm scale). Below: (a) Siphoviridae (B1); (b) polyhedral virus with base plate; (c) Myoviridae (A1) with base plate and (d) Inoviridae connected by filaments around the outer ends (arrows). Two polyhedral viruses are also shown: (e) Salterprovirus; (f) Guttaviridae; (g) polyhedral virus with spike-like protrusions; (h) polyhedral virus (STIV-like); (i) Fuselloviridae with twinned tail; (j) Siphoviridae (B1) with curved tail; (k) Siphoviridae (B1) with straight tail; Podoviridae (C1) and (m) polyhedral virus. Scale bar is 125 nm, except in (a) and (d), where it is 250 nm^[45, 46].



Gambar 18. *Tintinnid* species encountered in the Amundsen Sea samples. (a) *Salpingella laackmanni*, (b) *Salpingella decurtata*, (c) *Salpingella faurei*, (d) *Laackmanniella naviculaefera*, (e) *Laackmanniella prolongata*, (f) *Amphorellopsis quinquelata*, (g) *Amphorides laackmanni*, (h) *Acanthostomella obtusa*, (i) *Codonellopsis pusilla*, (j) *Epiplocylcoides reticulata*, (k) *Codonellopsis gaussi*, (l) *Codonellopsis gaussi*, (m) *Codonellopsis gaussi* forma *globosa*, (n) *Codonellopsis gaussi* forma *cylindricoconica*, (o) *Codonellopsis gaussi* forma *coxiella*, (p) *Cymatocyclus affinis/convallaria*, (q) *Cymatocyclus affinis/convallaria* forma *calcyformis*, (r) *Cymatocyclus affinis/convallaria* forma *subrotundata*, (s) *Cymatocyclus affinis/convallaria* forma *drygalski*, and (t) *Cymatocyclus affinis/convallaria* forma *cylindrica*^[47].



Gambar 19. Cell structure of planctomycetes. Transmission electron micrographs (left) and corresponding diagrams (right) illustrating the cell plan and the internal membrane-defined compartments of sectioned cells of the planctomycetes *Pirellula staleyi* (part a) and *Gemmata obscuriglobus* (part b). In both cases, cells were prepared by cryosubstitution before sectioning. Arrows indicate ribosomes arranged in a linear array; note that the aligned ribosomes are found on the inner side of the intracytoplasmic membrane in *P. staleyi* (part a) and on the inner side of the nuclear membranes in *G. obscuriglobus* (part b). Part a micrograph is modified, with permission, from REF. 64 © (1997) Society for General Microbiology^[48].

Apabila dipahami lebih mendalam, maka akan sulit bagi manusia untuk mampu menciptakan makhluk hidup yang berukuran sangat kecil atau mikroskopis. Mikroorganisme yang di dalam selnya terdapat berbagai organel, mikroorgsnisme yang beraneka macam bentuk, kehidupan yang beragam, dan keseluruhan itu tampak sangatlah sempurna. Subhanallah, semua organisme

ciptaan Sang Ar Rahman tersebut sangatlah paripurna dan tidak tampak ketidakseimbangan, meskipun diamati berulang-ulang kali. Sesungguhnya penglihatan manusia yang sangat terbatas untuk melihat organisme yang sempurna itu.

“Kamu sekalian tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Mahapemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu melihat sesuatu yang tidak seimbang? Kemudian pandanglah sekali lagi niscaya penglihatanmu akan kembali kepadamu dengan tidak menemukan sesuatu cacat dan penglihatanmu itu dalam keadaan payah” [QS. Al Mulk (67): 3-4]. Sesungguhnya, keterbatasan pada penglihatan seharusnya menjadikan pikiran dan hati manusia menyatu dalam suatu pertanyaan, hasil karya siapakah semua ini?

Keputusan menetapkan segala sesuatu merupakan hak absolut Allah [QS. Yusuf (12): 67]. *“Dia-lah Allah Yang Mahamenciptakan, Yang Mahamengadakan, Yang Mahamembentuk Rupa, yang mempunyai asma’ul husnah. Bertasbih kepada-Nya apa yang ada di langit dan di bumi. Dan Dia-lah Yang Mahaperkasa lagi Mahabijaksana”* [QS. Al Hasyr (59): 24]. Kalimat terakhir ayat ini menegaskan bahwa Allah Mahaperkasa atas segala apa yang ingin diperbuat-Nya. Akan tetapi, kekuasaan itu dipergunakan-Nya dengan sangat bijaksana sebagai Tuhan Yang Mahabijaksana.

Pada akhir QS. Al A’la (87): 3, Allah menyatakan bahwa semua ciptaan dengan kadarnya masing-masing adalah suatu petunjuk. Suatu penegasan petunjuk multidimensional tentang siapa, apa, dan untuk apa. Suatu penegasan petunjuk tentang siapa yang paling berkuasa atas kehidupan di alam semesta ini, termasuk mikroorganisme, petunjuk tentang apa yang diinginkan-Nya sangat mudah diwujudkan, begitu juga variasi mikroorganisme, serta petunjuk untuk apa semua ini, antara lain petunjuk untuk ilmu pengetahuan hingga petunjuk untuk menggugah keimanan agar menjadi lebih baik.

Karakter lainnya yang menarik untuk ditelaah dari sudut pandang Al-Qur’an adalah penciptaan semua makhluk hidup di bumi adalah berpasangan [QS. Yasin (36): 36]. Hal tersebut juga diungkapkan Allah di dalam QS. Asy Syura (42): 11 dan QS. An Naba (78): 8 yang menjelaskan tentang penciptaan pasangan manusia dari jenisnya sendiri dan jenis binatang pasangannya serta di dalam QS. Ar Ra’d (13): 3 tentang buah-buahan (tumbuhan) dijadikan berpasangan pula.

Allah mengatakan bahwa sesungguhnya pada semua itu terdapat tanda-tanda kebesaran Allah bagi kaum-kaum yang mau memikirkannya. Manusia, hewan, dan tumbuhan disebutkan secara jelas di dalam ayat-ayat tersebut

karena keseluruhan organisme itu mudah diamati. Oleh karena itu, pikiran yang melalui proses pendatabaran ilmu pengetahuan yang diselaraskan dengan Al-Qur'an akan melihat jelas kebesaran Allah, Sang Pencipta.

Apakah Allah hanya memberikan penjelasan tentang penciptaan pasangan makroorganisme? Jawabannya tidak. Lebih dahsyat lagi Allah menjelaskan bahwa *“Dan segala sesuatu Kami ciptakan berpasang-pasangan”* [QS. Az Zariyat (51): 49] dengan tujuan agar mengingat kebesaran Allah. Demikian juga dijelaskan di ayat yang lain bahwa semuanya diciptakan secara berpasang-pasangan [QS. Az Zukhruf (43): 12]. Apabila ditanyakan pula tentang siapakah yang mampu berbuat demikian, sungguh semuanya diciptakan oleh Yang Mahaperkasa lagi Mahamengetahui [QS. Az Zukhruf (43): 9]. Allah menciptakan apa yang dikehendaki oleh-Nya karena Dia Yang Mahaperkasa. Penciptaan tersebut bukan hanya dibuat untuk menunjukkan ke Maha Perkasaan-Nya, akan tetapi juga ke-Maha Tahuannya karena Dia Maha Mengetahui.

Kehebatan-Nya menciptakan semua organisme, termasuk mikroorganisme secara berpasangan secara tegas Allah jelaskan di dalam QS. Yasin (36): 36, *“Mahasuci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya, baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa yang tidak mereka ketahui”*. Subhanallah, baik tumbuhan yang ditumbuhkan oleh bumi, hewan yang hidup dari tumbuhan dan kemudian bertingkat di dalam rantai makanan, hingga diri manusia diciptakan secara berpasangan.

Lebih menakjubkan lagi dijelaskan adanya kehidupan organisme yang tidak diketahui manusia juga diciptakan secara berpasangan. Manusia yang dimaksud di dalam ayat ini dapat saja ditujukan untuk manusia pada saat ayat tersebut diturunkan secara khusus dan manusia pada semua masa yang tidak mempelajari organisme tersebut. Organisme yang dimaksud, salah satunya adalah mikroorganisme atau ada juga organisme lainnya yang betul-betul tidak atau belum pernah diketahui oleh manusia.

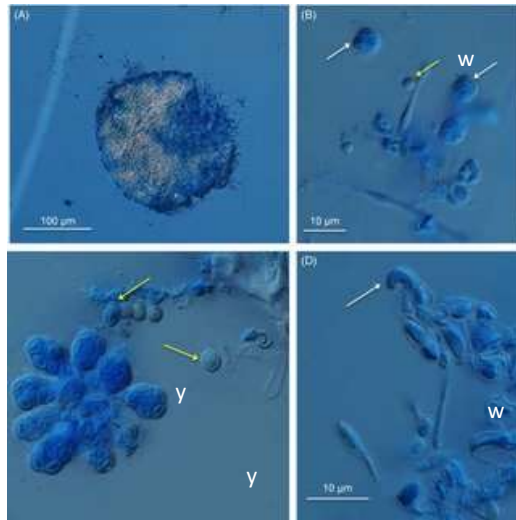
Kehidupan organisme diciptakan berpasang-pasangan ditujukan untuk menghasilkan generasi berikutnya [QS. Asy Syura (42): 11]. Regenerasi sel-sel mikroorganisme berbeda dengan makroorganisme seperti manusia, hewan, ataupun tumbuhan. Makroorganisme membutuhkan adanya pertemuan perangkat reproduksi jantan dan betina di dalam mekanisme seksual. Sedangkan, mekanisme reproduksi pada beberapa mikroorganisme dapat terjadi secara seksual atau aseksual atau keduanya tergantung dari jenis mikroorganisme.

Salah satu contoh mekanisme reproduksi yang dimiliki mikroorganisme sebagai materi diskusi dapat diamati pada fungi yang dapat terjadi secara seksual maupun aseksual. Pada mekanisme secara seksual (generatif), fungi melibatkan gametogonium atau alat kelamin berupa anteridium (gamet jantan) dan arkegonium (gamet betina).

Reproduksi generatif ini terjadi melalui proses singami, yaitu pertemuan sel gamet dari kedua individu yang kemudian mengalami plasmogami (peleburan sitoplasma) dan kariogami (peleburan inti). Inti sel yang mengalami peleburan akan membentuk sel diploid yang kemudian melakukan proses pembelahan meiosis. Sedangkan secara aseksual (vegetatif), jamur menghasilkan memproduksi spora. Pada lingkungan yang tepat, spora akan menjadi kecambah dan tumbuh menjadi fungi dewasa. Secara umum, gambaran reproduksi fungi dengan menggunakan spora seksual maupun aseksual ditampilkan pada Gambar 20.

Selain spora, reproduksi aseksual fungi dapat dilakukan dengan cara pembentukan tunas (*budding*). Pada reproduksi seksual, pelibatan gamet jantan dan gamet betina diartikan berpasang-pasangan. Sedangkan di dalam sistem reproduksi aseksual, berpasang-pasangan diartikan pembentukan satu sel individu baru dari satu sel intinya sehingga tampak berpasang-pasangan. Keseluruhan mekanisme reproduksi dapat memberikan pemaknaan baru tentang konteks berpasangan yang disesuaikan dengan masing-masing makhluk hidup.

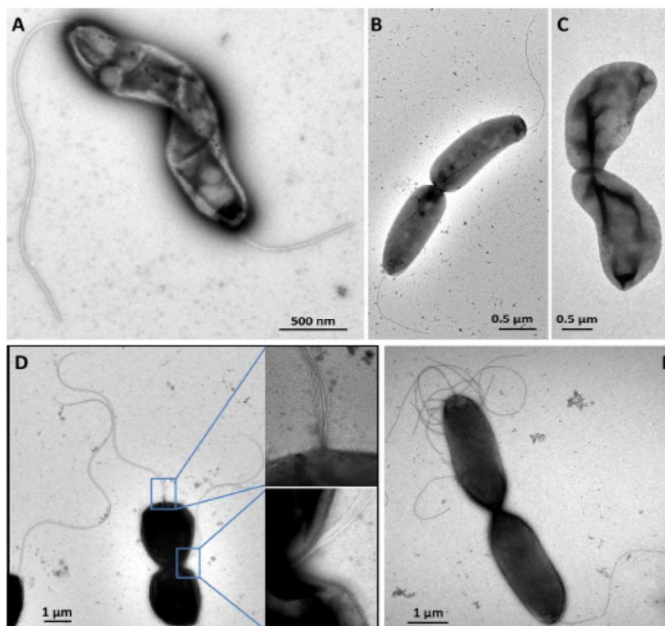
Uraian tentang reproduksi bakteri juga dapat dijadikan materi diskusi tentang mekanisme reproduksi sel yang disebut berpasangan-pasangan. Pembelahan aseksual bakteri berupa pembelahan binari sel telah memberikan pemaknaan tentang konsep berpasangan itu. Pada Gambar 21 divisualisasikan pembelahan binari dari satu sel induk bakteri menghasilkan satu sel anakan sehingga tampak berpasangan dan demikian pula seterusnya, yaitu setiap satu sel individu akan membelah menghasilkan pasangannya.



Gambar 20. *Sexual structures of Penicillium roqueforti.* (A) One cleistothecium. (B-C) White arrows (w) show asci-containing ascospores (sexual spores), whereas yellow ones (y) show conidia (asexual spore). (D) Ascogonia (female sexual structures)^[49].

Setiap sel dari bakteri melakukan pembelahan binari seperti deret logaritma. Oleh karena proses reproduksi sel bakteri sangat sederhana, maka regenerasi sel terjadi sangat sederhana pula dan tidak menghasilkan istilah “jantan dan betina”. Konteks berpasangan untuk mikroorganisme pada tingkat sederhana seperti bakteri dimaknai sebagai hasil dari proses pembelahan satu sel individu yang akan bereproduksi menjadi dua sel individu generasinya (sepasang), dua sel akan menjadi empat sel (berpasangan), dan seterusnya. Oleh karena itu, tidak ada perbedaan makna kata “berpasangan”. Mikroorganisme juga diciptakan secara berpasangan oleh-Nya.

Istilah tentang berpasang-pasangan tidak selalu identik dengan arti berbeda pada sistem reproduksi saja. Hal tersebut disebabkan ada karakter lainnya yang juga diciptakan secara berpasangan pada individu makhluk hidup. Karakteristik yang ditampilkan berpasangan ini dapat dijadikan salah satu dasar pengelompokan mikroorganisme. Bakteri yang dikelompokkan berdasarkan sifat pewarnaan gram positif dan gram negatif, fungi yang diklaserkan sebagai fungi berseptat dan tidak berseptat, mikroorganisme berspora dan tidak berspora, aerob dan anaerob, motil dan tidak motil, organisme prokariot dan eukariot, serta bahkan di dalam struktur terkecil alam ini yang bermuatan positif (proton) dan negatif (elektron).

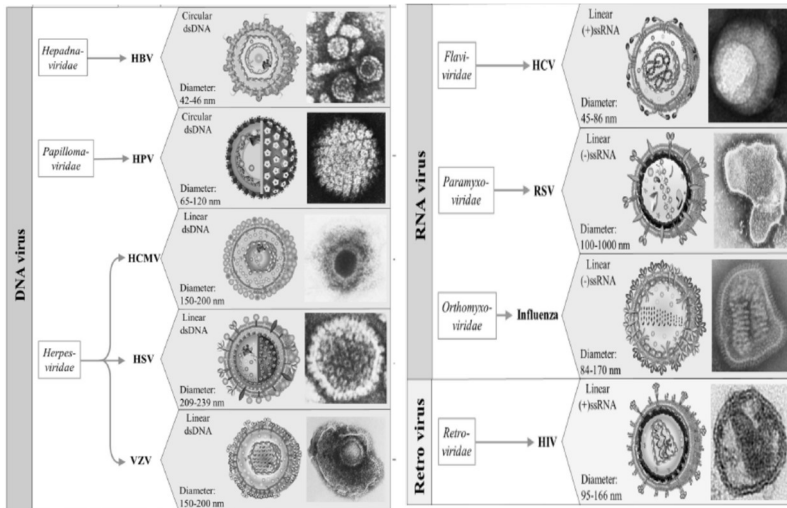


Gambar 21. Structural inheritance of asymmetric magnetotactic bacteria and related organisms during cell division. Transmission electron micrographs of dividing cells of *Magnetovibrio blakemorei* strains MV-1 (A) and LM-1 (B) of the Alphaproteobacteria class, strain ZZ-1 of the deltaproteobacteria class (C), and strain BW-2 (D) and *Pseudomonas brassicacearum* (E) of the Gammaproteobacteria class. All these bacteria but *P. brassicacearum* are magnetotactic. Cells are stained with 1% uranyl acetate to show the positions of their flagella^[50].

Keseluruhan itu diciptakan oleh Allah dalam konteks makna berpasangan-pasangan, bukan hanya pada organisme sejati saja, bahkan sampai pada virus sebagai meteorganismepun diciptakan-Nya secara berpasangan. Virus dapat dikategorikan berdasarkan materi genetik yang dimilikinya, yaitu virus DNA serta virus RNA seperti yang ditampilkan pada Gambar 22.

Demikianlah ayat-ayat Allah berlaku bagi semua jenis organisme, tanpa terkecuali mikroorganisme. Pada hakikatnya kehidupan semua makhluk hidup telah diciptakan oleh-Nya secara berpasangan-pasangan. Pemaknaan kata “berpasangan” yang disesuaikan dengan ragam jenis kompleksitas organel ataupun sel-sel penyusun sistem dan struktur kehidupan dari organisme itu sendiri. Pemahaman tentang “berpasangan” pada organisme menjadi definisi

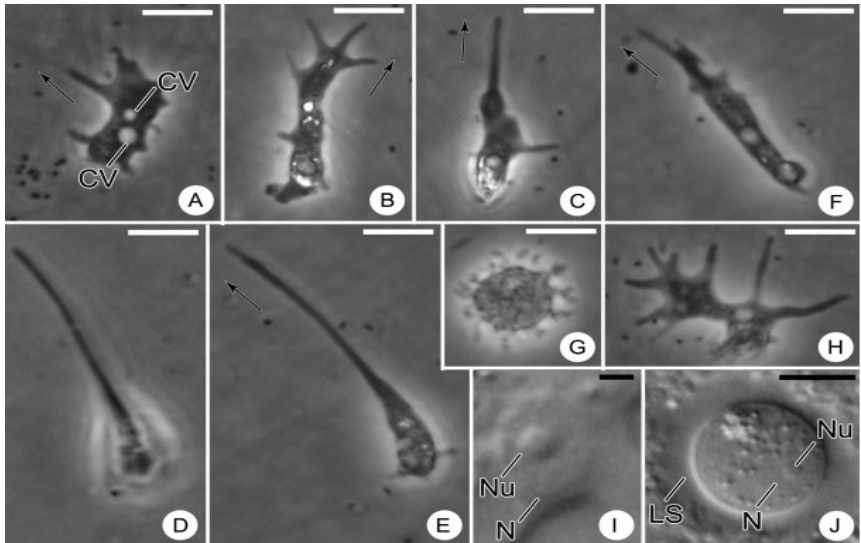
yang luas, bukan hanya terbatas pada istilah jantan dan betina atau laki-laki dan perempuan saja.



Gambar 22. Klasifikasi virus berdasarkan materi genetik: virus DNA dan virus RNA^[51].

Pelajaran lain yang juga menarik untuk dielaborasi dari sudut pandang Al-Qur'an terhadap mikroorganisme adalah tentang kebutuhan metabolisme tubuhnya. Mikroorganisme melakukan aktivitas selular dan enzimatik untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Aktivitas selular dari salah satu jenis mikroorganisme dapat diamati pada pergerakan amoeba di dalam mencari makanan, yaitu menggunakan kaki semu atau pseudopodia (Gambar 23).

Pseudopodia dapat terbentuk dengan adanya aktivitas sitoplasma sel terutama ektoplasma yang mendorong dan menarik membran dinding sel sehingga dapat bergerak yang digunakan untuk mencari makanan yang dikenal sebagai gerak amoeboid. Pembentukan tonjolan pseudopodia salah satunya dapat dipengaruhi oleh peningkatan kadar Ca^{2+} sehingga terjadi polimerisasi aktin dan myosin sel^[53]. Setelah makanan ditangkap oleh pseudopodia, maka mekanisme pencernaan akan berlangsung di sitoplasma, yaitu cairan sel yang digunakan untuk memecah makanan tersebut dengan dibantu oleh aktivitas organel-organel lainnya dan aktivitas enzimatik.



Gambar 23. *Korotnevelva foustae n.sp.* Light micrographs of living amoebae. (A-C) Locomotive forms. Arrows indicate the direction of movement. (D-F) Three consecutive stages of formation of long subpseudopodium. Arrows indicate the direction of movement. (D) An amoeba with “leading” subpseudopodium, which detached from the substratum and waving in the water. (E) The same cell with a subpseudopodium, which laid on the substratum. (F) The same cell with cytoplasmic cell body flowing into the subpseudopodium. (G) Stationary cell. (H) Non-directionally moving cell. (I) Cell compressed with a cover slip showing the nucleus. (J) A cyst compressed with a cover slip. Contractile vacuole (CV), nucleus (N), nucleolus (Nu), layer of scales (LS). Scale bars 10m (A-H), 1m (I), 5m (J)^[52].

Hikmah yang dapat diambil dari mekanisme amoeba atau mikroorganisme lainnya di dalam mencari makanan untuk memenuhi kebutuhan selnya adalah tentang rezeki kehidupan yang sudah dijamin, tanpa terkecuali. Pada bagian ini haruslah dikembalikan kepada Sang Pencipta bahwa Dia akan memenuhi semua kebutuhan makhluk hidup ciptaan-Nya.

“Dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (Kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezeki kepadanya” [QS. Al Hijr (15): 20], “Dan berapa banyak binatang yang tidak (dapat) membawa (mengurus) rezekinya sendiri. Allah-lah yang memberi rezeki kepadanya dan kepadamu dan Dia Maha Mendengar lagi Maha Mengetahui” [QS. Al Ankabut (29): 60].

Dengan demikian, maka penghambaan hanya ditujukan kepada Allah, bukan kepada sesuatu selain Allah yang tidak dapat memberikan rezeki kepada mereka sedikitpun dari langit dan bumi, dan tidak berkuasa sedikitpun [QS. An Nahl (16): 17]. Mekanisme pengaturan rezeki adalah kekuasaan Allah dan ini adalah pembelajaran bagi orang-orang yang mau mengembalikan semua urusan kepada Allah. *“Dia-lah yang memperlihatkan kepadamu tanda-tanda (kekuasaan) Nya dan menurunkan untukmu rezeki dari langit. Dan tiadalah mendapat pelajaran kecuali orang-orang yang kembali (kepada Allah)”* [QS. Al Mu'min (40): 13], *“Kepunyaan Allah-lah segala yang ada di langit dan di bumi dan kepada Allah-lah dikembalikan segala urusan”* [QS. Ali Imron (3): 109].

Catatan penting yang dapat dipelajari dari kajian tentang mikroorganisme, yaitu keagungan Allah dalam menciptakan semua yang ada di alam semesta ini, menciptakan organisme di dalam berbagai kelompok kerajaan, memiliki kerajaan di langit, di bumi, dan di antara keduanya, menciptakan makhluk hidup dengan ukuran yang rapi dan sempurna, menciptakan makhluk hidup secara berpasangan, serta memenuhi segala kebutuhan makhluk-Nya.

Satu penegasan lainnya yang penting di QS. Asy Syura (42): 11, yaitu *“(Dia) pencipta langit dan bumi. Dia menjadikan bagi kamu dari jenis kamu sendiri pasangan-pasangan dan dari jenis binatang ternak pasangan-pasangan (pula), dijadikan-Nya kamu berkembang biak dengan jalan itu. Tidak ada sesuatupun yang serupa dengan Dia dan Dia-lah Yang Maha Mendengar lagi Maha Melihat”*. Pemaknaan yang sama diungkapkan di dalam QS. Al Ikhlas (112): 4, *“Dan tidak ada sesuatu yang setara dengan Dia”*.

Uraian tentang mikroorganisme juga telah menunjukkan bahwa tidak ada Tuhan yang mampu mengurus kebutuhan semua makhluk hidup tersebut, kecuali Allah. Hal tersebut telah dinyatakan di dalam QS. Ali Imron (3): 2 dan 5, yaitu *“Allah, tidak ada Tuhan melainkan Dia Yang hidup kekal lagi terus-menerus mengurus makhluk-Nya. Sesungguhnya bagi Allah tidak ada satupun yang tersembunyi di bumi dan tidak (pula) di langit”*.

Subhanallah, tidak ada sesuatupun yang tersembunyi di alam ini tanpa diketahui Allah dan Dia-lah yang memelihara semua itu, *“(Yang memiliki sifat-sifat yang) demikian itu ialah Allah Tuhan kamu; tidak ada Tuhan selain Dia; Pencipta segala sesuatu, maka sembahlah Dia; dan Dia adalah pemelihara segala sesuatu. Dia tidak dapat dicapai oleh penglihatan mata, sedang Dia dapat melihat segala penglihatan itu dan Dia-lah Yang Mahahalus lagi Maha Mengetahui”* [QS. Al An'am (6): 102-103].

Uraian-uraian tentang mikroorganisme telah mengajarkan banyak hal, baik tentang biologi organisme maupun perjalanan keyakinan. Penjelasan yang telah diuraikan tersebut maupun banyak informasi ilmiah lainnya yang belum dieksplorasi membuktikan keberadaan Tuhan yang tidak terbantahkan lagi. Pelajaran saintifik dapat dikaji dari berbagai sumber, namun pelajaran iman harus disandarkan pada sebuah keyakinan. Pertanyaan yang muncul adalah apakah (mungkin) keyakinan iman ini dapat dialihkan selain kepada-Nya?

Apabila didasarkan pada bukti-bukti ilmiah tentang penciptaan makhluk hidup, khususnya mikroorganisme, maka tidak mungkin dapat dipalingkan dari adanya Sang Kreator kehidupan. Dia mendesain dengan ke-Mahaagungan dan ke-MahaKuasa-Nya semua makhluk dengan sangat rinci dan mengetahui segala sesuatu tentang ciptaan-Nya itu. Sesungguhnya, keyakinan ini tidak dapat dipalingkan dari Allah karena Dia adalah Pencipta segala sesuatu, yang tiada Tuhan selain Dia, Yang Mahaagung, yang hidup kekal, Tuhan semesta alam [QS. Al Mu'min (40): 62, 64-65], dan Dia mengetahui segala tentang makhluk [QS. Yasin (36): 79].

Eksistensi Tuhan dalam mengurus makhluk ciptaan-Nya sangat jelas ditampakkkan. Tidak ada satu makhlukpun yang kehidupannya tidak seimbang dan penuh dengan kekurangan nikmat. Tuhan tidak lupa menyiapkan makanan bagi semua ciptaan-Nya, mulai dari organisme besar yang tampak jelas terlihat atau semut hitam kecil yang berjalan dalam gelapnya malam, dan bahkan semua organisme mikroskopis. Tuhan tidak lupa juga menyiapkan segala perangkat metabolisme di dalam tubuh organisme sebagai instrumen untuk beraktivitas. Hal tersebut menjadi bukti bahwa tidak ada yang luput dari peran dan “tanggungjawab” Allah sebagai Tuhan yang Mahakuasa.

Lebih tegas lagi Allah jelaskan bahwa *“Allah, tidak ada Tuhan melainkan Dia yang hidup kekal lagi terus-menerus mengurus (makhluk-Nya), tidak mengantuk dan tidak tidur. Kepunyaan-Nya apa yang di langit dan di bumi. Tiada yang dapat memberi syafaat di sisi Allah tanpa izin-Nya. Allah mengetahui apa-apa yang ada di hadapan mereka dan di belakang mereka, dan mereka tidak mengetahui apa-apa dari ilmu Allah melainkan apa yang dikehendaki-Nya. Kursi¹⁷⁹ Allah meliputi langit dan bumi. Dan Allah tidak merasa berat memelihara keduanya, dan Allah Mahatinggi lagi Mahaagung”* [QS. Al Baqarah (2): 255].

Di dalam catatan kaki nomor 179 dijelaskan bahwa sebagian mufasir menafsirkan arti “kursi” di dalam ayat ini adalah kekuasaan atau ilmu Allah. Kalau “kursi” dimaknai sebagai suatu kekuasaan kemudian dicermati serta dihubungkan dengan ayat-ayat lainnya yang menjelaskan kekuasaan dan

kehendak Allah di dalam penciptaan seperti pada QS. Yunus (10): 3, 31, dan 32; QS. Fatir (35): 11; QS. Al Baqarah (2): 117; QS. Ali Imron (3): 47 dan 59; QS. Al An'am (6): 73; QS. An Nahl (16): 40; QS. Maryam (19): 35; QS. Yasin (36): 82; QS. Al Mu'min (40): 68, maka sungguh hal tersebut tidak dapat dibantah lagi. Demikian juga ketika "kursi" dimaknai sebagai ilmu Allah, maka sangat benar jika lautan dijadikan tinta tidak akan cukup untuk menulis ilmu-ilmu Allah tersebut, meskipun telah kering lautan itu dan ditambah lagi sebanyak itu pula [QS. Al Kahfi (18): 109; QS. Lukman (31): 27].

Pemaknaan "kursi" sebagai kekuasaan atau ilmu adalah benar. Keseluruhan makna itu dapat dilihat dari sudut pandang manapun untuk mendeskripsikan kebenaran akan adanya Allah, Tuhan Yang Maha Memiliki segala-galanya. Sesungguhnya kebenaran saintifik yang terdapat di alam semesta adalah penjabaran dan manifestasi dari kebenaran isi Al-Qur'an.

Semua fenomena alam dijadikan-Nya perumpamaan dari suatu pelajaran bagi manusia untuk berpikir dan sekaligus bahan ujian bagi keimanan manusia. Allah bahkan tiada segan untuk menjadikan perumpamaan berupa nyamuk atau lebih kecil daripada itu, termasuk mikroorganisme untuk menjadikan seseorang mendapatkan petunjuk-Nya sebagai orang yang beriman ataukah dibiarkan-Nya pada kesesatan sebagai orang yang kafir dan fasik [QS. Al Baqarah (2): 26].

Dengan demikian, nilai keimanan dapat diindikasikan dari ketidaksesatan, ketidakkafiran, dan ketidakfasikan makhluk ciptaan terhadap eksistensi Tuhan. Di dalam konteks manusia, maka orang-orang yang berpikir dan dimampukan untuk mengenal dirinya dan ciptaan lainnya akan mengantarkan dirinya pada sebuah keyakinan. Sebuah keyakinan yang bersimpul pada titik keimanan tentang kepercayaannya yang tinggi tentang Tuhan dan segala konsekuensi yang harus dikerjakannya atas keimanan tersebut. Perjalanan pikiran dan hati akan mengantarkan pada perjalanan ketuhanan yang sebenar-benarnya.



Peranan Mikroba

Tidak ada sesuatupun yang diciptakan oleh Tuhan tanpa perannya, bahkan organisme sekecil mikroba. Tuhan ternyata telah menjelaskan peran mikroba tersebut di dalam Al-Qur'an bagi orang-orang yang menggunakan akalinya untuk berfikir dan mengambil pelajaran tersebut.

Pada saat yang bersamaan dengan mempelajari peran mikroba, saya mendapatkan kebenaran Al-Qur'an di dalam ilmu pengetahuan. Al-Qur'an menjadi petunjuk ilmu pengetahuan dan manusia disuruh untuk mengelaborasi konsep pengetahuan itu. Pada akhirnya, akal pikiran mampu menunjukkan eksistensi Tuhan dengan bukti nyata berupa ilmu pengetahuan itu.

Penemuan kehidupan organisme mikroskopis telah memperluas dimensi cakrawala berpikir dan spektrum keyakinan untuk lebih mengenal tentang Tuhan. Allahu Akbar, Allah Yang Mahabesar dipandang ke-Mahabesaran-Nya dari sesuatu sangat kecil, yaitu mikroorganisme.

Subhanallah, semakin manusia mau menggunakan akal pikiran yang dipadukan dengan petunjuk Tuhan berupa Al-Qur'an, maka mereka akan mendapatkan diri mereka semakin larut dalam penghayatan keagungan Tuhan dan terhanyut pada luasnya samudera ilmu Tuhan. Hal tersebut dapat diamati dari sinkronisasi antara Al-Qur'an dan fenomena di alam yang keduanya selaras, tidak akan saling bertentangan, tidak akan saling meniadakan dan dapat menggugah rasa keingintahuan tentang suatu yang prinsip di dalam keilmuan.

Beberapa contoh peran mikroorganisme yang dijelaskan di dalam Al-Qur'an antara lain tentang fermentasi, dekomposisi dan detoksifikasi, produksi madu dan susu, serta kesehatan. Keseluruhan itu hanyalah sedikit dari sekian banyak contoh di dalam ilmu yang menjelaskan setiap bidang kajian dan ilmu lainnya yang berhubungan dengan kajian tersebut.

A. Tentang Fermentasi

“Mereka bertanya kepadamu tentang khamar dan judi, katakanlah, “pada keduanya itu terdapat dosa besar dan beberapa manfaat bagi manusia, tetapi dosa keduanya lebih besar daripada manfaatnya”. Dan mereka bertanya lagi kepadamu apa yang mereka nafkahkan. Katakanlah, “yang lebih dari keperluan”. Demikianlah Allah menerangkan ayat-ayat-Nya kepadamu supaya kamu berpikir” [QS. Al Baqarah (2): 219].

Pada ayat ini terdapat kata kunci yang menarik untuk didiskusikan dari sudut pandang mikrobiologi, yaitu khamar. Allah menjelaskan tentang khamar dan di akhir ayat tersebut Allah menerangkan ayat-ayat-Nya untuk manusia agar mau berpikir. Oleh karena itu, sebuah pertanyaan yang harus muncul di dalam benak adalah pelajaran apakah yang dapat diperoleh dari ayat ini khususnya dengan memikirkan tentang khamar yang dimaknai sebagai minuman beralkohol dan memabukkan?

Pada umumnya, minuman beralkohol dibuat dari buah-buahan yang disimpan di tempat pada kondisi dan jangka waktu tertentu sehingga dihasilkan ciri khas aroma dan rasa alkohol tersebut. Hal yang menarik untuk diketahui adalah proses pembuatan minuman beralkohol ini telah dilakukan ribuan tahun yang lalu serta merupakan teknologi tertua di dalam *food processing* dan juga bagian dari bioteknologi yang kemudian dikenal sebagai teknologi fermentasi^[54].

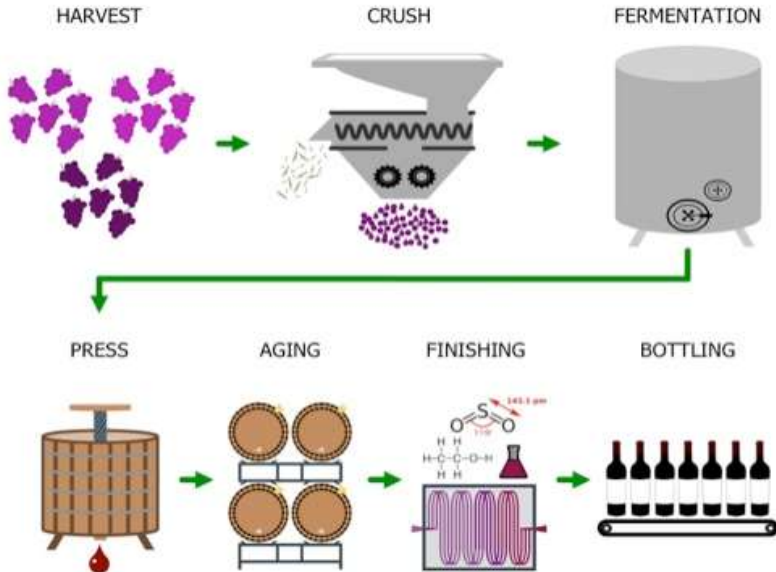
Pada prinsipnya, fermentasi diartikan sebagai suatu proses transformasi biokimiawi melalui aktivitas enzimatik mikroorganisme pada kondisi lingkungan yang terkendali. Proses transformasi biokimiawi tersebut menggambarkan perubahan makromolekul, salah satunya adalah karbohidrat menjadi molekul yang lebih sederhana seperti monosakarida dan alkohol. Sedangkan kondisi lingkungan yang terkendali diartikan bahwa fermentasi dilakukan pada kondisi yang telah diatur seperti suhu, pH, aerob atau anaerob, konsentrasi bahan tambahan, dan sebagainya.

Hal tersebut yang membedakan proses fermentasi produk pangan dengan penguraian atau pembusukan. Kedua proses tersebut mengalami perubahan ikatan molekul dari **makro-kompleks** menjadi lebih sederhana. Namun perbedaan antara keduanya adalah produk yang dihasilkan, yaitu fermentasi menghasilkan produk yang bermanfaat seperti monosakarida, senyawa alkohol, dan produk lainnya. Sedangkan proses pembusukan akan menghasilkan produk yang tidak diinginkan seperti bau busuk dan ketengikan.

Fermentasi alkoholik adalah proses tertua dan paling penting di dalam teknologi fermentasi, khususnya di dalam memproduksi alkohol (ethanol) dan karbon dioksida yang berbentuk produk wine, beer, serta beberapa jenis likuid destilasi lainnya^[55]. Beberapa produk makanan juga dihasilkan melalui proses fermentasi seperti tempe, kecap, tapai (tape), keju, dan sebagainya. Pada diskusi ini, pembahasan ditujukan pada produk fermentasi yang di dalam rangkaian proses akhirnya akan menghasilkan alkohol. Hal tersebut juga dihubungkan dengan kandungan QS. Al Baqarah (2): 219 tersebut.

Secara umum, produk alkohol dibuat melalui proses fermentasi buah-buahan ataupun sumber karbohidrat lainnya seperti umbi-umbian, biji-bijian, dan bahan karbohidrat lainnya yang dilakukan pada kondisi lingkungan terkendali. Ilustrasi prinsip proses fermentasi alkohol dicontohkan seperti pada Gambar 24.

Minuman beralkohol adalah minuman yang dihukumi haram dalam ajaran agama Islam. Pada bagian tersebut, penjelasan tentang hukum minuman beralkohol tidak banyak disinggung karena hal tersebut lebih pantas untuk diserahkan kepada ahli hukum Islam yang sangat memahami dan fasih menjelaskan hukum mengapa pada kedua hal, yaitu khamar dan judi terdapat dosa yang lebih besar daripada manfaat yang dihasilkannya [QS. Al Baqarah (2): 219].



Gambar 24. Ilustrasi proses fermentasi pembuatan minuman beralkohol^[56].

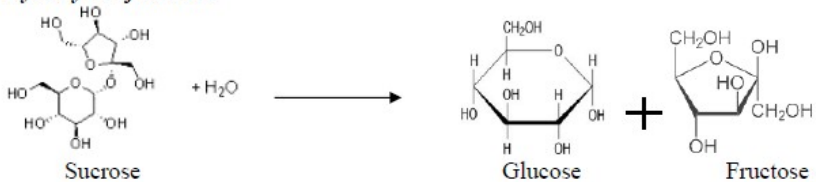
Akan tetapi, dari ranah mikrobiologi khususnya pada diskusi tentang peranan mikroorganisme di dalam fermentasi, maka akan tampak nyata ayat-ayat Tuhan. Hal tersebut yang akan membuat mata takjub, mulut tidak berhenti mengagungkan kebesaran-Nya, dan pikiran yang tidak berhenti untuk berupaya mempelajari kehebatan ilmu-Nya. Keseluruhan ini disebabkan demikianlah Allah telah menerangkan ayat-ayat-Nya kepada manusia agar manusia mau berpikir [QS. Al Baqarah (2): 219].

Pada pembahasan yang sama tentang fermentasi, Allah juga menerangkan hal tersebut di dalam QS. An Nahl (16): 67, “Dan dari buah kurma dan anggur, kamu buat minuman yang memabukkan dan rezeki yang baik. Sungguhnyanya pada demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda kebesaran Allah bagi orang yang memikirkannya”. Sekali lagi bagi semua orang yang mau berpikir dan memikirkan tentang fenomena fermentasi, maka mereka pasti akan menemukan sesuatu yang telah Allah sembunyikan di dalam proses tersebut berupa tanda-tanda kebesaran Allah.

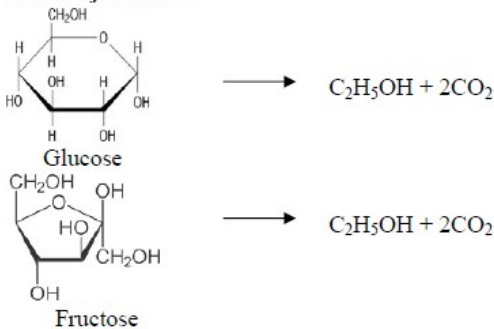
Kebesaran Allah yang tampak pada proses fermentasi adalah kemampuan mikroorganisme memecah makromolekul menjadi mikromolekul. Salah satu contoh proses fermentasi adalah pemecahan sakarida (gula) seperti sukrosa oleh *yeast* atau khamir *Saccharomyces cerevisiae*.

Yeast (Saccharomyces cerevisiae) memiliki enzim invertase yang mampu menghidrolisis sukrosa menjadi monosakarida, yaitu glukosa dan fruktosa. Pada proses selanjutnya, enzim zymase mengkonversi glukosa menjadi alkohol dan karbon dioksida. Satu molekul sukrosa akan dikonversi menjadi 4 molekul etanol dan 4 molekul karbon dioksida. Sekilas dari reaksi enzimatik oleh mikroorganisme tampak sangat sederhana, yaitu hanya konversi polisakarida atau disakarida menjadi monosakarida dan selanjutnya akan diubah menjadi alkohol. Secara sederhana, reaksi proses fermentasi alkohol dapat digambarkan sebagai berikut.

Hydrolysis of sucrose

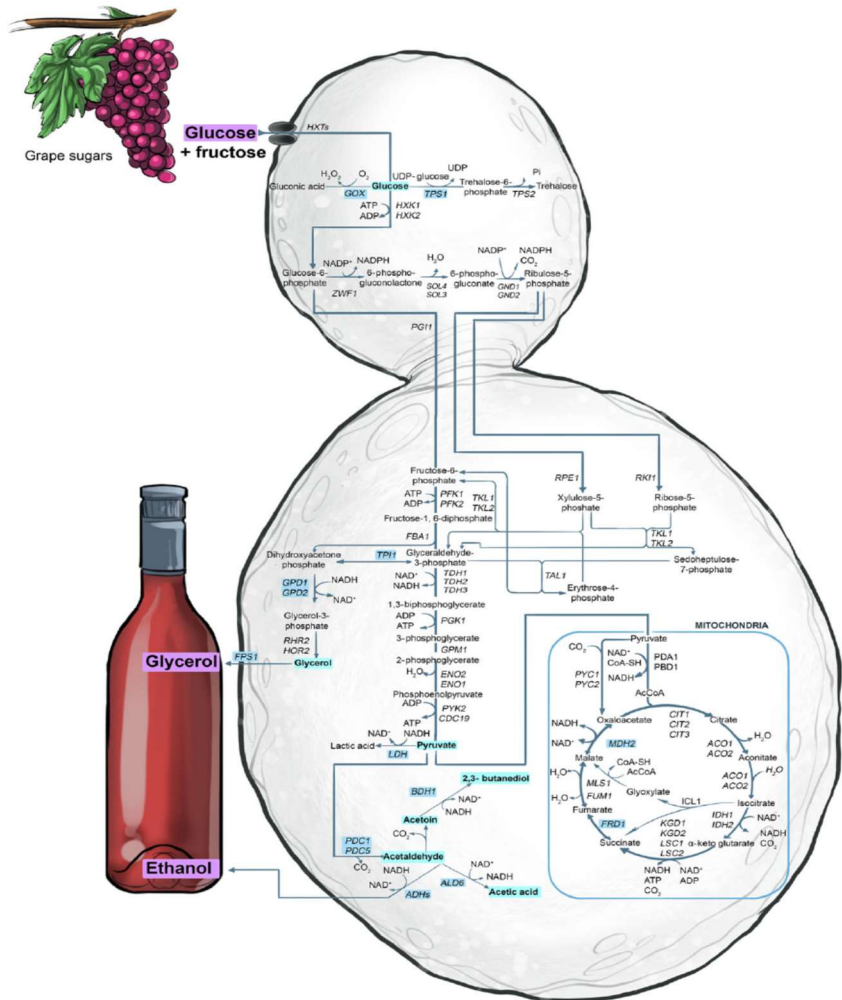


Ethanol formation



Gambar 25. Reaksi kimiawi fermentasi sakarida^[57].

Namun apabila dipelajari lebih mendetail, mekanisme metabolisme tersebut sangat kompleks dan rumit. Pemecahan suatu molekul polimer menjadi monomer berlangsung dengan melibatkan peran agen biologi dan dapat juga terjadi secara kimiawi. Banyak proses biokimiawi yang terdapat pada satu jenis produk fermentasi ataupun satu jenis mikroorganisme. Salah satu contohnya adalah proses fermentasi alkohol yang dilakukan oleh *Saccharomyces cerevisiae* (Gambar 26).



Gambar 26. A schematic representation of carbon metabolism in wine yeast, including glycolysis, pentose phosphate pathway and tricarboxylic acid (TCA) cycle^[58].

Mekanisme metabolisme mikroorganisme seperti yeast *S. cerevisiae* di dalam proses fermentasi menjadi bukti bahwa konsep Al-Qur'an adalah benar adanya. Oleh karena itu, terdapat banyak pelajaran yang dapat diambil, baik ditinjau dari ilmu pengetahuan maupun dasar ilmu untuk memperkuat keimanan.

Pelajaran pertama yang dapat diperoleh dari hasil pemikiran terkait khamar dan fermentasi adalah tampak jelas kekuasaan Allah dalam penciptaan mikroorganisme sebagai makhluk yang sederhana, namun memiliki kompleksitas pada sistem metabolismenya. Berbagai ayat Al-Qur'an telah banyak diungkapkan untuk memberikan gambaran tentang kekuasaan Allah di dalam berkehendak dan berketetapan menciptakan makhluk hidup dengan peranan masing-masing.

Pelajaran kedua yang didapatkan dari penjelasan terkait khamar dan kajian fermentasi ini adalah bahwa produk proses fermentasi, yaitu alkohol dapat dimanfaatkan untuk keperluan seperti antiseptik di dalam bidang medis. Hal tersebut disebabkan oleh sifat senyawa-senyawa alkohol yang dapat menghambat aktivitas pertumbuhan maupun kontaminasi mikroorganisme patogen seperti bakteri, fungi, virus, serta mikroorganisme lainnya^[59].

Senyawa alkohol dapat digunakan untuk menghambat dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme dengan cara mengubah komposisi fosfolipid ataupun asam lemak secara ekstrem, menyebabkan kekurangan ion logam, serta adanya perubahan fenetil alkohol atau reagen organik hidrofobik yang efektif selama pertumbuhan.

Selain itu, kemampuan pembelahan sel dapat terganggu dengan adanya perubahan glukosa, sodium klorida, atau senyawa aktif membran seperti alkohol dan minyak kroton. Senyawa-senyawa ini menyebabkan perubahan membran protein yang berfungsi di dalam sintesis peptidoglikan. Enzim-enzim yang berperan di dalam perakitan peptidoglikan juga akan terganggu pada saat bekerja di substrat hidrofobik atau hidrofilik. Perubahan kapabilitas enzim menyebabkan sintesis peptidoglikan sangat sensitif terhadap berbagai perlakuan yang secara langsung atau tidak langsung memengaruhi struktur membran sel^[60]. Hasil-hasil penelitian juga telah mengungkapkan bahwa alkohol mampu merusak protein, lipid, karbohidrat, sel debris, dan materi genetik DNA atau RNA^[61].

Senyawa alkohol juga dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan atau keperluan lainnya. Bahkan penggunaan alkohol untuk kendaraan telah dipublikasikan pada tahun 1907 dan kemudian berkembang riset-riset yang lebih fokus pada tahun 1920an, 1930an, hingga sekarang^[62].

Salah satu produk alkohol, yaitu ethyl alkohol (ethanol) diproduksi sebagai bahan bakar terbarukan dan dewasa ini telah dikembangkan pula produksi ethanol dari tumbuhan dan alga yang dikenal sebagai bioethanol. Keterbatasan sumber bahan bakar minyak bumi menyebabkan produksi

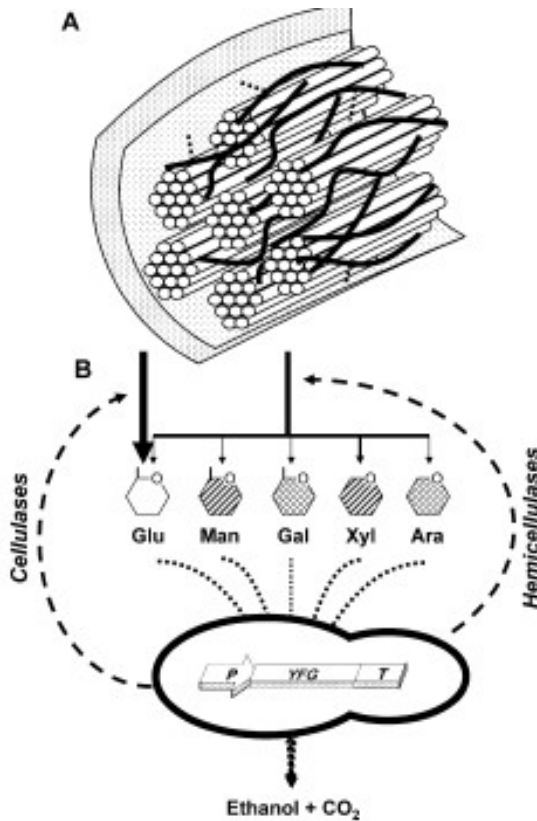
bioethanol diharapkan akan mampu mengganti ketergantungan terhadap minyak bumi.

Mikroorganisme dianggap mampu untuk mengkonversi biomasa lignoselulosik yang mengandung karbohidrat kompleks menjadi ethanol^[63]. Hal tersebut disebabkan karbohidrat, khususnya lignoselulosa mengandung berbagai monomer monosakarida seperti glukosa, xylosa, mannososa, galaktosa, dan arabinosa serta mikroorganisme telah berhasil memfermentasi secara efisien gula-gula tersebut menjadi bioethanol dalam skala industrialisasi^[64]. Mekanisme konversi alkohol berlangsung seperti fermentasi karbohidrat umumnya, yaitu polisakarida akan dipecah menjadi monosakarida dan kemudian reaksi kimiawi tersebut akan terus berlangsung hingga terbentuk alkohol.

Namun apabila dicermati lebih rinci, ada empat kejadian biologikal yang terjadi selama proses biokonversi lignoselulosa menjadi ethanol melalui suatu proses hidrolisis enzimatis, yaitu produksi enzim saccharolytic (selulase dan hemiselulase), proses hidrolisis polisakarida, fermentasi gula heksosa, dan juga fermentasi gula pentosa^[65] seperti yang ditampilkan pada Gambar 27.

Senyawa-senyawa alkohol sebagai produk dari proses fermentasi banyak sekali manfaatnya bagi manusia. Namun, senyawa-senyawa alkohol itu tidak untuk digunakan sebagai bahan minuman. Hal tersebut dapat dibayangkan bagaimana suatu senyawa alkohol yang dapat menghambat aktivitas kehidupan sel mikroorganisme dan juga digunakan untuk menjalankan mesin, kemudian dijadikan sebagai minuman manusia.

Konsekuensi logis dari aktivitas senyawa alkohol apabila masuk ke dalam tubuh adalah terjadi kerusakan sel-sel tubuh seperti sel darah merah yang mengalami kerusakan pada membran fluiditas, deformabilitas, dan stabilitasnya yang berpengaruh terhadap fungsinya^[66]. Penjelasan-penjelasan tersebut dapat menjadi alasan mengapa minuman beralkohol tersebut diharamkan oleh Allah. Minuman yang beralkohol cenderung memabukkan dan kemudian merusak sel-sel tubuh. Implikasi dari kerusakan sel tersebut adalah berkurangnya kemampuan tubuh, termasuk sel saraf sehingga dimungkinkan terjadinya kerusakan individu dan munculnya kejahatan sosial.



Gambar 27. *Graphic illustration of (A) lignocellulose conversion to bioethanol in a single bioreactor by (B) a consolidated bioprocessing (CBP) microorganism. The enzymatic hydrolysis of the cellulose and hemicellulose fractions to fermentable hexoses and pentoses requires the production of both cellulases and hemicellulases (dashed lines), and the subsequent conversion of the hexoses and pentoses to ethanol requires the introduction of pentose fermenting pathways. The thickness of the arrows imitates the relative amounts of hexoses and pentoses released during hydrolysis of plant material^[65].*

Fakta ini adalah salah satu dukungan ilmu pengetahuan terhadap pembuktian tentang hukum-hukum Allah. Informasi yang lebih mendetail lagi dapat dirujuk dari referensi ilmiah, penelitian, dan pandangan para ahli di bidang tersebut akan lebih tepat menjelaskan alasan-alasan syar'i terkait khamar. Di luar konteks diskusi mengenai dosa khamar yang diharamkan dan memabukkan, ternyata Allah menyediakan pembelajaran tentang khamar yang

tidak diharamkan dan tidak memabukkan. Di dalam QS. As Shaffat (37): 40-47, Allah jelaskan tentang hamba-hamba-Nya yang dibersihkan dari dosa. Mereka memperoleh rezeki tertentu, yaitu buah-buahan dan mereka merupakan orang-orang yang dimuliakan. Mereka ditempatkan di dalam surga yang penuh nikmat di atas tahta-tahta yang berhadap-hadapan. Mereka diberikan gelas yang berisi khamar dari sungai yang mengalir, warnanya putih bersih, dan rasanya sedap. Hal yang menarik adalah di dalam khamar tersebut tidak ada alkohol dan bagi mereka yang meminumnya tidak mabuk karenanya.

Pada ayat lain di dalam QS. At Taffif (83): 22-28, Allah juga menjelaskan hal yang serupa, yaitu sesungguhnya orang-orang yang berbakti kepada Allah akan benar-benar berada di dalam kenikmatan besar (surga) dan mereka hidup senang atas kenikmatan itu. Mereka juga meminum khamar murni yang tempatnya masih disegel dengan kasturi dan campuran khamar itu adalah tasnim, yaitu mata air yang diminum oleh orang-orang yang dekat dengan Allah. Salah satu ciri orang yang dekat dengan Allah dijelaskan di dalam QS. Al Waqi'ah (56): 10-19, yaitu orang-orang yang paling dahulu (beriman) dan merekalah yang paling dahulu masuk ke surga. Di dalam surga, mereka juga akan diberikan minum dari air yang mengalir dan mereka tidak pusing dan mabuk karenanya.

Pelajaran ketiga yang diperoleh setelah memikirkan ayat tentang khamar dan kajian fermentasi adalah Allah telah menjadikan khamar sebagai perumpamaan produk fermentasi dan kemudian meminta manusia yang membaca Al-Qur'an untuk menggali lebih banyak lagi tentang produk fermentasi, baik makanan maupun minuman.

Khamar adalah salah satu contoh dan perumpamaan yang Allah buat agar manusia mau berpikir lebih banyak tentang ilmu-Nya dari berbagai fenomena kehidupan yang ada. Di dalam Al-Qur'an banyak ditemukan bahasa-bahasa seloka atau perumpamaan yang dibuat oleh Allah untuk menjelaskan pelajaran, ilmu, dan pemaknaan yang lebih banyak lagi dari sekadar objek yang disebutkan tersebut. Salah satu contohnya ketika Allah menjelaskan tentang khamar yang pada hakikatnya Allah tidak hanya menjelaskan tentang hukum khamar, akan tetapi ada manfaat yang dapat diperoleh dengan cara memikirkan ayat-ayat tersebut, baik ayat di dalam Al-Qur'an maupun ayat alamnya. Pada ayat-ayat tersebut, Allah juga tidak secara eksplisit menggunakan dan menjelaskan tentang fermentasi atau mikroorganisme. Oleh karena manusia yang mau menggunakan akal pikirannya dan mau memikirkan perihal tersebut, maka pasti akan diperoleh pelajaran yang lebih banyak daripada sekadar mendiskusikan tentang keharaman khamar. Dengan demikian mempelajari Al-

Qur'an bukan hanya sekedar membaca arti setiap kalimat yang ada, tetapi juga mempelajari makna dan menggali ilmu dengan cara memikirkan dan mentadaburi ayat-ayat tersebut.

“Dan apabila dibacakan Al-Qur'an, maka dengarkanlah baik-baik dan perhatikanlah dengan tenang agar kamu mendapat rahmat” [QS. Al A'raf (7): 204]. Pada beberapa ayat Allah menerangkan bahwa Al-Qur'an ini berisi berbagai macam perumpamaan dan pada ayat lainnya Allah juga menjelaskan berbagai macam perumpamaan yang di dalamnya banyak mengandung pelajaran bagi orang yang berpikir.

“Dan sesungguhnya telah Kami buat dalam Al-Qur'an ini segala macam perumpamaan untuk manusia” [QS. Ar Rum (30): 58], *“Sesungguhnya telah Kami buat bagi manusia dalam Al-Qur'an ini setiap macam perumpamaan supaya mereka mendapat pelajaran”* [QS. Az Zumar (39): 27], *“Dan perumpamaan-perumpamaan itu Kami buat untuk manusia supaya mereka berpikir”* [QS. Al Hasyr (59): 21].

Apakah masih belum cukup Allah mengajak manusia berpikir untuk mempelajari berbagai perumpamaan tersebut? Suatu perumpamaan tidak selalu menjelaskan arti atau makna yang sebenarnya, tetapi ada hal mendalam yang akan disampaikan dari perumpamaan tersebut. Meskipun berulang kali perumpamaan itu disampaikan kepada manusia, tetapi kebanyakan manusia akan membantah, tidak menyukai, dan bahkan akan mengingkarinya. Padahal, pada perumpamaan-perumpamaan tersebut banyak mengandung pelajaran yang dengannya Allah telah menjelaskan tanda dari kekuasaan-Nya kepada orang-orang yang berpikir. Akan tetapi terhadap perumpamaan-perumpamaan itu, tiadalah yang dapat memahaminya kecuali orang-orang yang berilmu [QS. Yunus (10): 22; QS. Bani Israil (17): 89; QS. Al Kahfi (18): 54; QS. Al Ankabut (29): 43]. Di sisi lain, berbagai perumpamaan yang telah Allah sampaikan di dalam Al-Qur'an akan menampakkan perbedaan antara orang-orang fasik yang disesatkan oleh Allah dan orang-orang yang diberi petunjuk oleh Allah [QS. Al Baqarah (2): 26].

B. Tentang Dekomposisi dan Detoksifikasi

Pada ayat yang lain, Allah memberikan petunjuk kepada manusia tentang gambaran kehidupan di dunia ini melalui sebuah perumpamaan. Di dalam QS. Al Hadid (57): 20, Allah menegaskan *“Ketahuilah, bahwa sesungguhnya kehidupan dunia itu hanyalah permainan dan suatu yang melalaikan, perhiasan, dan bermegah-megahan antara kamu serta berbangga-bangga tentang banyaknya harta dan anak, seperti hujan yang tanam-tanamannya*

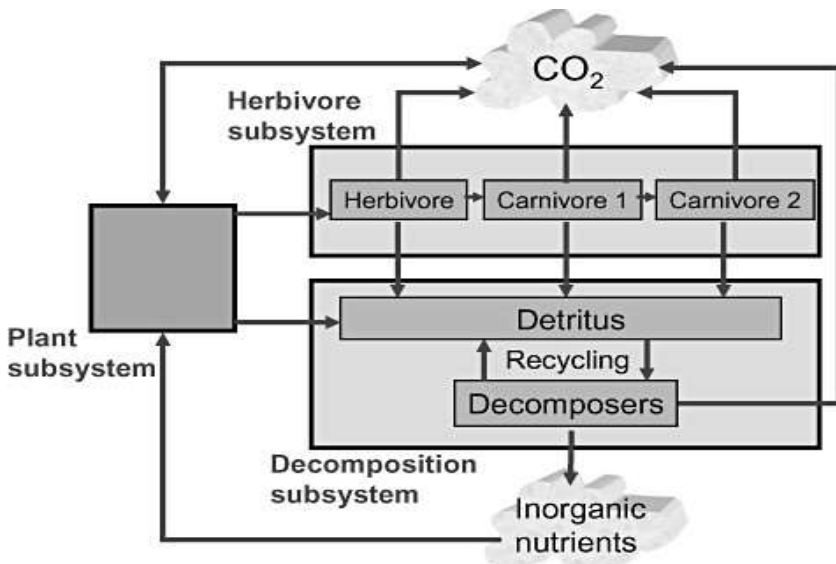
mengagumkan para petani; kemudian tanaman itu menjadi kering dan kamu lihat warnanya kuning kemudian menjadi hancur. Dan di akhirat (nanti) ada azab yang keras dan ampunan dari Allah serta keridhaan-Nya. Dan kehidupan dunia ini tidak lain hanyalah kesenangan yang menipu". Hal menarik untuk ditelaah dari sudut pandang keilmuan mikrobiologi adalah tanaman-tanaman yang akan mengering, menguning, dan kemudian menjadi hancur.

Hal serupa juga digambarkan oleh Allah di dalam QS. Az Zumar (39): 21, *"Apakah kamu tidak memperhatikan bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diatur-Nya menjadi sumber-sumber air di bumi, kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu ia menjadi kering, lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikanNya hancur berderai-derai. Sesungguhnya yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal"*.

Pada ayat-ayat tersebut, Allah menerangkan sebuah pengandaian yang pada hakikatnya adalah suatu pelajaran juga, yaitu berupa proses hancurnya bahan semisal tanaman ataupun bahan-bahan organik lainnya yang dikenal sebagai proses dekomposisi.

Proses dekomposisi dapat terjadi dengan bantuan mikroorganisme dan makrofungi sebagai dekomposer yang bekerja secara aerob maupun anaerob. Secara umum di suatu ekosistem, siklus kehidupan akan terbentuk apabila tiga komponen utamanya berinteraksi, yaitu tanaman sebagai produsen, herbivora dan karnivora sebagai konsumen, serta dekomposer. Interaksi dari keseluruhan komponen ini menciptakan adanya siklus kehidupan di alam semesta.

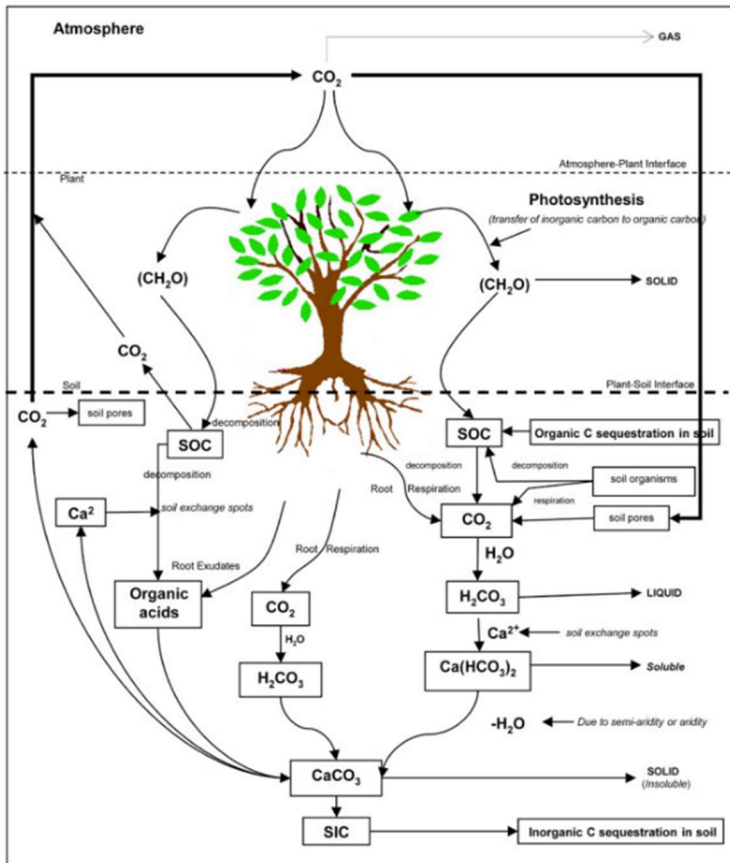
Dekomposer memegang peran sangat penting di dalam lalu lintas nutrisi bagi kehidupan. Bahan-bahan organik dari produsen ataupun konsumen yang jatuh ke tanah akan dimanfaatkan dekomposer sebagai nutrisi bagi kehidupannya. Proses dekomposisi menghasilkan produk penguraian berupa senyawa-senyawa anorganik yang dibutuhkan oleh produsen untuk tumbuh dan berkembang. Pada tahapan selanjutnya, produsen akan dimakan oleh konsumen tingkat pertama hingga konsumen terakhir di dalam rantai makanan. Produsen dan konsumen yang mati atau hasil dari aktivitas metabolismenya akan dimanfaatkan kembali oleh dekomposer untuk mensuplai nutrisi kehidupan di dalam sebuah siklus makanan (Gambar 28).



Gambar 28. *A general model of a terrestrial ecosystem. The three component subsystems (plant, herbivore, and decomposer) are shown, together with their component parts. The major transfers of material are denoted by arrows, whereas organic matter pools are shown within rectangles, and inorganic pools are shown within “clouds”^[67].*

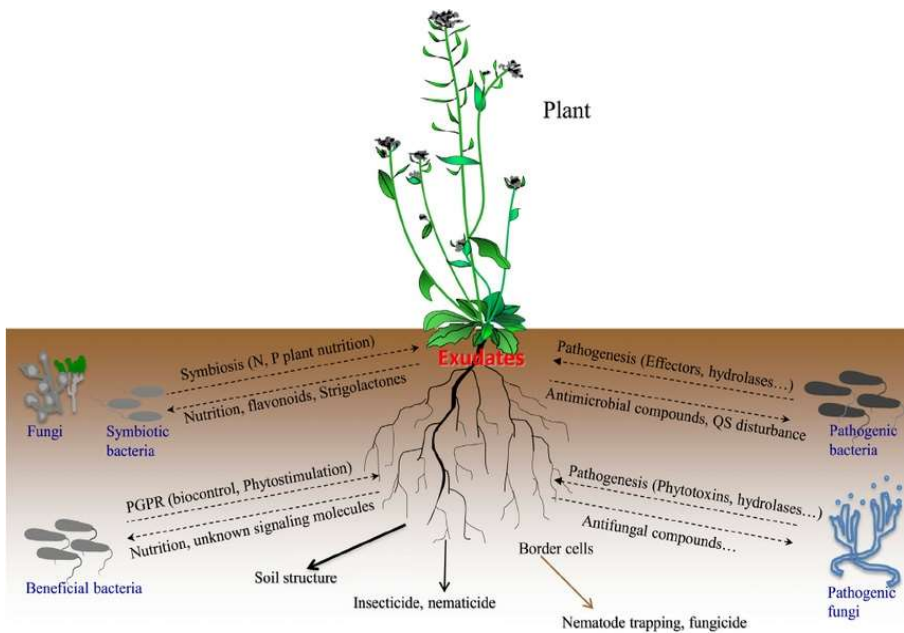
Salah satu contoh peran mikroorganisme dan organisme dekomposer lainnya di dalam dekomposisi bahan organik menjadi anorganik adalah penguraian senyawa kompleks karbohidrat menjadi karbon seperti pada Gambar 29. Selain karbon, banyak senyawa anorganik lainnya yang dibutuhkan tanaman yang diurai dari bahan organik seperti protein dan lemak. Keseluruhan makromolekul kompleks, yaitu karbohidrat, protein, maupun lemak akan terurai menjadi molekul dan unsur sederhana semisal karbon, oksigen, hidrogen, nitrogen, dan lainnya yang menjadi inti atau sari pati tanah dan juga menjadi “sari pati tanah” untuk kehidupan.

Di dalam mempelajari proses dekomposisi, tidak hanya selesai pada tingkat mempelajari peranan dekomposer untuk menguraikan bahan-bahan organik. Namun lebih jauh lagi, simbiosis yang terjadi antara tumbuhan dengan dekomposer juga sangat penting untuk dikaji sehingga mengantarkan pada pemahaman keilmuan yang luas serta keimanan yang teguh. Interaksi yang terjadi di dalam maupun di permukaan tanah ternyata tidak sederhana.



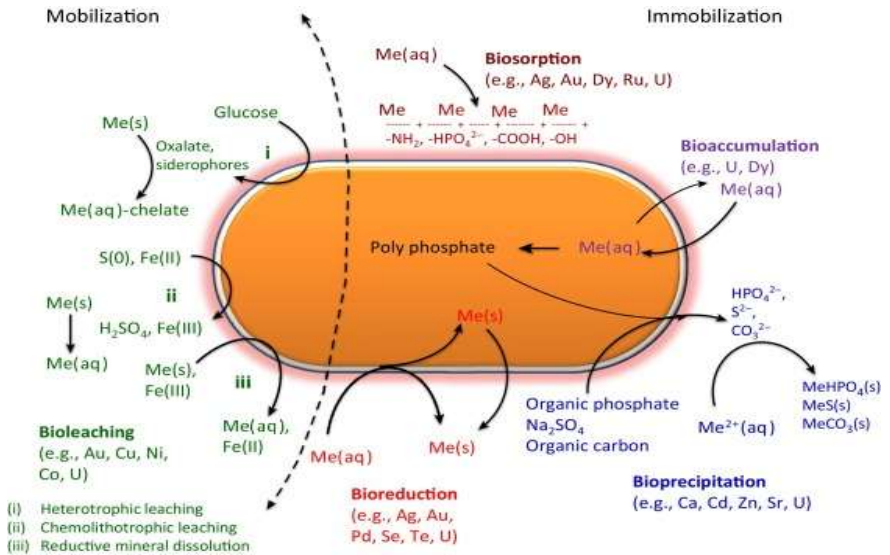
Gambar 29. Carbon transfer model and its role in soil^[68].

Keberadaan mikroorganisme atau dekomposer dapat menghasilkan dampak positif dan negatif bagi tumbuhan. Dampak positif yang dihasilkan adalah nutrisi dan simbiosis mutualisme berupa pengikatan nitrogen pada beberapa jenis tanaman seperti kacang-kacangan. Dampak negatif timbul dari keberadaan mikroorganisme, khususnya yang patogen di tanah akan menyebabkan penyakit pada tanaman. Meskipun demikian, interaksi tersebut akan membuat tanaman menghasilkan aktivitas dan hasil metabolisme sekundernya untuk dapat mempertahankan kehidupan seperti tampak pada Gambar 30. Dengan demikian, pada hakikatnya kehidupan ini telah dibuat sedemikian seimbang sehingga tidak ada yang mendominasi suatu level dan siklus kehidupan.



Gambar 30. Representation of the complex interactions that take place in the rhizosphere between plant roots and microorganisms mediated by root exudates^[69].

Selain berperan mengurai bahan organik di dalam suatu ekosistem, mikroorganisme juga berperan mendetoksifikasi cemaran yang disebut sebagai bioremediator. Detoksifikasi dapat dilakukan secara individu ataupun konsorsium melalui *quorum sensing*. *Quorum sensing* merupakan suatu bentuk mekanisme komunikasi mikroorganisme berupa sinyal-sinyal molekuler atau *autoinduser* untuk memastikan jumlah spesies yang cukup sehingga dapat melakukan respon biologi tertentu. Di dalam proses meremediasi cemaran, mikroorganisme dapat melakukan biosorpsi, bioakumulasi, biopresipitasi, bioreduksi, dan juga *bioleaching* seperti pada Gambar 31. Mekanisme ini dapat berlangsung bersamaan di dalam organel-organel sel seperti membran sel hingga sitoplasma. Kemampuan di dalam meremediasi lingkungan ini dapat terjadi secara fisik melalui aktivitas sel maupun kimiawi melalui aktivitas metabolismenya.



Gambar 31. Mekanisme bioremediasi bersifat bergerak (*mobil*) dan tidak bergerak (*immobil*)^[70].

Berbagai jenis mikroorganisme yang berperan di dalam proses bioremediasi mampu menggunakan cemaran seperti logam berat. Logam berat dimanfaatkan sebagai mikronutrien, komponen dari berbagai jenis enzim, dimanfaatkan di dalam proses reduksi oksidasi, menstabilkan molekul melalui suatu interaksi elektrostatis, dan berperan dalam regulasi aktivitas tekanan osmotik. Mikroorganisme menggunakan sejumlah mekanisme metabolisme, toleransi, resistensi, dan resiliensi untuk menghilangkan cemaran di suatu lingkungan^[71, 72, 73, 74].

Kemampuan yang dimiliki oleh mikroorganisme ini dapat dimanfaatkan untuk detoksifikasi cemaran, khususnya logam berat. Berbagai referensi telah banyak memberikan informasi ilmiah tentang mekanisme-mekanisme tersebut. Sebanyak referensi yang ada tersebut seharusnya mengantarkan pada sebuah kesimpulan besar bahwa semua itu adalah ilmu Allah, Tuhan Yang Mahahebat. Proses bioremediasi yang dilakukan oleh mikroorganisme menjadi satu lagi bukti ke-MahaAgungan Allah untuk menciptakan dan mengatur kehidupan secara sempurna serta tetap berada di dalam keseimbangan [QS. Al Mulk (67): 3-4].

Bagaimana menjelaskan ilmu-ilmu Allah yang tersebar di alam semesta, yaitu bukan hanya bumi dalam perspektif tempat manusia hidup saat ini, tetapi

alam semesta yang luasnya tidak memiliki tepi? Bahkan untuk dapat menjelaskan satu bagian kecil dari sisi kehidupan ini, hal tersebut tidak pernah paripurna untuk ditulis dan dijelaskan.

Sesungguhnya yang telah dijelaskan di dalam Al-Qur'an menjadi kebenaran hakiki bahwa pasti habislah lautan sebagai tinta dan pohon sebagai pena untuk menulis ilmu-ilmunya. Sekalipun tinta dan pena itu ditambah berkali-kali lipat untuk menguraikan kalimat-Nya, maka tidak akan pernah mampu untuk menjelaskan ilmu-Nya tersebut.

C. Tentang Produksi Madu dan Susu

Petunjuk-petunjuk lainnya yang ingin Allah sampaikan kepada manusia agar berpikir adalah pelajaran yang terdapat pada madu yang diproduksi oleh lebah sebagaimana dapat dilihat di QS. An Nahl (16): 69, "*Kemudian makanlah dari tiap-tiap macam buah-buahan dan tempuhlah jalan Tuhanmu yang telah dimudahkan (bagimu). Dari perut lebah itu keluar minuman (madu) yang bermacam-macam warnanya, di dalamnya terdapat obat yang menyembuhkan bagi manusia. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang memikirkan*". Apakah yang dapat dipelajari dari ayat ini apabila ditinjau dari perspektif ilmiah?

Pelajaran pertamanya adalah lebah yang memperoleh makanan dari buah-buahan. Sejumlah referensi menjelaskan bahwa lebah memperoleh sumber makanannya, yaitu berupa nektar (*nectar*) dari bunga. Akan tetapi, mengapa Al-Qur'an justru menjelaskan dari buah-buahan? Pada bagian inilah, Allah menyuruh manusia untuk menggunakan akalnya di dalam melihat tanda kebesaran-Nya.

Nektar adalah cairan manis pada bunga yang merupakan bagian dari tumbuhan dan berperan pada sistem reproduksi tumbuhan karena pada bunga terdapat benang sari maupun putik. Benang sari yang bertemu dengan putik akan membentuk bakal buah dan selanjutnya menjadi buah. Selain itu, nektar mengandung gula seperti sukrosa, fruktosa, dan galaktosa yang sama seperti terkandung di dalam buah.

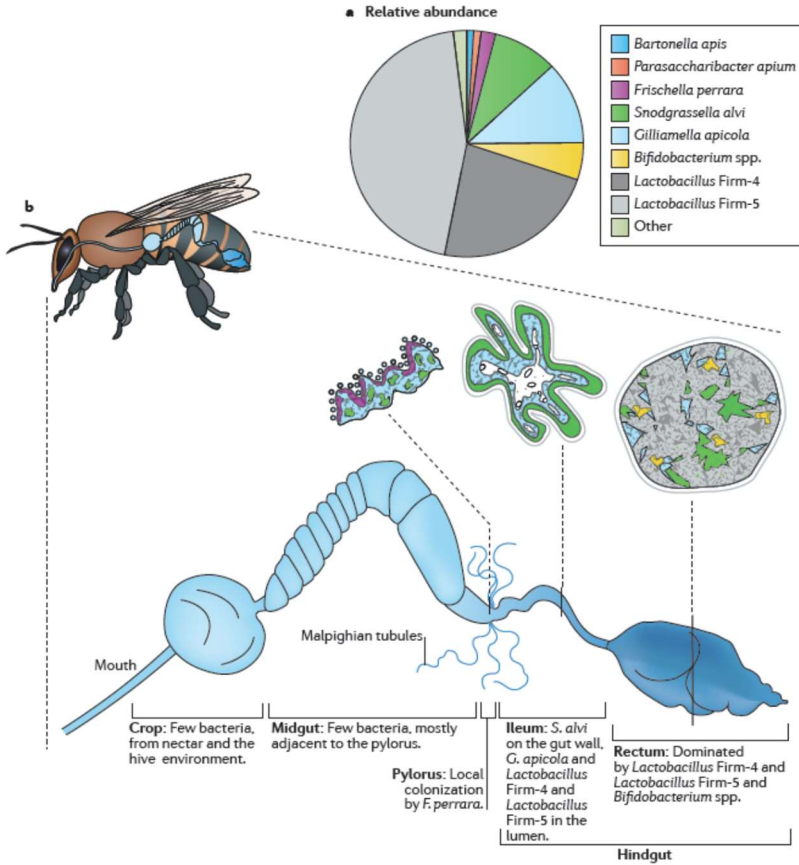
Dengan demikian, ketika Allah menjelaskan bahwa lebah memperoleh makanan dari buah-buahan, maka pada hakikatnya bukan buah atau bunga yang menjadi makanan. Akan tetapi, gula-gula yang ada terkandung di dalam buah atau bunga adalah sejatinya makanan lebah. Kandungan gula-gula tersebut adalah komponen karbohidrat yang terdapat di dalam madu yang dihasilkan oleh lebah^[75].

Secara sederhana, berbagai literatur telah menjelaskan proses produksi madu oleh lebah diawali dengan aktivitas lebah pekerja (*worker bee*). Lebah pekerja yang mencari dan mengumpulkan nektar dan pollen tumbuhan yang kemudian membawanya ke sarang. Di dalam sarang, lebah rumahan yang memiliki tugas berbeda telah menunggu lebah pekerja.

Lebah rumahan bertugas menerima nektar dan pollen yang kemudian diproses di dalam mulut dan perut. Di dalam mulut dan perut lebah rumahan terdapat enzim seperti amilase untuk memecah gula-gula kompleks menjadi monosakarida. Hasil pengolahan gula tersebut akan diletakkan oleh lebah di sarangnya sebagai madu. Madu dapat memiliki warna yang beragam, mulai dari kuning jerami sampai kuning dan dari kuning gelap sampai hampir hitam dengan sedikit warna merah. Variasi warna madu ini dipengaruhi oleh kandungan gula, mineral, serbuk sari, senyawa fenolik yang ada pada madu, kondisi geografis daerah, dan juga jenis tumbuhan yang dihinggapi lebah^[76, 77].

Kemanfaatan madu sebagai obat bagi manusia telah banyak diteliti dan bahkan didokumentasikan dalam literatur medis tertua di dunia. Madu juga mengandung senyawa aktif antimikroba patogen seperti *S. aureus*, *S. thypi*, *P. aeruginosa*, *S. pyogenes*, *H. pylori*, *E. coli*, dan lainnya^[78]. Penjelasan yang telah disampaikan ini menjadi bukti dari kebenaran Al-Qur'an bahwa madu yang keluar dari perut lebah memiliki bermacam-macam warna dan di dalamnya terdapat obat yang dapat menyembuhkan penyakit manusia.

Pelajaran ketiga yang juga menarik untuk didiskusikan adalah keikutsertaan mikroorganisme di dalam menghasilkan madu. Nektar dan pollen yang dikumpulkan oleh lebah madu akan diproses dan kemudian dimatangkan di dalam sarang lebah dengan bantuan mikroba yang berasal dari lebah dan juga adanya aktivitas enzim. Madu yang dihasilkan merupakan sumber karbohidrat bagi koloni lebah. Mekanisme produksi madu dipengaruhi oleh proses transformasi metabolisme komunitas mikroorganisme yang berasosiasi dengan lebah, terutama di dalam ususnya selama proses pematangan madu berlangsung^[79]. Pada Gambar 32 ditampilkan kelimpahan mikroorganisme yang berada di dalam sistem pencernaan lebah yang juga memberikan perannya di dalam proses untuk menghasilkan madu.



Gambar 32. The composition and spatial organization of bacterial communities in the honey bee gut^[80].

Mikroorganisme di dalam usus lebah berperan penting di dalam metabolisme nutrisi serta juga penting untuk kesehatan dan ketahanan tubuh lebah. Hubungan dengan proses produksi madu adalah mikroorganisme menghasilkan enzim yang berperan di dalam memproses nektar dan pollen yang mengandung makromolekul sakarida menjadi monosakarida. Enzim-enzim pendegradasi pektin akan melakukan pemecahan terhadap dinding pollen serta glycoside hydrolase dan polysaccharide lyase dari mikrobiom yang menghidrolisis sukrosa dari nektar menjadi fruktosa dan glukosa^[81]. Pada bagian pelajaran ketiga ini terungkap tanda-tanda kebesaran Allah dan menjadi bukti kebenaran Al-Qur'an bagi orang-orang yang memikirkannya.

Selain madu dan lebah, pelajaran lain yang disampaikan oleh Allah adalah tentang hewan-hewan ternak sebagaimana dijelaskan di dalam Al-Qur'an. Beberapa ayat tersebut telah menerangkan bahwa “*Makanlah dan gembalakanlah binatang-binatangmu. Sesungguhnya pada yang demikian itu, terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang-orang yang berakal*” [QS. Ta Ha (20): 54]; “*Dan sesungguhnya pada binatang-binatang ternak, benar-benar terdapat pelajaran yang penting bagi kamu; Kami memberi minum kamu dari air susu yang ada di dalam perutnya, dan (juga) pada binatang-binatang ternak itu terdapat faedah yang banyak untuk kamu, dan sebagian darinya kamu makan*” [QS. Al Mu'minin (23): 21].

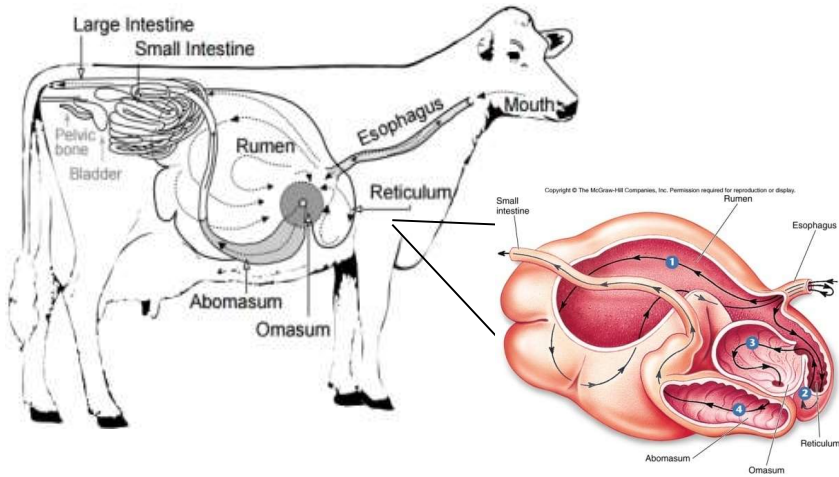
Satu lagi pelajaran menarik untuk dikaji adalah tentang peranan mikroorganisme di dalam sistem pencernaan digestif hewan ternak, khususnya ruminansia. Sistem pencernaan ruminansia menggambarkan bahwa makanan yang masuk ke dalam mulut akan mengalami proses mekanik oleh gigi dan kimiawi dari *saliva* mulutnya. Sapi dapat memproduksi 20-35 galon *saliva* per hari untuk menjaga kelembaban pakan di mulut dan juga mengandung sodium bikarbonat untuk menjaga pH netral (6,5-7,2) yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme yang juga berperan sebagai penghasil enzim pengurai^[82, 83].

Pada tahapan ini, makanan yang banyak mengandung serat akan dipecah secara mekanik dan kimiawi sehingga mudah diproses pada tahapan berikutnya. Makanan tersebut akan masuk melewati esofagus untuk masuk ke dalam lambung yang memiliki 4 bagian, yaitu rumen (perut besar), retikulum (perut jala), omasum (perut kitab), dan abomasum (perut masam) yang ditampilkan pada Gambar 33.

Makanan yang telah diproses awal di mulut akan mengalami proses fermentasi dalam rumen. Makanan hewan ruminansia yang banyak mengandung karbohidrat kompleks seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Seiring perubahan komposisi komponen makanan yang dicerna, maka terjadi pula perubahan nutrisi dan mikroorganisme yang berada di dalam pencernaan tersebut. Karbohidrat (pati) ruminal akan difermentasi oleh bakteri Streptococci dan Lactococci yang menghasilkan asam lemak rantai pendek (short chain fatty acids/SCFAs) dan asam laktat yang menghasilkan penurunan pH ruminal.

Peningkatan produksi asam laktat akan menyebabkan populasi bakteri ruminal pengguna laktat seperti *Megasphaera elsdenii* dan *Selenomonas ruminantium* meningkat seiring adanya peningkatan kemampuan untuk memfermentasi asam laktat membentuk propionat. Pada rumen dan gastrointestinal dideteksi lebih dari 3.000 spesies bakteri yang didominasi oleh

dua filum utama bakteri, yaitu Firmicutes dan Bacteroidetes yang mencapai > 90% dari semua filotipe dan mikroorganisme lain yang belum teridentifikasi.



Gambar 33. Kondisi lambung hewan ruminansia^[84, 85].

Padahal, konsorsium mikroorganisme di dalam rumen terdiri atas protozoa, fungi, dan virus yang jumlah koloninya dapat mencapai 10^{10} - 10^{11} bakteri/mL, 10^4 - 10^6 protozoa/mL, 10^3 - 10^5 fungi anaerobik/mL, serta 10^9 bakteriofage/mL^[82, 86, 87, 88, 89]. Sungguh sangat sulit untuk dibayangkan berapa jumlah mikroorganisme yang mengambil peranan di dalam sistem ruminansia tersebut untuk ukuran sebuah rumen yang mampu menampung 100 hingga 120 Kg (liter) pakan^[84].

Makanan yang telah mengalami proses fermentasi akan kembali ke mulut untuk dikunyah pada saat sapi sedang beristirahat. Selanjutnya, makanan tersebut akan masuk ke dalam retikulum, omasum, dan abomasum. Pada bagian-bagian lambung ini, makanan akan kembali diproses secara fermentatif dan enzimatis agar nutrisi makanan mudah diserap oleh tubuh dan dialirkan bersama darah ke seluruh tubuhnya. Sisa metabolisme berupa ampas makanan akan masuk ke usus dan dibuang melalui anus. Pada proses ini, kotoran akan terpisah dengan sari-sari makanan yang telah diserap dan dialirkan ke seluruh tubuh sehingga sari-sari makanan yang masuk ke aliran tubuh tidak akan bercampur dengan kotoran.

Pada fungsi organ yang lainnya, sari-sari makanan yang bersama darah mengalir di dalam pembuluh-pembuluh darah menuju sel, jaringan, ataupun

organ, salah satunya adalah kelenjar mammae (*mamary gland*). Pada bagian ini, darah yang membawa sari-sari makanan akan diproses menjadi susu dan terpisah susu yang dihasilkan tidak bercampur dengan darah yang membawa sari makanan tersebut. Darah yang mengalir melalui aliran pembuluh darah akan masuk ke dalam alveoli-alveoli yang terdapat di kelenjar susu.

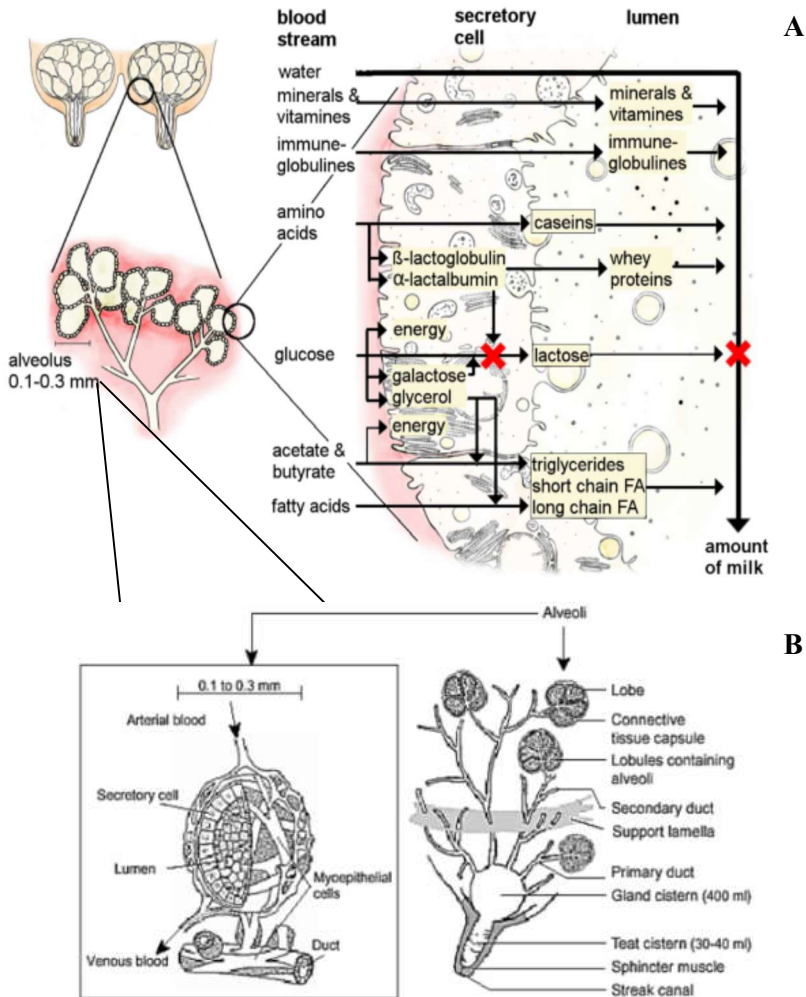
Pada alveoli, terjadi proses yang melibatkan organel-organel sel seperti retikulum endoplasma, ribosom, dan juga kompleks golgi. Laktosa alveolar akan memengaruhi tekanan osmotik antara darah dengan alveoli dan mengatur jumlah cairan yang masuk ke dalam alveoli.

Beberapa substansi seperti mineral, immunoglobulin, dan vitamin akan melewati membran sel secara langsung dari darah masuk ke lumen via protein transpor. Aktivitas protein transpor ini akan meningkat pada saat produksi susu mulai meningkatkan serapan air ke sel sekretori kelenjar susu. Substansi seperti laktosa, protein, dan lemak akan disintesis di dalam sel sekretori dari komponen glukosa, asam amino, trigliserida, atau asam lemak. Proses pemisahan darah dan sari-sari makanan sehingga dapat menjadi susu ditampilkan pada Gambar 34.

Laktosa disintesis langsung dari glukosa darah dan juga galaktosa yang disintesis dari glukosa akan dirombak oleh enzim sintesis laktosa yang terdiri atas galactosyltransferase dan α -lactalbumin (disintesis dari glukosa) yang terdapat di dalam kompleks golgi sel sekretori mamari. Pada mekanisme selanjutnya, laktosa berperan mengatur jumlah air pada susu.

Substansi lainnya yang diproses adalah asetat, butirat, dan asam lemak yang diubah menjadi energi serta trigliserida maupun asam lemak rantai panjang atau pendek sebagai komponen susu (Gambar 34A). Selanjutnya cairan susu yang telah terbentuk di alveoli akan mengalir melalui saluran utama (*primay duct*) dan menuju kelenjar penampung (*gland cistern*) pada ambing. Pada proses selanjutnya, susu akan dialirkan ke saluran susu (*teat cistern*) dan *streak canal* yang menjaga agar susu tetap berada di dalam salurannya sampai tiba waktu untuk diperah, dikeluarkan dari kelenjar susu, dan kemudian siap untuk dikonsumsi (Gambar 34B).

Perjalanan proses yang tidak singkat ini tidak terjadi tanpa aturan, akan tetapi dibangun dengan suatu sistem yang kompleks dan melibatkan banyak proses, baik secara mekanik maupun kimiawi. Hasil dari proses ini menghasilkan suatu produk minuman berupa susu bersih yang tidak tercampur antara kotoran dan darah sehingga mudah untuk diminum.



Gambar 34. *The process of milk secretion of a cow (A) and alveoli and ducts form the milk secretory system (B)*^[90, 91].

Rangkaian mekanisme inilah yang menjadi pelajaran bagi manusia sebagaimana diungkapkan di dalam QS. An Nahl (16): 66, “Dan sesungguhnya pada binatang ternak itu benar-benar terdapat pelajaran bagi kamu. Kami memberimu minuman dari apa yang berada di dalam perutnya (berupa) susu

yang bersih antara kotoran dan darah, yang mudah ditelan bagi orang-orang yang meminumnya”.

Selain itu, pelajaran luar biasa yang dapat direnungkan adalah peranan mikroorganisme yang terdapat di dalam sistem pencernaan tersebut. Sungguhnyanya keseluruhan ini adalah wujud tegas atas eksistensi Allah dengan segala ilmu, keinginan, kehendak, kekuasaan, dan kehebatan-Nya di dalam urusan menciptakan dan mengatur kehidupan ini.

D. Tentang Kesehatan

Beberapa ayat dalam Al-Qur'an secara eksplisit maupun implisit menjelaskan tentang kesehatan. Allah menurunkan dari Al-Qur'an suatu yang menjadi penawar dan rahmat bagi orang-orang beriman [QS. Bani Israil (17): 82]. Al-Qur'an menjadi suatu materi pelajaran yang berasal dari Allah dan penyembuh penyakit serta menjadi petunjuk dan rahmat bagi orang-orang beriman [QS. Yunus (10): 54].

Salah satu contoh dari ayat yang secara eksplisit Allah jelaskan tentang kesehatan adalah QS. An Nahl (16): 69, yaitu madu sebagai obat bagi manusia. Namun pada diskusi ini tidak membahas hal tersebut, tetapi lebih difokuskan untuk mengeksplorasi fungsi kesehatan yang dapat diperoleh dari mikroorganisme. Secara tidak langsung, mikroorganisme terlibat di dalam proses produksi madu. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan, peran serta mikroorganisme di dalam bidang kesehatan semakin banyak ditemukan.

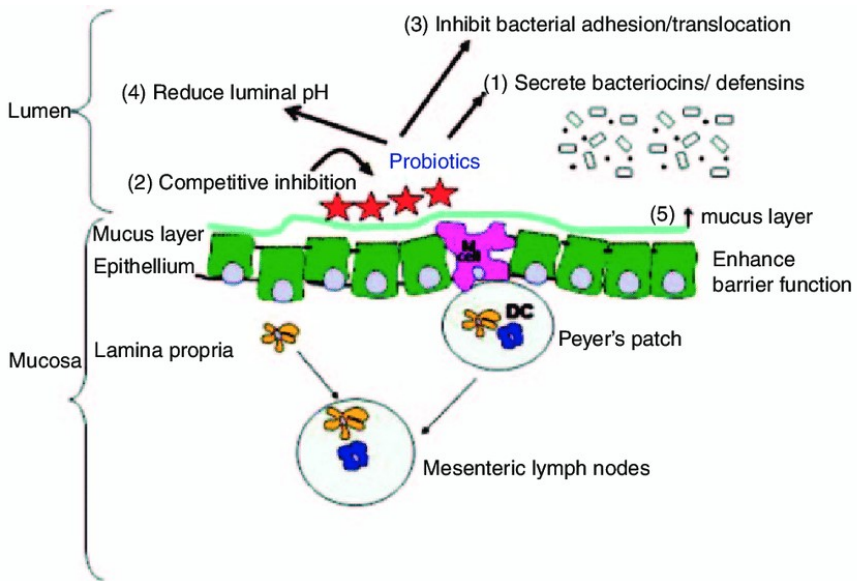
Allah telah menjelaskan bahwa segala sesuatu yang ada di langit dan di bumi maupun di antara keduanya adalah ciptaan-Nya. Tidaklah Allah menciptakan ini semua dengan sia-sia dan main-main, maka konsekuensi logisnya adalah mikroorganisme pasti diciptakan dengan tidak sia-sia. Berbagai manfaat telah banyak dijelaskan, baik dalam bidang makanan dan minuman hingga berperan pada proses dekomposisi dan detoksifikasi.

Mikroorganisme juga memiliki manfaat di dalam bidang kesehatan. Sejumlah mikroorganisme seperti bakteri, fungi, virus, dan protozoa menghasilkan bahan patogenik dan virulen yang menyebabkan sakit bagi makhluk hidup. Akan tetapi di sisi lainnya, keseluruhan jenis mikroorganisme tersebut dapat dimanfaatkan dalam pencegahan penyakit.

Probiotik adalah salah satu produk dari mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk memperbaiki sistem pencernaan dan imunostimulan. Probiotik sebagai mikroorganisme hidup mampu memperbaiki keseimbangan mikroflora di dalam saluran pencernaan sehingga mampu membantu metabolisme di dalam saluran pencernaan. Dengan demikian, proses fisik dan

biokimiawi di dalam sistem pencernaan untuk proses penguraian makanan dan penyerapan sari makanan menjadi lebih efektif.

Probiotik juga berperan pada sistem imun tubuh, yaitu menstimulasi dan memperkuat kekebalan tubuh. Mekanisme kinerja probiotik di antaranya (1) aktivitas antimikroba, yaitu penurunan nilai pH luminal, mengeluarkan peptida antimikroba, menghambat invasi bakteri, mencegah penempelan bakteri pada sel epitel; (2) peningkatan fungsi selaput pembatas, yaitu melalui peningkatan produksi lendir atau mucus dan peningkatan integritas selaput pembatas; (3) efek imunomodulasi pada sel epitel, yaitu pada sel epitelia, sel dendrit, dan peningkatan efek monosit/makrofag pada limfosit B, sel NK, sel T, dan redistribusi sel T (Gambar 35).



Gambar 35. *Inhibition of enteric bacteria and enhancement of barrier function by probiotic bacteria. Schematic representation of the cross-talk between probiotic bacteria and the intestinal mucosa. Antimicrobial activities of probiotics include the (1) production of bacteriocins/defensins, (2) competitive inhibition with pathogenic bacteria, (3) inhibition of bacterial adherence or translocation, and (4) reduction of luminal pH. Probiotic bacteria can also enhance intestinal barrier function by (5) increasing mucus production^[92].*

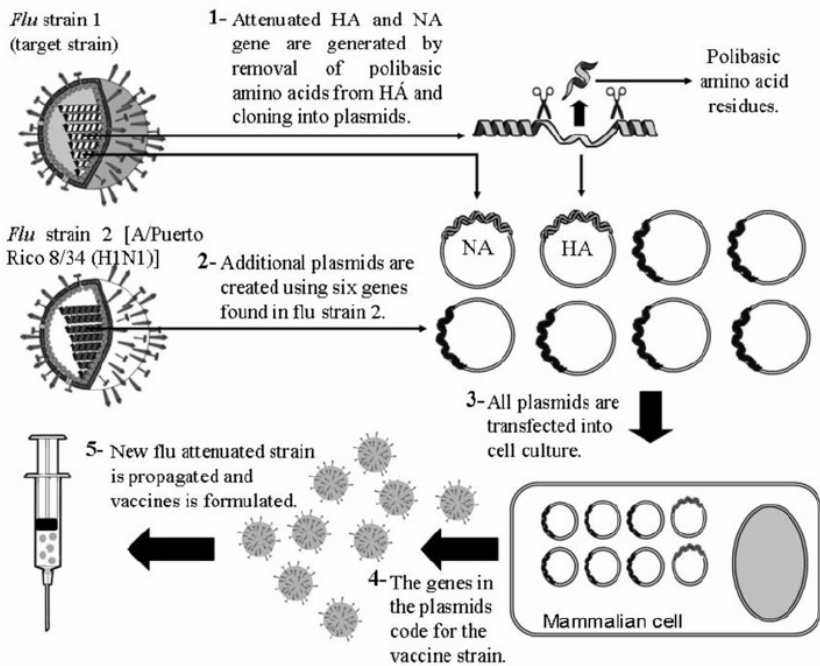
Penguatan daya tahan tubuh atau sistem imunitas juga dapat dilakukan oleh mikroorganisme dalam bentuk vaksin, yaitu sel utuh maupun komponen

sel mikroorganisme yang diinaktifkan. Perbedaan yang mendasar dari vaksin dibandingkan dengan probiotik adalah proses pembuatan vaksin. Pada proses pembuatan vaksin tersebut, sel utuh maupun komponen sel sumber penyakit dilemahkan atau diinaktivasi sifat patogenisitas atau virulensinya. Hal tersebut bertujuan ketika vaksin dimasukkan ke dalam tubuh inang, maka akan terjadi respon imun tubuh berupa pengenalan terhadap benda asing (antigen) tersebut sehingga dapat memacu peningkatan produksi komponen imunitas. Dengan demikian, pada saat terjadi invasi sebenarnya dari antigen, maka tubuh akan memproduksi lebih banyak lagi komponen imunitas untuk mengeliminasi penyakit tersebut. Salah satu contoh mekanisme pembuatan vaksin, yaitu vaksin flu ditampilkan pada Gambar 36.

Berbagai manfaat yang telah disampaikan merupakan sedikit gambaran umum peranan mikroorganisme. Hasil-hasil penelitian yang telah dipublikasikan masih sangat terbatas untuk mengungkapkan semua manfaat dari kelompok dan spesies mikroorganisme. Hal tersebut disebabkan kapasitas dan kemampuan manusia untuk mengeksplorasi ilmu pengetahuan sangatlah sedikit di antara Maha Luasnya ilmu Allah yang tersebar di alam semesta ini.

Kemampuan diri manusia dan pengetahuan yang dimiliki untuk mengungkapkan misteri mikroorganisme di tanah, air, dan udara di bumi ini saja tidak mampu mendeskripsikannya dengan sempurna. Apalagi, mikroorganisme yang ada di jagad alam yang bukan hanya terbatas di bumi saja. Pada saat ini, *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) juga sedang mempelajari resiliensi kehidupan di luar Planet Bumi, yaitu Planet Mars.

Salah satu mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mengetahui kondisi di planet itu adalah bakteri *Paenibacillus xerothermodurans*^[94]. Bakteri ini diharapkan dapat menjadi sebuah *pilot project* untuk mengetahui sifat tahan organisme, khususnya mikroorganisme pada kondisi ekstrem sehingga dapat menjadi acuan sifat resiliensi bagi organisme lainnya. Berbagai penelitian yang dilakukan akan memberikan banyak informasi terkait peranan mikroorganisme di dalam eksistensi kehidupan dan lingkungan biosfernya.



Gambar 36. Schematic diagram of the reverse genetic strategy to produce candidate vaccines against pandemic flu viruses^[93].

Pelajaran tentang mikroorganisme dan peranannya memang luar biasa dan menyisakan ketakjuban demi ketakjuban hingga rasa penasaran dan ingin tahu yang semakin berlebih pada setiap kesempatan untuk mengenalnya. Berbagai penelitian yang telah diungkapkan oleh para peneliti dari berbagai penjuru dunia ini sepertinya belum mampu menjelaskan secara komprehensif tentang mikroorganisme.

Catatan penting yang dapat dipelajari dari pemanfaatan mikroba adalah mikroorganisme yang hidup dan berkembang di dalam lingkungan yang tersembunyi sehingga menjadikan mikroorganisme tersebut terlihat seperti sesuatu yang abstrak. Sesaat mikroorganisme yang tidak tampak kasat mata, namun sangat berperan di dalam kehidupan memang tampak “gaib”. Namun hal tersebut tampak jelas oleh Allah karena pada sisi Allah-lah kunci-kunci semua yang gaib itu, tidak ada yang mengetahuinya kecuali Dia.

Allah telah menjelaskan “Dan pada sisi Allah-lah kunci-kunci semua yang gaib; tidak ada yang mengetahuinya kecuali Dia sendiri, dan Dia mengetahui apa yang di daratan dan di lautan, dan tiada sehelai daunpun yang

gugur melainkan Dia mengetahuinya (pula), dan tidak jatuh sebutir bijipun dalam kegelapan bumi, dan tidak sesuatu yang basah atau kering, melainkan tertulis dalam kitab yang nyata (lawh mahfudz)” [QS. Al An’am (6): 59].

Pada konteks pemaknaan yang lebih mendalam terkait sesuatu yang gaib, “*Dan mereka bertanya kepadamu tentang roh. Katakanlah, “roh itu termasuk urusan Tuhanku, dan tidaklah kamu diberi pengetahuan melainkan sedikit”*” [QS. Bani Israil (17): 85]. Apabila dianalogikan sifat mikroorganisme yang “gaib” karena tidak dapat diamati secara langsung dengan kasat mata, maka pengetahuan yang diberikan Tuhan tentang mikroorganisme juga sedikit. Pemahaman makna tersebut dapat disikapi ketika keberadaan mikroorganisme dipandang juga dari sudut keimanan.

Kehidupan mikroorganisme yang telah berhasil diungkap hanyalah sedikit dari ilmu pengetahuan tentang kehidupan mikroorganisme itu sendiri. Pelajaran tentang sesuatu yang “gaib” terkait mikroorganisme sepatutnya menyebabkan iman menjadi semakin bertambah. Orang yang beriman atas yang “gaib” itu merupakan kriteria bagi mereka yang bertakwa.

Pengetahuan tentang sesuatu yang gaib menandakan bahwa sesungguhnya tidak ada sesuatu dan seorangpun yang mampu menandingi keilmuan dan pengetahuan Allah. Di sisi lain, Allah memberikan kesempatan kepada manusia untuk mempelajari pengetahuan tersebut dengan cara mentadaburi Al-Qur’an. Al-Qur’an merupakan induk kitab pengetahuan yang benar-benar tinggi nilainya dan banyak mengandung hikmah [QS. Az Zukhruf (43): 4].

Al-Qur’an menjadi media untuk menjadi orang beriman. “*Alif Lam Mim. Kitab (Al-Qur’an) ini tidak ada keraguan padanya; petunjuk bagi mereka yang bertakwa. (Yaitu) mereka yang beriman kepada yang gaib¹⁸, yang mendirikan salat, dan yang menafkahkan sebagian rezeki yang Kami anugerahkan kepada mereka. Dan mereka yang beriman kepada kitab (Al-Qur’an) yang telah diturunkan kepadamu dan kitab-kitab yang telah diturunkan sebelumnya, serta mereka yakin akan adanya kehidupan akhirat. Mereka itulah yang tetap mendapat petunjuk dari Tuhan mereka, dan merekalah orang-orang yang beruntung”* [QS. Al Baqarah (2): 1-5].

Pada catatan kaki nomor 18 dijelaskan bahwa gaib itu diartikan sebagai sesuatu yang tidak dapat ditangkap oleh panca indra seperti adanya Allah, malaikat, hari akhirat, dan sebagainya. Penganalogian mikroorganisme “sama gaib”nya dengan Allah, malaikat, hari akhirat, dan sebagainya mungkin tidaklah tepat.

Akan tetapi, pada substansi bahwa mikroorganisme adalah makhluk yang tidak dapat ditangkap oleh panca indra tanpa bantuan instrumen mikroskop, maka mikroorganisme tersebut dapat dikatakan “gaib”. Dengan demikian untuk melihat sesuatu yang gaib di dalam tujuan ber-Tuhan, maka diperlukan juga instrumen untuk membantu melihat yang gaib tersebut. Instrumen itu adalah iman. Instrumen iman akan membuka hijab penghalang untuk mengetahui sesuatu yang gaib itu. Instrumen iman menyibak tabir antara dimensi nyata dan gaib. Instrumen iman menuntun pada kemurnian tauhid atas eksistensi Tuhan. Instrumen iman yang sebenarnya bukan divisualisasikan secara fisik, namun dirasakan dalam ketenangan jiwa.

Orang-orang yang menjaga kemurnian imannya, sangat mungkin diberikan kemudahan oleh Allah untuk melihat hal-hal yang gaib. Meskipun diberi akses tersebut, pengetahuan akan hal itu sangatlah sedikit diberikan-Nya sebagaimana dijelaskan di dalam QS. Bani Israil (17): 85. Keistimewaan itu dijadikan sebagai sarana memperkuat keimanan dan ketakwaannya. Dengan demikian, sungguh apa yang telah dijelaskan di dalam QS. Al Baqarah (2): 5 bahwa *“Mereka itulah yang tetap mendapat petunjuk dari Tuhan mereka, dan merekalah orang-orang yang beruntung”* adalah suatu kebenaran.

Kebenaran-kebenaran filosofi dan fakta ilmiah yang ada di dalam Al-Qur’an seharusnya menjadi wasilah bagi turunnya rahmat Allah dan masuknya hidayah ke dalam hati manusia karena mereka itulah orang yang terpilih. *“Mereka itulah orang-orang yang diberi nikmat oleh Allah, yaitu para nabi dari keturunan adam, dan dari orang-orang yang Kami angkat bersama Nuh, dan dari keturunan Ibrahim dan Ismail, dan dari orang-orang yang telah Kami beri petunjuk dan telah Kami pilih. Apabila dibacakan-ayat-ayat Allah Yang Maha Pemurah kepada mereka, maka mereka menyungkur dengan bersujud dan menangis”* [QS. Maryam (19): 58].

Mereka yang terpilih itu adalah ulama, yaitu orang-orang yang berilmu [QS. Fatir (35): 28]. Orang-orang yang diberikan ilmu sangat mengetahui bahwa ilmu yang dititipkan kepadanya hanyalah sedikit sekali dibandingkan dengan ilmu Allah. Ilmu yang ada pada dirinya mengantarkan pada kekosongan dan kefakiran ilmu itu sendiri.

Mereka mengetahui bahwa sesungguhnya Allah pemberi pemahaman ilmu dan Dia adalah pemilik dari segala macam ilmu. Ketiadapunyaan ini menyebabkan mereka takut akan adanya perasaan memiliki dan takjub atas kemampuan dirinya sendiri. Mereka meyakini bahwa tidak ada kemampuan, jika bukanlah karena Allah yang memampukannya. Mereka yakin bahwa tiada kepintaran, jika bukanlah karena Allah yang membuat dirinya pintar. Pada

keadaan itu, muncul lah kekuatan kalimat “*la hawla wa laa quwwata illa billah*”. Suatu bentuk kepasrahan total atas perlindungan dan pertolongan Allah. Mereka berjihad dengan sebenar-benarnya jihad, termasuk dengan ilmu pengetahuan yang ada pada diri mereka. Mereka berpegang teguh pada tali Allah. Mereka menjadikan Allah sebagai pelindung karena Dia sebaik-baiknya pelindung dan sebaik-baiknya penolong [QS. Al Hajj (22): 78].

Sungguh bersyukurlah mereka yang diberikan pemahaman dalam ilmu pengetahuan dan berpegang teguh pada keyakinan atas dasar pemahaman itu. Mereka menjadikan diri dan pengetahuan yang diketahuinya sebagai sebuah manifestasi kebesaran Tuhan yang tidak terbantahkan. Mereka hadir bukan sebagai diri yang pintar atas penguasaan pengetahuan, namun mereka datang dengan diri yang menjembatani ilmu-ilmu Allah untuk disampaikan kepada pribadi-pribadi lainnya.

Sungguh keterbatasan pada diri manusia untuk melihat keberadaan Allah bukan berarti menjadikan diri tidak mampu mengenal-Nya. Alam semesta yang nyata ini dan misteri kehidupan yang ada di dalamnya, termasuk tentang mikroorganisme menjadi bukti adanya Sang Pencipta Yang Mahakuasa dengan segala kehendak penciptaan. Oleh karena itu, pengenalan terhadap segala ciptaan-Nya adalah dalam rangka untuk mengenal diri-Nya.



Diversitas Mikroba

Pelajaran tentang diversitas mikroba adalah satu titik balik logika berpikir tentang Tuhan dan segala ciptaan-Nya. Segala makhluk hidup yang ada di alam ini diciptakan hanya dengan mengkombinasikan basa-basa nitrogen A, T/U, G, C di dalam struktur DNA ataupun RNA sehingga menjadi individu yang berbeda dengan individu lainnya.

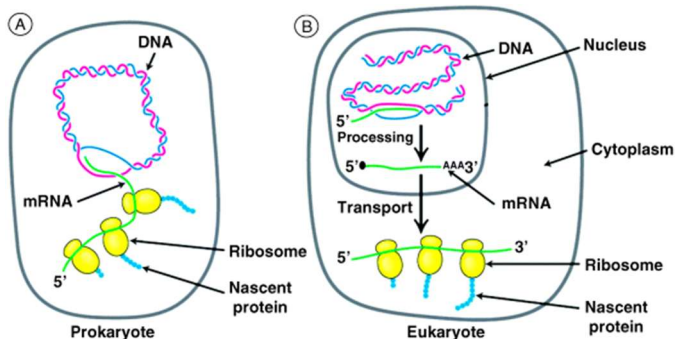
Al-Qur'an telah menjelaskan tentang adanya berbagai jenis dan ragam makroorganisme. Ini hanyalah perumpamaan yang pada hakikatnya semua makhluk hidup memiliki variasi dan tidak ada yang sama, terlebih ditinjau dari aspek genetik. Ini adalah kehendak-Nya, Dia adalah Allah yang berkuasa atas semuanya.

Berbagai penelitian telah menerangkan banyak data dan informasi ilmiah tentang kehidupan mikroorganisme. Mulai dari bentuk dan ukuran, sifat dan karakter, pemanfaatan, hingga ke sistem metabolismenya. Salah satu yang dapat disimpulkan dari uraian tersebut adalah mikroorganisme memiliki diversitas yang sangat beragam.

Keragaman tersebut dipengaruhi oleh susunan materi genetik atau asam nukleat terdiri atas *deoxyribonucleic acid* (DNA) dan *ribonucleic acid* (RNA). Materi genetik berupa DNA dan RNA adalah pembawa sifat dan informasi genetik yang diwariskan dari satu generasi ke generasi penerusnya. Hubungan kekerabatan suatu organisme dapat diketahui dengan melacak susunan materi genetik, baik DNA atau RNA.

Organisme prokariot maupun eukariot memiliki materi genetik berupa DNA dan RNA. Pengelompokan organisme prokariot dan eukariot didasarkan pada membran inti sel yang sejati sebagai tempat untuk memperoleh materi genetiknya. Pada prokariot tidak memiliki membran inti sel (membran nukleus) yang menyelubungi inti sel sehingga materi genetik tersebut tersebar di sitoplasma.

Sedangkan pada organisme eukariot, inti sel berada di dalam membran inti sel yang menyelubungi materi genetik tersebut. Hal tersebut yang menjadi prinsip dasar pengelompokan kedua kelompok organisme. Gambaran sederhana struktur organel sel dari organisme prokariot dan eukariot ditampilkan secara skematis sebagaimana pada Gambar 37.



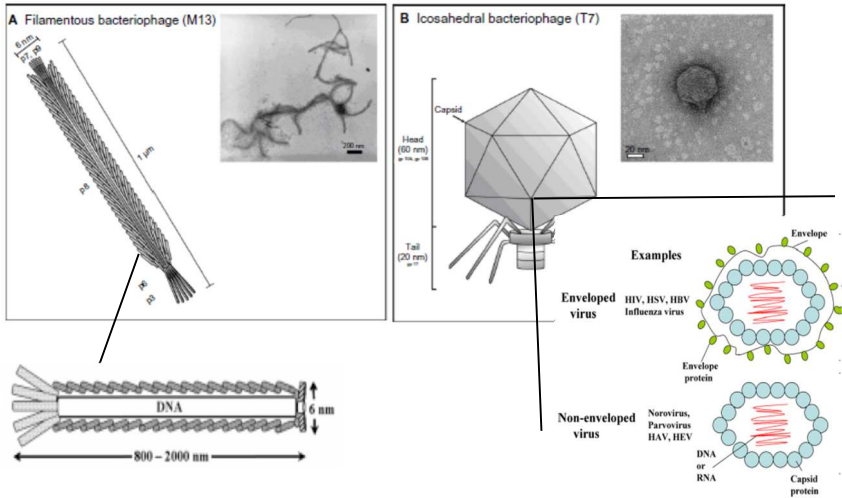
Gambar 37. Cell structure of prokaryotes and eukaryotes and regulation of gene expression in prokaryotes and eukaryotes A) Cotranslational transcription in prokaryotes; B) In eukaryotes, the primary transcript is processed to produce a capped and polyadenylated mRNA, which is transported from the nucleus to the cytoplasm for protein biosynthesis^[95].

Selain organisme prokariot ataupun eukariot, virus juga memiliki materi genetik. Oleh karena virus adalah organisme antara (metaorganisme), maka virus tidak dikelompokkan ke dalam organisme prokariot dan eukariot. Meskipun demikian, struktur materi genetik virus sama dengan organisme prokariot atau eukariot, yaitu DNA dan RNA. Namun, materi genetik virus hanya berupa DNA atau RNA saja sehingga virus dikelompokkan sebagai virus DNA atau virus RNA dan kedua virus tersebut akan membentuk protein yang dapat bersifat virulen terhadap sel inangnya.

Virus tidak memiliki membran inti sel sebagaimana organisme eukariot. Namun, virus juga tidak sama dengan organisme prokariot yang materi genetiknya tersebar di sitoplasma. Pada virus yang memiliki struktur sederhana seperti virus filamen (filamentous virus), materi genetiknya merupakan filamen itu sendiri. Pada virus yang memiliki struktur lebih kompleks seperti dicontohkan oleh *Icosahedral bacteriophage*, materi genetiknya dapat ditemukan di dalam selubung tertentu seperti kapsid. Secara skematis, gambaran virus dan tempat disimpannya materi genetik ditampilkan pada Gambar 38.

Meskipun antara organisme prokariot, eukariot, maupun metaorganisme terdapat perbedaan tempat materi genetik ditemukan dan keberadaan membran inti selnya, tetapi pada prinsipnya substansi penyusun materi genetik atau asam nukleatnya adalah sama, yaitu DNA dan/atau RNA. Asam nukleat yang menyusun DNA dan RNA terdiri atas gula, fosfat, dan basa-basa nitrogen.

Pada materi genetik DNA, komponen penyusun struktur molekulnya adalah gula dioksiribosa, fosfat, dan basa-basa nitrogen seperti adenin (A), thimin (T), guanin (G), dan cytosin (C). Pada materi genetik RNA, komponen penyusun struktur molekulnya adalah gula ribosa, fosfat, dan basa-basa nitrogen seperti adenin (A), urasil (U), guanin (G), dan cytosin (C). Jenis gula serta basa thimin (T) atau urasil (U) merupakan molekul pembeda antara DNA dan RNA. Struktur geometrikal dari komponen penyusun asam nukleat, baik DNA atau RNA ditampilkan pada Gambar 39.



Gambar 38. Representative model of virus; A) schematic representation of M13, a representative filamentous bacteriophage (inset: transmission electron microscopy image of multiple M13 bacteriophages). (B) Schematic representation of T7, a representative Icosahedral bacteriophage (inset: transmission electron microscopy image of a single T7 bacteriophage). Reprinted with permission from Mao C, Liu A, Cao B. Virus-based chemical and biological sensing. *Angew Chem Int Ed Engl.* 2009;48(37):6790-6810. Copyright 2009 John Wiley and Sons^[96, 97, 98].

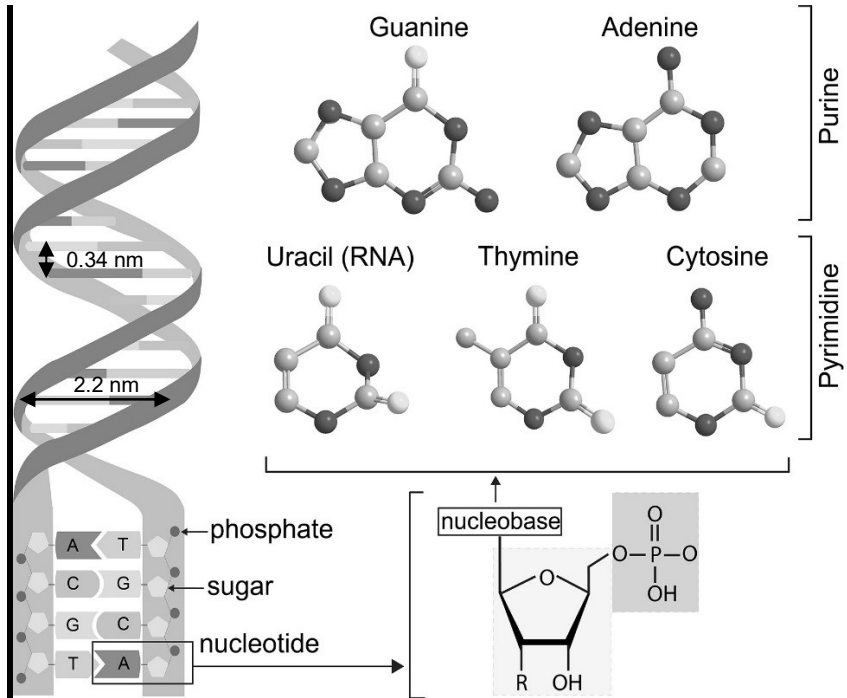
Components of Nucleic Acids

	DNA only	DNA & RNA		RNA only
Nitrogen Bases	<chem>Cc1cnc(=O)[nH]c1=O</chem> Thymine	<chem>Nc1ncnc2[nH]cnc12</chem> Adenine	<chem>Nc1nc2[nH]cnc2c(=O)[nH]1</chem> Guanine	<chem>O=c1cc[nH]c(=O)[nH]1</chem> Uracil
Sugars & Phosphate	<chem>O[C@H]1CC[C@@H](O)[C@H](O)[C@@H]1O</chem> 2-Deoxyribose	<chem>O=P(O)(O)O</chem> Phosphate		<chem>O[C@H]1CC[C@@H](O)[C@H](O)[C@@H]1O</chem> Ribose

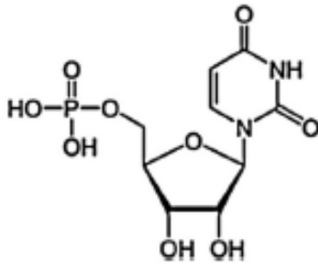
Gambar 39. Geometrical structure of different components of DNA or RNA^[99].

Selain pada komponen molekul penyusunnya, DNA dan RNA dapat dibedakan berdasarkan bentuk untaian molekul yang menyusunnya. Untaian

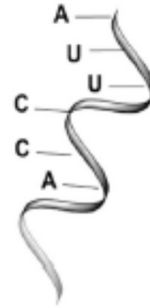
DNA bersifat untai ganda (*double helix* atau *double stranded chain*) yang berpilin berpasangan antara kelompok basa nitrogen purin (guanin dan adenin) dan pirimidin (timin dan cytosin). Basa guanin akan berpasangan dengan cytosin (G-C) serta basa adenin akan berpasangan dengan timin (A-T) (Gambar 40). Sedangkan, untai RNA bersifat untai tunggal (*single stranded chain*) yang juga dapat terbentuk dari pemutusan ikatan *double stranded chain* DNA (Gambar 41).



Gambar 40. DNA consists of a double-stranded chain of nucleotide links with each nucleotide composed of a pentose sugar molecule, a phosphate group, and a nucleobase^[100, 101].



Uracil 5' monophosphate nucleotide

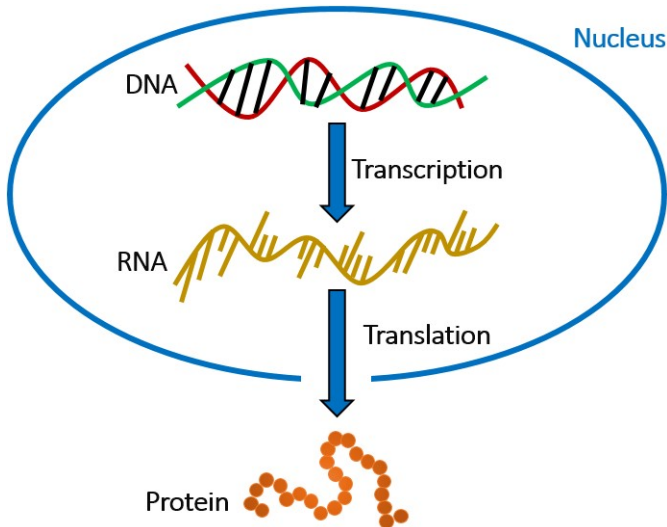


Single structure

Gambar 41. *Structural characteristic of RNA. RNA differs from DNA in the nucleotide uracil, as a thymine exists in DNA, as well as the constituent sugar molecule that is a ribose in RNA and a deoxyribose in DNA. DNA molecules take a double helix structure, while RNA molecules are originally synthesized as single-strand^[102].*

Struktur materi genetik terlihat sangat sederhana karena hanya disusun dari tiga komponen saja. Namun, fungsi materi genetik sangat vital bagi kehidupan organisme. Materi genetik merupakan penanda genetik (*blue print*) kehidupan suatu organisme, pembawa sifat keturunan dari satu induk ke keturunannya, serta pembeda satu organisme dengan yang lainnya sehingga membentuk keragaman atau diversitas organisme.

Pada saat mempelajari materi genetik, ada hal menarik yang layak untuk dikaji dan didiskusikan. Materi genetik yang disusun oleh komponen sederhana dan mudah untuk diingat, yaitu A, T/U, G, dan C ternyata menyimpan kode kehidupan yang sangat kompleks. Setiap individu memiliki kombinasi yang berbeda antara satu individu dengan individu lainnya seperti terlihat pada sekuens materi genetiknya. Kombinasi-kombinasi dari urutan basa-basa akan merepresetasikan jenis-jenis asam amino dan kumpulan asam-asam amino itu akan menghasilkan protein tertentu (Gambar 42).



Gambar 42. Overview of the central dogma shows the flow of genetic information inside a biological system. In order to make protein, a cell first transcribes genetic information from DNA onto a temporary template of RNA. Then each RNA translates a set of specific information for synthesis of a particular protein^[101]

Urutan basa-basa nitrogen dari materi genetik bukan hanya menjelaskan protein yang terbentuk. Namun, kombinasi urutan basa tersebut dijadikan salah satu dasar untuk mengidentifikasi organisme. Keragaman genetik makhluk hidup dapat dilihat dari hasil identifikasi molekulernya, yaitu berupa DNA atau RNA. Sedangkan DNA atau RNA merupakan untaian basa-basa nitrogen yang tersusun sebagai hasil dari suatu kombinasi yang kompleks dan sempurna.

Salah satu contoh adalah *Eschericia coli*, yaitu kelompok mikroflora yang secara alami banyak ditemukan di saluran gastrointestinal manusia dan hewan. Bakteri *E. coli* yang juga dikenal sebagai *bacterium coli commune* berperan untuk membantu proses penguraian makanan di dalam saluran pencernaan. Namun pada kondisi tidak normal, pertumbuhan *E. coli* tidak terkendali sehingga dapat menyebabkan sakit di saluran pencernaan. Selain sebagai mikroflora di saluran pencernaan, *E. coli* dapat ditemukan di tanah dan air akibat adanya kontaminasi feces hewan atau manusia^[103, 104]. Oleh karena itu, *E. coli* dijadikan sebagai salah satu indikator lingkungan tercemar.

Pada Gambar 42 ditampilkan salah satu contoh hasil analisis sekuens yang diperoleh dari genbank di *National Center for Biotechnology Information*

(NCBI) yang menggambarkan keragaman jenis bakteri *E. Coli* berdasarkan basa-basa nitrogen penyusun materi genetiknya.

	Description	Ident	Accession
<input checked="" type="checkbox"/>	Escherichia coli strain AR_0128, complete genome	100%	CP021722.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Escherichia coli strain AR_0151, complete genome	100%	CP021691.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain AR_0162, complete genome	100%	CP021683.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain AR_0119, complete genome	100%	CP021535.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain AR_0149, complete genome	100%	CP021532.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain 1031, complete genome	100%	CP019560.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain 207, complete genome	100%	CP019558.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli isolate 64, complete genome	100%	CP018840.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain 9, complete genome	100%	CP018323.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain FAM21845, complete genome	100%	CP017220.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Shigella sonnei strain 75/02, complete genome	100%	CP019689.1
<input type="checkbox"/>	Shigella sonnei strain 2015AM-1099, complete genome	100%	CP021144.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain 5CRE51, complete genome	100%	CP021175.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain CH611, eco genome	100%	CP017980.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain 2016C-3936C1, complete genome	100%	CP018770.2
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain HST04, complete genome	100%	CP013952.1
<input type="checkbox"/>	Escherichia coli strain BLR(DE3), complete genome	100%	CP020368.1

Gambar 42. Hasil *blasting* sekuens bakteri *E. coli*^[105].

Pada Gambar 42 diperoleh penjelasan bahwa bakteri *Escherichia coli* O104:H4 str. 2011C-3493 menunjukkan kemiripan dengan bakteri *E. coli* strain AR_0128, *E. coli* strain AR_0151, dan jenis *E. coli* lainnya serta bakteri dari spesies berbeda seperti *Shigella sonnei* strain 75/02 dan *S. sonnei* strain 2015AM-1099. Masing-masing strain memiliki sekuens materi genetik yang tidak identik karena dipengaruhi oleh susunan basa-basa nitrogen yang berbeda. Bahkan sangat mungkin, satu strain atau spesies tertentu akan dapat memiliki kedekatan dengan strain atau spesies lainnya dibandingkan dengan spesies atau genusnya sendiri.

Hasil sekuens yang dicontohkan berikut adalah sekuens genom lengkap dari bakteri *E. coli* O104:H4 str. 2011C-3493 yang terlihat memiliki kemiripan 100% dengan *E. coli* strain AR_0128, *E. coli* strain AR_0151, *S. sonnei* strain

75/02, atau lainnya. Hasil sekuens ini diperoleh dari bank gen yang telah mengkolleksi banyak gen-gen organisme hasil penelitian.

>NC_018658.1 *E. coli* O104:H4 str. 2011C-3493 chromosome, complete genome

CATTATCGACTTTTGTTTCGAGTGGAGTCCGCCGTGTCACTTTCGCTT
TGGCAGCAGTGTCTTGCCCGATTGCAGGATGAGTTACCAGCCACAG
AATTCAGTATGTGGATACGCCATTGCAGGCGGAACCTGAGCGATA
ACACGCTGGCCCTGTACGCGCAAACCGTTTTGTCCTCGATTGGGT
ACGGGACAAGTACCTTAATAATATCAATGGACTGCTAACCGATTTT
TGCGGAGCGGATGCCCCACAGCTGCGTTTTGAAGTCGGCACAAA
CCGGTGACGAAACGCCACAAGCGGCAGTGACGAGCAACGTCGCG
GCCCTGCACAGGTGGCGAAACGCAGCCGCAACGTG

>CP021722.1 *E. coli* strain AR_0128, complete genome

AGGGCACCGATACCGACGCCGACGAACTGAACGCAGCAGGCGTTA
CCACGCTGATCAAGCAGGACGGCTACCGCATCTGGGGATCGCGTA
CCTGCGACGCGAAACGTATATCTTCGAAAGCTATACCCGAACCG
CGCAGATAGTTGCGGATACCGTCGCCGAAGCCATTTGCGCTATGT
TGATAAACCGCTTACCCCGTCGCTGGTAAAGGACATTGTGGACGGC
ATCAATAAGAAGCTGACCTCATACTGACGGCTGGCAAGCTGCTG
GGCGCCCGCTGCTGGTATGACCCGGAACCGAATACCTCGGAAACC
CTGCGCAATGGTCAACTGACCATTAAGTACAACCTACACC

>CP021691.1 *E. coli* strain AR_0151, complete genome

AAGATGACCAAAAGAAAAACCCCGACATTTCTGCCCGGGGTT
TGTTTATTTCTGCGAGGTGCAGGGCAATTACATCATGCCGCCATG
CCACCCATGCCGCCATACCGCCAGCAGCGCCTAAGTCAGCTGCAT
CATTTTTCGGCAGGTGCGGTAACCATGCACTCGGTGGTGATCATCAG
GCCAGCCACAGAAGCCGCGTACTGCAGAGCAGAACGGGTTACTTT
GGTTGGGTCCAGGATACCCATGTGATCATGTTGCCGTATTCTTCG
GTTGCTGCGTTGTAACCGTAGTTGCCGTCGCCGCTTTAACGGTGT
TAGCAACAACAGACGGTCTTTCGCCGCAGTTCAGGAC

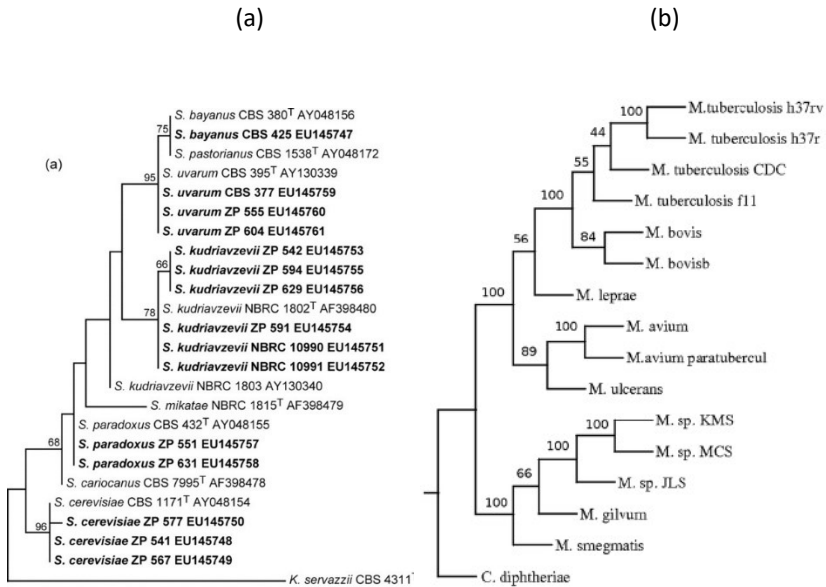
>CP019689.1 *S. sonnei* strain 75/02, complete genome

```
AGAAACAGCCTAGTTTCATTACAAAATTGTAATGCTGCTGTAAGGTT
ACCCTGGCCGCTTTTTTCGCTATCCTCAAAACTCATTACATGACAA
GGATATAAACATGTAAAGCGTTATTTAGTACTCTCCGTAGTAACG
GCAGCATTTTCATTACCTTCTTTGGTTTATGCCGCACAACAAAACA
TTCTTAGCGTGCACATTTTGAACCAGCAAACCGGAAAACCCGCTGC
CGACGTGACAGTCACTCTTGA AAAAGAAAGCGGACAACGGCTGGTT
ACA ACTTAATACCGCCAAAACAGATAAGGATGGACGAATTAAGGC
ACTGTGGCCCGAGCAA ACTGCAACTACGGGCGATTAC
```

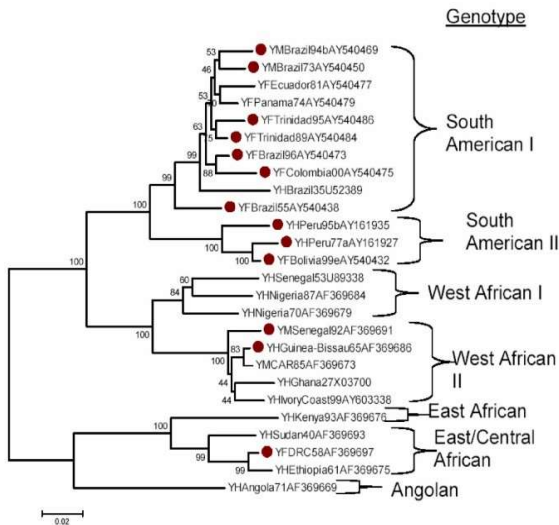
Gambaran sekuens tersebut membuktikan bahwa pada hakikatnya suatu spesies individu memiliki keidentikan dengan spesiesnya sendiri. Akan tetapi, sangat dimungkinkan satu spesies memiliki urutan basa nitrogen yang sama dengan spesies lain. Urutan basa-basa yang ditandai dalam garis adalah contoh bahwa individu yang dikatakan identik berdasarkan sekuens ternyata masih terdapat perbedaan jenis basa-basa nitrogen yang menyusunnya. Urutan basa yang ditampilkan tersebut hanya sebagian kecil potongan dari ribuan urutan basa nitrogen dari genom lengkap suatu individu dan hal itupun baru dari satu jenis bakteri *E. coli* saja. Padahal sangat mungkin terdapat ribuan atau bahkan lebih jenis bakteri atau mikroorganisme lainnya di alam ini. Kelompok mikroorganisme lainnya yang dijadikan contoh adalah *yeast (Saccharomyces)* dan bakteri *Mycobacterium* (Gambar 43), virus demam kuning (Gambar 44), serta bakteri *Aeromonas* (Gambar 45).

Gambar-gambar pohon filogenetik tersebut memberikan penjelasan terkait kekerabatan suatu organisme dengan yang lainnya. Hal penting yang dapat dijadikan pelajaran adalah susunan basa nitrogen penyusun materi genetik memberikan identitas tersendiri bagi suatu spesies. Identitas tersebut dapat identik atau berbeda dengan spesies dari genusnya atau juga sangat dimungkinkan memiliki kesamaan dengan spesies dari genus yang berbeda.

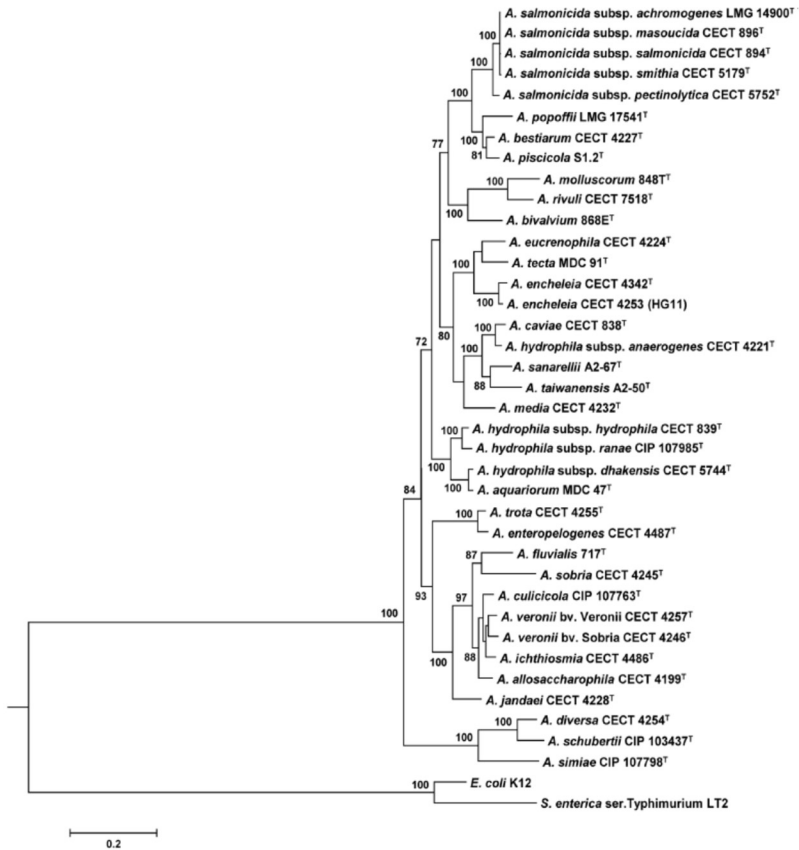
Pelajaran lainnya yang sangat luar biasa adalah ketika dapat mengamati susunan basa nitrogen dari setiap spesies individu secara terperinci. Basa-basa nitrogen tersusun secara rapi, teratur, dan sempurna dengan berbagai kombinasi urutan basa-basa berbeda antarsetiap individu, serta bahkan dengan individu yang telah dianalisis kemiripannya mencapai 100% sekalipun ternyata sangat banyak memiliki perbedaan urutannya.



Gambar 43. Pohon filogenetik yeast *Saccharomyces* (a) dan bakteri *Mycobacterium* (b)^[106, 107].



Gambar 44. Phylogenetic tree of yellow fever viruses with a G100S E protein mutation^[108].

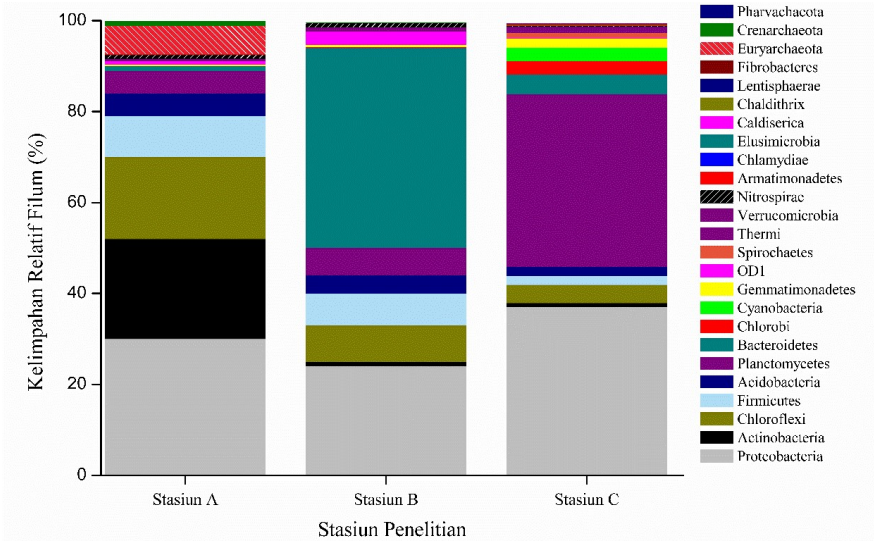


Gambar 45. Pohon filogenetik bakteri *Aeromonas*^[109].

Gambaran diversitas mikroba terlihat juga pada Gambar 46 yang memberikan gambaran filum dari bakteri yang berhasil diisolasi dari perairan tambang. Puluhan filum bakteri teridentifikasi dari sekitar 10 ml air sampel yang digunakan. Isolasi puluhan filum tersebut menghasilkan ratusan genus bakteri. Setiap genus akan teridentifikasi lagi menjadi spesies dan masing-masing spesies merepresentasikan perbedaan materi genetik sebagai penanda dan pembeda struktur molekulernya.

Sangat sulit dibayangkan dari sudut pandang manusia untuk menyusun urutan serta kombinasi basa-basa nitrogen tersebut menjadi untaian kode A, T/U, G, dan C yang sangat banyak dan berbeda untuk setiap spesies atau bahkan strain dari spesies tersebut. Dengan demikian, sudut pandang mata kepala itu

harus diselaraskan dengan mata hati yang dibenarkan oleh logika akal pikiran sebagai suatu kebenaran yang komprehensif dan terintegrasi.



Gambar 45. Diversitas metagenom bakteri di perairan pascatambang timah^[110].

Allah telah mengungkapkan diversitas genetik makhluk hidup di dalam Al-Qur'an. Allah telah menjelaskan bahwa semisal buah zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa serta bermacam jenis tumbuhan dan buah-buahan yang beragam bentuk, warna, dan rasa adalah pelajaran bagi orang-orang yang berakal dan tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang yang beriman [QS. Al An'am (6): 99 dan 141; QS. Ar Ra'd (13): 4; QS. An Nahl (16): 11; QS. Ta Ha (20): 53; QS. Al Hajj (22): 5; QS. Asy Syu'ara (26):7-8; QS. Fatir (35): 27; QS. Az Zumar (39): 11 dan 21; QS. Qaf (50): 7].

Pada tingkatan organismse yang lebih tinggi dari mikroorganismse, yaitu tumbuhan dan hewan terdapat juga keragaman jenisnya. Selain tumbuhan, Allah telah menciptakan manusia dan hewan juga beragam. Allah telah menyampaikan hal tersebut di dalam Al-Qur'an, "*Dan demikian (pula), di antara manusia, binatang-binatang melata, dan binatang-binatang ternak ada yang bermacam-macam warnanya (dan jenisnya)*" [QS. Fatir (35): 28].

Pada manusia, Allah menjelaskan berbagai keragaman tersebut dengan menyatakan bahwa Allah menciptakan berupa laki-laki dan perempuan, berbangsa-bangsa, serta bersuku-suku [QS. Al Hujarat (39): 13]. Pada hewan, Allah menunjukkan bahwa Dia menciptakan hewan yang bermacam-macam tersebut melalui gambaran fungsinya. Allah menyebutkan binatang ternak yang

dijadikan untuk pengangkutan dan untuk disembelih [QS. Al An'am (6): 142] serta hewan yang berjalan dengan dengan perut, kaki dua, dan kaki empat [QS. An Nur (24): 45] sebagai tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang-orang yang berakal [QS. Ta Ha (20): 58].

Mekanisme penyusunan basa-basa nitrogen yang akan menyebabkan terjadinya diversitas genetik tumbuhan, hewan, dan manusia tersebut sangat tidak mungkin dilakukan oleh individu itu sendiri, dibuat oleh manusia, atau terjadi tiba-tiba dengan tanpa ada yang mengaturnya. Makroorganisme yang berukuran kasat mata dengan kompleksitas metabolisme dan aktivitas sel saja dapat dibuatnya beragam. Sebuah pertanyaan besar, bagaimana dengan mekanisme penciptaan mikroorganisme?

Semua sangatlah mudah bagi Allah, cukup Dia mengatakan "*kun*", maka mekanisme yang telah dibuat oleh-Nya sendiri akan secara sistematis bekerja sesuai kehendak-Nya, "*fayakun*". Semudah menjentikkan jari diiringi ucapan "*jadilah*", maka terjadilah semua yang dikehendaki-Nya itu [QS. Al Baqarah (2): 117; QS. Ali Imron (3): 47 dan 59; QS. Al An'am (6): 73; QS. An Nahl (16): 40; QS. Maryam (19): 35; QS. Fatir (35): 11; QS. Yasin (36): 82; QS. Al Mu'min (40): 68]. "*Sesungguhnya penciptaan langit dan bumi lebih besar daripada penciptaan manusia, akan tetapi kebanyakan manusia tidak mengetahui*" [QS. Al Mu'min (40): 57]. Ayat ini adalah kalimat yang tegas mengungkapkan bahwa penciptaan makroorganisme dan terlebih lagi mikroorganisme belum ada seberapanya dibandingkan penciptaan langit dan bumi.

Alam telah menjadi bukti bahwa keragaman juga berlaku juga bagi selain makhluk hidup. "*Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat*" [QS. Fatir (35): 27]. Selain gunung, Allah memperlihatkan air yang juga berbeda [QS. Al Furqon (25): 53; QS. Ar Rahman (55): 19-20; QS. Al Waq'ah (56): 68 dan 70]. Keseluruhan itu hanya sebagaimana kecil dari bukti diversitas alam yang telah Allah ciptakan.

Catatan penting yang dapat dipelajari dari diversitas mikroorganisme adalah beragam mikroorganisme dan juga organisme secara keseluruhan diciptakan dengan sangat mudah, cukup empat huruf "A, T/U, G, C" saja sehingga menghasilkan tidak ada satu organisme yang identik semuanya. Basa-basa nitrogen hanyalah molekul sederhana yang tidak hidup, tetapi dapat menyebabkan terjadinya kehidupan yang berkelanjutan dengan tetap membawa sifat leluhurnya. Molekul-molekul ini berasal dari unsur-unsur yang jauh lebih sederhana lagi, yaitu karbon, nitrogen, hidrogen, fosfor, dan oksigen.

Sebagaimana teori tentang siklus unsur, keseluruhan unsur dapat terjadi dari unsur tanah dan kemudian kembali ke tanah. Diskusi ini mengantarkan pada pemahaman bahwa hakikat kehidupan, khususnya manusia diciptakan dari sari pati tanah. Apakah unsur-unsur materi genetik di dalam tubuh manusia yang direpresentasikan oleh penjelasan tentang materi genetik mikroorganisme adalah sari pati tanah yang dijelaskan oleh Allah?

Pada kenyataannya, manusia atau makhluk hidup yang secara umum muncul di bumi sekarang ini telah dilahirkan dari makhluk hidup sebelumnya dalam konteks teori biogenesis. Namun, sesungguhnya partikel-partikel molekuler yang telah menyusun materi genetik adalah substansi yang tidak hidup. Oleh karena itu, mungkinkah hal tersebut menjadikan bahwa hakikat sebenarnya penciptaan makhluk hidup adalah berasal dari benda mati sebagaimana dogma sentris abiogenesis?

Pada sudut pandang berbeda justru mempertanyakan ataukah sebenarnya molekul-molekul yang dianggap sebagai benda mati sebenarnya adalah “hidup” layaknya makhluk hidup yang memiliki nyawa. Hal tersebut disebabkan ketika suatu molekul berikatan dengan molekul lainnya akan membentuk “senyawa”, yaitu se-nyawa atau sebuah (satu) nyawa? Kajian-kajian seperti ini memerlukan analisis yang komprehensif untuk menjawabnya.

Pelajaran kedua yang dapat diambil dari catatan tentang diversitas mikroorganisme ini adalah materi genetik dapat menjadi bukti kekuasaan Allah dan apa yang disampaikanNya di dalam Al-Qur’an adalah kebenaran. *“(Lukman berkata), ”Hai anakku, sesungguhnya jika ada (sesuatu perbuatan) seberat biji sawi, dan berada dalam batu atau di langit atau di dalam bumi, niscaya Allah akan mendatangkannya (membalasinya). Sesungguhnya Allah Mahahalus¹⁹⁴ lagi Maha Mengetahui”* [QS. Lukman (31): 16].

Pada QS. An Nisa (4): 40 dan QS. Az Zilzal (99): 7-8, Allah menjelaskan tentang sesuatu yang lebih kecil dari biji sawi, yaitu seberat atau sebesar zarahpun kebaikan atau kejahatan yang dikerjakan manusia akan dibalasNya. Di ayat-ayat yang lainnya, Allah menyampaikan bahwa *“...tidak ada tersembunyi dari-Nya seberat zarahpun yang ada di langit, dan yang ada di bumi, dan tidak ada (pula) yang lebih kecil dari itu, dan yang lebih besar, melainkan tersebut dalam kitab yang nyata (lawh mahfudz)”* [QS. Saba (34): 3].

Di ayat yang lain, Allah telah menjelaskan bahwa *“Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al-Qur’an dan kamu tidak mengerjakan sesuatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. Tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu*

walaupun sebesar zarah di bumi ataupun di langit. Tidak ada yang lebih kecil dari itu dan tidak (pula) yang lebih besar dari pada itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (lawh mahfuz)” [QS. Yunus (10): 61].

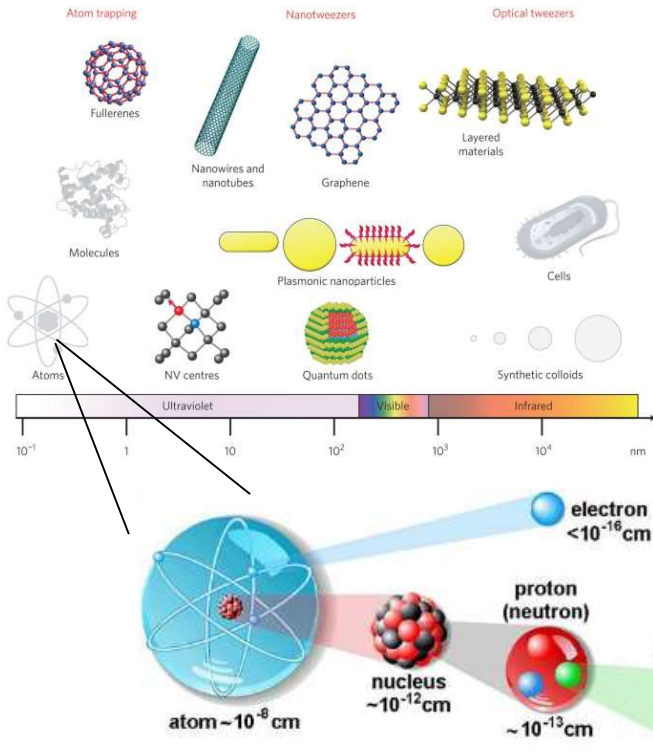
Ayat-ayat tersebut lebih dalam dapat dimaknai, yaitu dengan bahasa yang berbeda bahwa Allah juga mengetahui sekecil apapun ciptaan-Nya, Dia yang menciptakan kehidupan dan segala sesuatunya walaupun dalam ukuran yang sangat kecil, biji sawi atau bahkan zarah.

Kata 'zarah' digunakan sebagai sinonim dari atom^[111]. Atom merupakan unit penyusun terkecil dari suatu materi yang memiliki sifat unsur kimia. Setiap zat padat, cair, gas, dan plasma terdiri dari atom netral atau terionisasi. Setiap atom terdiri atas satu nukleus yang tersusun atas satu atau lebih proton dan neutron dan satu atau lebih elektron yang terikat dengan nukleus. Ukuran atom sangat kecil apabila dibandingkan dengan materi lainnya, termasuk juga mikroorganisme, yaitu 100 pm (1 pm = 10^{-12} m)^[112]. Perbandingan ukuran tersebut ditampilkan pada Gambar 46.

Akan tetapi, bagi Allah tidak ada ukuran yang lebih kecil dari zarah ataupun lebih besar daripadanya yang luput dari pengetahuan Allah karena Allah Yang Mahahalus¹¹⁹⁴ dan Maha Mengetahui sebagaimana yang disampaikan-Nya di QS. Lukman (31): 16. Semua dapat terjadi atas ilmu Allah dan Dia pula yang mengetahui akan keseluruhannya itu.

Pada catatan kaki nomor 1194 dijelaskan bahwa Allah Mahahalus diartikan ilmu Allah itu meliputi segala sesuatu seperti apapun kecil ukurannya. Allah menyandingkan kata “Mahahalus” dengan kata “Maha Mengetahui”. Ilmu Allah mencakup segala sesuatu dan bahkan sesuatu yang memiliki ukuran lebih kecil dari zarah sekalipun, Dia Mahahalus dan Dia Maha Mengetahui semuanya secara mendetail. “*Dia tidak dapat dicapai oleh penglihatan mata, sedang Dia dapat melihat segala penglihatan itu dan Dia-lah Yang Mahahalus lagi Maha Mengetahui*” [QS. Al An’am (6): 103].

Adakah sesuatu yang lebih kecil daripada atom untuk membuktikan kebenaran pernyataan Allah tersebut? Di dalam Al-Qur’an Allah menjelaskan jawabannya bahwa “...*Dia Maha Mengetahui segala isi hati*” [QS. Al Hadid (57): 6]. Isi hati berupa desiran niat bersifat abstrak, tidak memiliki bentuk, dan ukuran. Niat adalah perwujudan sesuatu yang berukuran lebih kecil daripada atom tersebut.



Gambar 46. *Fundamental structure of an atom and the three size ranges of optical trapping. Objects of different sizes can be trapped within three main regimes (from left to right): atom trapping (a few ångstroms to a few nanometres), nanotweezers (a few nanometres to a few hundred nanometres) and optical tweezers (from a fraction of a micrometre up). The horizontal scale bar shows the average object size and the corresponding light wavelength. NV, nitrogen vacancy. Image of layered material reproduced from ref. 169, © 2011 NPG^[112, 113].*

Segala apa yang ada di langit dan di bumi dan termasuk apa-apa yang disembunyikan untuk dirahasiakan ataupun dinyatakan hati manusia, sungguh Allah Maha Mengetahui [QS. An Naml (27): 74; QS. Fatir (35): 38; QS. At Tagabun (64): 4; QS. Al Muluk (67): 13-14] karena Dia-lah Yang Mahaawal dan Yang Mahaakhir, Yang Mahazahir dan Yang Mahabatin¹⁴⁶⁵, dan Dia Maha Mengetahui segala sesuatu [QS. Al Hadid (57): 3]. Pada catatan kaki nomor 1465, kata Yang Mahaawal diartikan yang telah ada sebelum segala sesuatu ada, Yang Mahaakhir diartikan yang tetap ada setelah segala sesuatu musnah, Yang Mahazahir diartikan Yang Mahatinggi tiada di atas-Nya sesuatupun, serta

Yang Mahabatin diartikan bahwa tidak ada yang dapat menghalangi-Nya dan Dia lebih dekat kepada setiap makhluk ciptaan-Nya dibandingkan dekatnya makhluk itu terhadap dirinya sendiri. *“Dan sesungguhnya Kami telah menciptakan manusia dan mengetahui apa yang dibisikkan oleh hatinya, dan Kami lebih dekat kepadanya daripada urat lehernya”* [QS. Qaf (50): 16].

Subhanallah, *“Katakanlah, ”serulah mereka yang kamu anggap (sebagai Tuhan) selain Allah, mereka tidak memiliki (kekuasaan) seberat zarrapun di langit dan di bumi, dan mereka tidak mempunyai suatu sahampun dalam (penciptaan) langit dan bumi, dan sekali-kali tidak ada di antara mereka yang menjadi pembantu bagi-Nya”* [QS. Saba (34): 22]. Ayat ini menyindir pencari Tuhan selain Allah atau menjadikan diri sendiri dan sesuatu sebagai Tuhannya.

Sungguh pada penciptaan makro dan mikroorganisme maupun makro dan mikrokosmos yang bermacam-macam terdapat mengajarkan banyak pelajaran tentang Tuhan yang sebenar-benarnya dan kebenaran Al-Qur’an. Berbagai teori dan kenyataan yang ada adalah bukti yang jelas dan nyata bagi siapa saja yang memikirkannya. *“Kami akan memperlihatkan kepada mereka tanda-tanda (kekuasaan) Kami di segenap ufuk dan pada diri mereka sendiri, sehingga jelaslah bagi mereka bahwa Al-Qur’an itu adalah benar. Dan apakah Tuhanmu tidak cukup (bagi kamu) bahwa sesungguhnya Dia menyaksikan segala sesuatu?”* [QS. Ha Mim As Sajdah (41): 53]. Keseluruhan bukti ini seharusnya dapat mengantarkan manusia pada tingkat keimanan terbaik yang mampu diusahakannya.



Kebenaran Sains Al-Qur'an

Setiap kalimat dan bahkan huruf di dalam Al-Qur'an mengandung pelajaran yang luar biasa istimewanya. Di dalam Al-Qur'an telah tersirat dan tersurat berbagai referensi kehidupan, termasuk kebenaran yang telah dibuktikan dengan ilmu pengetahuan.

Ketika saya mencoba membaca kalimat per kalimat ayat Al-Qur'an dengan keterbatasan pemahaman yang saya miliki, pada saat yang bersamaan itu saya mendapatkan pengetahuan baru yang memberi petunjuk terhadap keilmuan yang belum saya ketahui. Kebenaran saintifik Al-Qur'an memberikan bukti ilmiah tidak terbantahkan oleh berbagai penelitian yang ada.

Berbagai penelitian di bidang mikrobiologi telah banyak dilakukan. Hasil-hasil penelitian yang dipublikasikan tersebut bukanlah hanya menunjukkan data-data ilmiah tanpa makna, tetapi memberikan suatu gambaran tentang eksistensi penciptaan organisme oleh Sang Pencipta dan autentifikasi bukti yang tidak terbantahkan atas kebenaran Al-Qur'an itu. Berbagai petunjuk ilmu pengetahuan telah dinyatakan secara lugas di dalam Al-Qur'an, meskipun tidak sedikit diungkapkan oleh Tuhan dalam bahasa simantik yang menuntut penggalian akal pikiran orang-orang yang mau berpikir.

Sesungguhnya, berbagai penjelasan yang disampaikan oleh Allah di dalam Al-Qur'an menjadi sangat relevan, kekinian, serta dapat dibuktikan dan sekaligus dipertanggungjawabkan secara ilmiah atas kebenaran-kebenaran. Ayat-ayat yang terdapat di dalam Al-Qur'an yang kemudian dimanifestasikan sebagai ayat-ayat alam menjadi wahana dan medan magnet untuk mengelaborasi Al-Qur'an dalam mengenal Tuhan.

Hal tersebut mampu menarik siapa saja yang membacanya untuk memasuki pusaran energi yang sungguh sangat luar biasa sehingga bersedia mendekati Tuhan dengan kesadaran sebenar-sebenarnya. Episentrum keyakinan itu akan terasa semakin dahsyat apabila manusia mau menggunakan akal pikirannya untuk melihat tentang penciptaan diri dan semesta. Akal pikiran yang benar akan membenarkan keyakinan hati tentang keimanan itu sendiri. Keyakinan yang didasarkan pada hati dan dibenarkan oleh akal menghasilkan ekstraksi keimanan yang solid dan berkualitas. Akan tetapi sebaliknya, keyakinan yang diyakini hanya di dalam hati saja, tetapi tidak mampu dibenarkan oleh akal pikiran akan menjadi pondasi keimanan yang rapuh, mudah terombang-ambing, dan tidak konsisten. Pada kesimpulan bagian ini, sesungguhnya keimanan membutuhkan konsistensi dan bukti dari yang sesuatu yang perlu diimani itu juga selalu konsisten, yaitu antara teori dan kenyataannya.

Pelajaran-pelajaran yang relevan dan saintifik di dalam Al-Qur'an setidaknya menjadi dasar yang ilmiah untuk menghasilkan kesimpulan iman bahwa sesungguhnya Tuhan itu adalah benar (hak) dan Al-Qur'an itu adalah benar (hak) pula. Fenomena dari penciptaan mikroorganisme yang telah banyak disampaikan masihkah belum mampu mengantarkan manusia memahami tentang hakikat penciptaan alam semesta ini atau bagaimana anggapanmu terhadap Tuhan semesta alam? [QS. As Saffat (37): 87].

Dia adalah Allah, Tuhan semesta alam [QS. Al Fatihah (1): 2], Tuhanmu adalah Tuhan Yang Maha Esa, tidak ada Tuhan melainkan hanya Dia, Yang Maha Pemurah, Maha Penyayang, Mahaperkasa, lagi Maha Mengalahkan [QS.

Al Baqarah (2): 163; QS. Ar Ra'd (13): 16; QS. An Nahl (16): 22; QS. Al Kahfi (18): 110; QS. Al Anbiya (21): 108; QS. Al Hajj (22): 34; QS. As Saffat (37): 4; QS. As Sad (38): 65; QS. Ha Mim As Sajdah (41): 6; QS. Al Ikhlas (112): 1]. Berbagai ayat-ayat-Nya telah menceritakan tentang diri-Nya sebagai Tuhan yang paling berkuasa atas apa saja yang ada di langit, di bumi, dan di antara keduanya. Dia adalah Tuhan yang paling pantas disembah sebagai perwujudan dari konsekuensi iman.

Penciptaan mikroorganisme juga telah menjadi suatu bukti kebenaran Al-Qur'an sebagai perkataan Tuhan. Al-Qur'an bukanlah tipu muslihat, sihir, dongeng, mimpi, cerita masa lalu, syair, buatan Muhammad, atau bahkan perkataan setan yang terkutuk.

Al-Qur'an telah menerangkan tentang dirinya sendiri dan menegaskan dengan memberikan bukti-bukti otentik bahwa Al-Qur'an bukanlah dongeng orang-orang terdahulu, kebohongan dan kepalsuan yang diadakan, atau cerita yang dibuat-buat oleh Muhammad yang dituduh sebagai orang yang gila [QS. Al An'am (6): 25; QS. Al Anfal (8): 31; QS. Yunus (10): 38; QS. Hud (11): 13; QS. Yusuf (12): 111; QS. Al Hijr (15): 6; QS. Al Anbiya (21): 5; QS. Al Furqon (25): 4-5; QS. Ar Rum (30): 58; QS. As Sajdah (32): 3; QS. Saba (34): 43; QS. Yasin (36): 69; QS. Al Ahqaf (46): 7-8; QS. Al Qalam (68): 15 dan 51; QS. At Takwir (81): 25; QS. At Tathfif (83): 13].

Pelajaran tentang mikroorganisme telah menjadi saksi saintifik bahwa tidak mungkin Al-Qur'an berisi tentang suatu karangan fiksi. Hal tersebut disebabkan setiap kalimat di dalamnya, khususnya yang menerangkan tentang makhluk hidup adalah benar dan sangat ilmiah. Akan tetapi, di sisi sebaliknya ilmu pengetahuan belum mampu menjawab dan menerangkan semua hal yang terkandung di dalam Al-Qur'an. Padahal, kandungan isi Al-Qur'an merupakan sumber, referensi, teori, konsep, metode, dan sintesis ilmiah dari segala macam ilmu pengetahuan.

Selain itu, Al-Qur'an tidak mungkin dibuat oleh seorang Muhammad yang di zamannya dikenal sebagai orang yang tidak dapat membaca dan menulis (ummi) yang namanya tertulis di Taurat dan Injil [QS. Al A'raf (7): 157]. Sesuatu yang sangat mustahil bagi Muhammad untuk dapat menjelaskan secara komprehensif tentang mikroorganisme hingga atom sehingga Al-Qur'an adalah perkataan Allah yang benar.

Muhammad itu hanyalah utusan Allah [QS. Al Fath (48): 29], Muhammad bukanlah orang gila, bahkan Muhammad memiliki budi pekerti yang agung [QS. Al Qalam (68): 2 dan 4; QS. At Takwir (81): 21]. Muhammad hanya diberikan tugas untuk menyampaikan ayat-ayat sebagai wahyu Allah

yang diturunkan kepadanya melalui Malaikat Jibril, yaitu *Ar Ruhul Amin* yang sangat kuat dan mempunyai akal yang cerdas (keteguhan) [QS. Asy Syu'ara (26): 193; QS. An Najm (53): 5-6]. Ungkapan-ungkapan ini semakin menguatkan kenyataan bahwa Al-Qur'an sungguh luar biasa. Oleh karena itu, tidak mungkin Al-Qur'an ini dapat dibuat oleh selain Allah [QS. Yunus (10): 37]. Sesungguhnya yang terdapat di Al-Qur'an ini diturunkan dengan ilmu Allah dan bahwasanya tidak ada Tuhan selain Dia [QS. Hud (11): 14].

Apabila Al-Qur'an diturunkan dengan ilmu Allah melalui Jibril yang berakal cerdas dan menjelaskan sesuatu tentang ilmu pengetahuan yang luar biasa, suatu pertanyaan yang terbersit (mungkinkah) sang penerima wahyu tersebut, yaitu Muhammad bukanlah seorang yang pintar pula? Muhammad yang ummi hanyalah di dalam ruang keterbatasan pandangan manusia. Namun, sesungguhnya Muhammad adalah manusia sangat luar biasa yang dipilih langsung oleh Tuhannya.

Sesungguhnya ketika manusia mendengarkan Al-Qur'an yang diturunkan kepada Muhammad dengan keimanan, maka mengucurlah air mata dan bergetar hati mereka karena kebenaran dari Al-Qur'an ini. Konsekuensi logis dari keluarnya air mata serta hati yang bergetar adalah iman dan ketakwaan yang bertambah [QS. Al Maidah (5): 83; QS. Al Anfal (8): 2]. Getar hati yang tulus akan bergelombang menuju pusat saraf dan resonansi yang muncul itu akan membentuk suatu sinyal frekuensi yang ditangkap oleh mata untuk kemudian menangis haru atas keagungan Al-Qur'an.

Subhanallah, Allah telah menyatakan bahwa "*Al-Qur'an ini adalah penjelasan yang sempurna bagi manusia, dan supaya mereka memberi peringatan dengannya, dan supaya mereka mengetahui bahwasanya Dia adalah Tuhan Yang Maha Esa dan agar orang-orang yang berakal mengambil pelajaran*" [QS. Ibrahim (14): 52]. Al-Qur'an bahkan bukan hanya diperuntukkan bagi manusia, tapi tidak lain adalah peringatan bagi semesta alam [QS. As Sad (38): 87; QS. At Takwir (81): 27]. Penjelasan bagi orang yang berakal sebagai pelajaran dan peringatan adalah kata kunci yang dapat direnungkan bersama.

Kalimat "peringatan bagi semesta alam" adalah suatu pemilihan bahasa seloka yang tepat untuk digunakan dalam menyampaikan makna kata dasarnya, yaitu ingat. Dengan demikian, Al-Qur'an ini adalah kumpulan dari ayat-ayat yang menuntun semesta alam untuk selalu ingat tentang hakikat penciptaan diri mereka, Tuhan mereka, serta segala sesuatu yang berhubungan dengan hidup dan mati mereka. Implikasi dari kata "ingat" dimanifestasikan dalam

pernyataan pujian atas semua ketakjuban pada karya ciptaan-Nya dan perbuatan penghambaan yang terus dilakukan dalam setiap detik di fase waktu yang ada.

Penciptaan mikroorganisme telah mengajarkan banyak hal bagi manusia-manusia yang mau menggunakan akalinya. Allah-lah Yang Maha Menciptakan, Yang Maha Mengadakan, Yang Maha Membentuk Rupa, yang mempunyai asma'ul husna, Dia-lah Yang Mahaperkasa dan juga Mahabijaksana [QS. Al Hasyr (59): 1 dan 24].

Apabila diresapi pada ayat-ayat yang lain, maka dapat diketahui bahwa semua yang berada di langit dan juga di bumi bertasbih hanya kepada Allah. Semuanya berikrar dengan suatu keyakinan menyatakan kebesaran Allah sebagai Tuhan Yang Mahakuasa atas segala sesuatu, Mahaperkasa, dan Mahabijaksana [QS. Al Hadid (57): 1; QS. Al Hasyr (59): 1; QS. As Saff (61): 1; QS. At Tagabun (64): 1].

Oleh karena itu, puji dan bertasbihlah dengan menyebut nama Tuhan Yang Mahabesar [QS. Al Haqqah (69): 52], Sang Raja Yang Mahasuci, Yang Mahaperkasa lagi Mahabijaksana [QS. Al Jumu'ah (62): 1], bersujud dan sembahlah Dia [QS. An Najm (53): 62], serta sepanjang waktu pagi maupun petang [QS. An Nur (24): 32; QS. Al Fath (48): 9].

Semua ciptaanNya yang ada di alam semesta ini, salah satu contohnya adalah burung dan bahkan termasuk para malaikat yang sangat dekat dengan Tuhannya tidak pernah merasa letih menyembah, bertasbih, dan bersujud kepada Allah tanpa henti-hentinya. Keseluruhan makhluk-Nya yang ada di langit, di bumi, dan semua yang ada di dalamnya bertasbih kepada Allah dengan cara salat dan bertasbihnya masing-masing yang mereka ketahui.

Namun demikian, Allah Maha Mengetahui apa yang mereka kerjakan, sekalipun dilakukan dengan kesadaran sendiri atau dengan keterpaksaan. Sesungguhnya Dia Yang Maha Penyantun lagi Maha Pengampun. Penjelasan-penjelasan tersebutlah yang ditulis olehNya di dalam QS. Al A'raf (7): 206; QS. Ar Ra'd (13): 15; QS. Bani Israil (17): 44; QS. Al Anbiya (21): 19-20; QS. An Nur (24): 41; QS. Al Mu'min (40): 7.

Para ilmuwan mikrobiologi dan pada umumnya manusia seharusnya dapat menjadikan Al-Qur'an yang dimanifestasikan dalam kehidupan mikroorganisme sebagai pengingat untuk menambah iman dan yakin mereka terhadap Allah, Al-Qur'an, dan ayat-ayat-Nya. Suatu silogisme alur pemikiran terhadap pembuktian ilmiah para mikrobiolog menjadikan benarlah apa yang digambarkan ayat tentang kepunyaan Allah-lah timur dan barat sehingga kemanapun menghadap, di sana terlihat wajah (kiblat) Allah⁹¹. Sesungguhnya

Allah Mahaluas (rahmat-Nya) lagi Maha Mengetahui [QS. Al Baqarah (2): 115].

Pada catatan kaki nomor 91 dijelaskan bahwa At Tabari menyebutkan ayat ini turun berkenaan dengan suatu kaum yang tidak dapat melihat arah kiblat dengan tepat sehingga mereka salat ke arah kiblat yang berbeda.

Akan tetapi, bagi seorang mikrobiolog sebagai ilmuwan dengan bahasa tamsilnya dapat memaknai bahwa wajah atau kiblat Allah bukan hanya tentang petunjuk salat. Hal tersebut juga dapat dideskripsikan “di sanalah ilmu-ilmu Allah” karena ketika melihat ke arah timur, barat, ataupun kemana saja pandangan diarahkan, maka akan dapat dilihat dan dirasakan ilmu Allah yang berwujud angin, langit, bumi, air, manusia, tumbuhan, hewan, dan bahkan mikroorganisme yang tersebar di setiap titik sudut kehidupan ini.

Subhanallah, ayat ini diakhiri dengan sebuah kalimat yang sangat meyakinkan bahwa “*Sesungguhnya Allah Mahaluas (rahmat-Nya) lagi Maha Mengetahui*”. Demikianlah Mahaluas ilmu-Nya yang diberikan sebagai rahmat-Nya karena Dia Maha Mengetahui. Konteks ilmu dan rahmat ini diberikan pemahamannya bagi orang yang mau menjadikan femonemafenomena alamiah sebagai tanda yang sangat ilmiah, yaitu mereka yang berakal dan berpikir.

“*Allah menganugerahkan Al Hikmah (kepahaman yang dalam tentang Al Qur'an dan As Sunnah) kepada siapa yang dikehendaki-Nya. Dan barangsiapa yang dianugerahi hikmah, ia benar-benar telah dianugerahi karunia yang banyak. Dan hanya orang-orang yang berakallah yang dapat mengambil pelajaran dari firman Allah*” [QS. Al Baqarah (2): 269]. Orang yang menggunakan akal akan mendapatkan banyak hikmah, karunia, dan pelajaran dari apa yang dibaca dan dilihatnya.

”*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia. Mahasuci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka”*” [QS. Ali Imran (3): 190-191].

Orang-orang berakal yang menggunakan akalnya untuk memikirkan keajaiban dari penciptaan alam semesta ini dan mereka semakin takut sehingga penghambaan mereka total kepada Allah, maka mereka itulah orang yang berilmu. Pada penggunaan kesimpulan yang berbeda, sesungguhnya yang takut

pada Allah di antara hamba-hamba-Nya hanyalah para ulama yang dimaknai sebagai orang-orang yang berilmu [QS. Fatir (35): 28].

Pemahamannya di dalam suatu ilmu harus mampu mengantarkannya ke dalam pemahaman tentang ilmu Allah. Sedemikian banyak ilmu yang Allah telah ajarkan-Nya dapat menjadi titik kembali orang-orang yang berakal pikiran untuk membenamkan diri di ke-Mahaagungan Allah dalam rangka mendekatkan dirinya kepada Allah sebagai seorang ulama.

Catatan-catatan tentang sisi-sisi organisme mikroskopis telah memberikan pemahaman baru untuk sebuah perjalanan panjang mengenal Tuhan Yang Mahabesar. Catatan tentang mikroorganisme tersebut juga mengajarkan apabila manusia tidak dapat menemukan Tuhan di antara ciptaan-ciptaan yang terlihat langsung mata, (mungkin) manusia dapat menemukan Tuhannya dari ciptaan yang tidak kasat mata.

Demikianlah Zat Tuhan yang dapat dilihat dari sekecil apapun ciptaan-Nya, dapat pula dirasakan dari sehalus apapun desiran-Nya, serta dapat dijumpai dimana dan kapan saja. Zat-Nya ada di setiap detik tarikan dan hembusan napas serta mengalir di seluruh sudut saluran aliran cairan tubuh makhluk ciptaan-Nya. Zat-Nya yang mengurus setiap sel tanpa pernah merasakan letih dan tanpa ada yang luput dari jangkauan-Nya.

Zat-Nya yang juga yang telah menghiasi taburan bintang di luas dan benderangnya langit hingga milliyaran sel yang terbenam di dalam gelapnya dasar samudera. Zat-Nya yang menggenggam utuh kehidupan dan membuat kehidupan itu tampak sempurna. Zat-Nya yang memberikan petunjuk atas kehidupan yang dijalani oleh makhluk yang dihadirkan-Nya sehingga tetap berada dalam jalan yang lurus dan terang.

Zat-Nya juga telah mengajarkan ilmu-ilmu-Nya yang tidak pernah habis digali karena semakin dalam penggalian, maka semakin diperoleh kedalaman yang tiada berujung. Semua itu merupakan tanda-tanda dan sekaligus bukti nyata eksistensi Zat-Nya di alam ini.

Salah satu contohnya sederhana untuk mengenal Tuhan adalah fenomena cahaya matahari yang mampu menerangi tatanan galaksi Bima Sakti tanpa adanya suatu penghalang terhadap energi rambatnya. Mata manusia tidak akan mampu melihat cahaya yang sampai ke bumi itu tanpa alat bantu karena kecepatan rambat dan energi yang dipancarkannya. Bagaimana jika Zat Tuhan membaur di dalam cahaya dan menjelma menjadi cahaya di atas cahaya [QS. An Nur (24): 35] yang kecepatan dan energi-Nya di atas pancaran cahaya matahari? Dia-lah Zat itu yang bernama An Nur, sumber dari berbagai cahaya dan juga yang menguasai cahaya itu sendiri.

Demikian pula kasih sayang sebagai zat yang tidak berwujud, namun dapat dirasakan kehadirannya dengan hati. Hal itu saja sudah mampu membuat manusia merasa sangat berarti dan kemudian membalas kasih sayang itu dengan hal yang serupa atau bahkan lebih daripada itu. Namun, kasih sayang itu dibatasi oleh ruang dan waktu. Lantas, bagaimana memaknai Zat Tuhan berwujud Ar Rahman dan Ar Rahim yang dilimpahkan kepada semua ciptaan-Nya tanpa adanya pengecualian? Zat Mahakasih dan Mahasayang berdiam di dalam kasih sayang setiap makhluk ciptaan-Nya. Kasih dan sayang Tuhan membaur bersama kasih dan sayang yang ditebarkan makhluk-Nya tanpa terbatas ruang dan waktu. Pantaslah Zat Tuhan itu bernama Ar Rahman dan Ar Rahim, yaitu Mahakasih dan Mahasayang di atas segala bentuk kasih dan sayang yang direpresentasikan makhluk-Nya.

Gambaran-gambaran tersebut hanyalah sedikit contoh dari pengenalan akan Zat Tuhan Yang Mahabesar dan Mahaagung. Oleh karena itu kemanapun arah dihadapkan wajah penghambaan semua makhluk, maka di sana ada Zat Tuhan yang pantas untuk disembah dengan kemurnian ketaatan dan iman. Zat Tuhan selalu bersemayam bersama ciptaan-Nya, oleh karena itu sembahlah Dia, Allah Tuhan semesta alam.

Sesungguhnya Zat Tuhan tidak mengenal batas ruang dan waktu serta tidak pula dikurung oleh keduanya. Zat Tuhan bukan berupa zat padat, cair, maupun gas. Apabila Zat Tuhan berwujud ketiga zat tersebut, maka Zat Tuhan akan dibatasi oleh ruang dan waktu. Di luar angkasa, salah satu di antara ketiga zat itu dapat saja tidak ditemukan, akan tetapi di sana ditemukan Zat Tuhan karena Dia-lah yang menciptakannya dan keberadaan-Nya juga ditemukan di sana.

Oleh karena itu, penjelasan-penjelasan tersebut telah menjadi suatu bukti nyata bahwa Zat Tuhan tidaklah sama dengan zat-zat ciptaanNya, akan tetapi Zat Tuhan berada di dalam zat-zat makhluk-makhluk ciptaanNya. Zat-Nya sangatlah dekat, tidak berjarak setebal rambut, dan bahkan dapat lebih dekat lagi dari urat nadi kehidupan makhluk-Nya.

Penjelasan-penjelasan tersebut telah menjadi bukti yang benar bahwa Zat Tuhan tidak dapat disekat oleh ruang dan waktu karena tidak ada ruang dan waktu yang mampu membatasi ataupun menampung eksistensi Zat Tuhan itu dan bahkan Zat Tuhan selalu ada seiring sejalan bersama ruang dan waktu itu. Zat Tuhan tidak dapat dideskripsikan dan disamakan dengan zat makhluk yang diciptakan-Nya. Akan tetapi, Zat Tuhan dapat dikenali melalui fenomena yang telah ditampakkkan oleh-Nya di alam raya ini.

Zat Tuhan tidaklah mampu untuk didefinisikan oleh akal makhluk-Nya yang sangat terbatas. Akan tetapi, orang-orang yang menggunakan akal pikirannya untuk memikirkan segala sesuatu dari ciptaan Tuhan, termasuk proses penciptaan atas dirinya sendiri dan alam di sekitarnya pasti akan mengenal Tuhannya.

Orang-orang yang telah beriman secara benar dengan menggunakan kebenaran akal dan hati, maka akan bergetar hati mereka apabila disebutkan nama Tuhannya. Mereka itu memikirkan tentang penciptaan alam semesta dalam rangka untuk terus mengingat Tuhan, baik dalam keadaan berdiri, duduk, ataupun berbaring. Dengan demikian itu menyebabkan semakin bertambahlah keimanan di dalam diri mereka [QS. Ali Imron (3): 190-191; QS. Al Anfal (8): 2].

Kebenaran yang diwujudkan dalam bentuk mikroorganisme yang tersebar dan hidup di alam semesta ini adalah salah satu media untuk terus mengingat keberadaan Tuhan. Allah yang dapat dirasakan kehadiran-Nya, menemani, dan selalu mengurus makhluk-Nya tanpa mengenal tidur, lupa, dan lelah.

Pencarian Tuhan adalah sebuah perjalanan. Sebuah etape perjalanan untuk mengenal Tuhan harus dilalui dengan sebaik-baiknya dan konsisten. Allah bersumpah atas jiwa dan penyempurnaan ciptaan-Nya bahwa Allah telah mengilhamkan kepada jiwa tentang dua jalan, yaitu kefasikan dan ketakwaan (*fujuroha wa taqwaha*) [QS. Asy Syams (91): 7]. Konsekuensi dari disediakan dua pilihan jalan itu, maka pada akhirnya jiwa-jiwa itu sendirilah yang memutuskan untuk berada jalan yang mana.

Allah memang memiliki hak prerogatif untuk memberi, menentukan, ataupun memilih siapa saja yang Dia kehendaki untuk menerima cahaya keimanan. Akan tetapi, Allah adalah Tuhan Yang Mahabijaksana yang memberikan kesempatan bagi makhluk-Nya untuk berusaha memperbaiki dirinya sendiri. *“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan⁷⁸¹ yang ada pada diri mereka sendiri”* [QS. Ar Ra'd (13): 11].

Pada catatan kaki nomor 781 dijelaskan bahwa Allah tidak akan mengubah keadaan mereka selama mereka tidak mengubah sebab-sebab kemunduran mereka. Pada arti yang lebih luas, keadaan yang dimaksud itu termasuk perihal keimanan. Oleh karena itu, keimanan harus diusahakan dan diperjuangkan dalam suatu proses. Usaha dan proses itu akan menjadi salah satu alasan bagi Allah untuk turut berperan di dalam mengubah keadaan iman

seseorang, meskipun Allah tidak butuh alasan apapun untuk berkehendak atas sesuatu.

Berusahalah dan berproseslah untuk terus mencari dan mengenal Tuhan dengan memberi ruang bagi cahaya iman di dalam hati, energi iman di setiap tarikan dan hembusan napas, getaran iman di setiap detak jantung, dan kekuatan iman di dalam aliran darah. Berjalanlah dan terus berjalan sampai pada tujuan akhir yang telah ditentukan-Nya. Allah telah menunggu jiwa-jiwa muthmainnah untuk kembali kepada-Nya, berkumpul bersama jemaah hamba-hamba-Nya, dan kemudian memasuki surga yang telah disiapkan-Nya [QS. Al Fajr (89): 27-30].

*“Sesungguhnya Kami-lah yang menurunkan Al-Qur’an dan
sesungguhnya Kami benar-benar memeliharanya”*
[QS. Al Hijr (15): 9]

DAFTAR PUSTAKA

Pustaka Utama

Al-Qur'an dan Terjemahannya. Al Jumanatul 'Ali. 2004. CV. Penerbit J-ART. Gede Bage, Bandung. Anggota IKAPI No. 103/JBA/03

Pustaka Pendukung

- [1] Bergman, Jerry. "Why abiogenesis is impossible." *Creation Research Society Quarterly* 36.4 (2000).
- [2] Bergman, Jerry. "A brief history of the theory of spontaneous generation." *CEN Tech. J.*, 7(1). 1993: 73-81
- [3] Ben-Menahem, Ari. "Historical encyclopedia of natural and mathematical sciences". Springer Science & Business Media, 2009.
- [4] Byington, Scott. "Spontaneously Generating Life in Your Classroom? Pasteur, Spallanzani & Science Process." *The American Biology Teacher* 63.5 (2001): 340-345.
- [5] Serafino, Loris. "Abiogenesis as a theoretical challenge: Some reflections." *Journal of Theoretical Biology* 402 (2016): 18-20.
- [6] Parke, Emily C. "Flies from meat and wasps from trees: Reevaluating Francesco Redi's spontaneous generation experiments." *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 45 (2014): 34-42.
- [7] Chaudhari, Piyush, Anjali Shetty, and Rajeev Soman. "The Concepts that Revolutionized the Field of Infectious Diseases." *The Journal of the Association of Physicians of India* 63.8 (2015): 90-92.
- [8] Monti, Manuela, and Carloalberto Redi. "The egg. The inside story of a cell." *Molecular Reproduction and Development* 80.8 (2013): 691-697.
- [9] Karamanou, M., et al. "Anton van Leeuwenhoek (1632-1723): father of micromorphology and discoverer of spermatozoa." *Revista Argentina De Microbiologia* 42.4 (2010): 311-314.
- [10] Ford, Brian J. "Antony van Leeuwenhoek—Microscopist and visionary scientist." *Journal of Biological Education* 23.4 (1989): 293-299.

- [11] Markov, SA. "Antony van Leeuwenhoek Discoveries Microorganisms." 2012. <https://www.researchgate.net/publication/291335285>
- [12] Vidali, Mn. "Bioremediation. an overview." *Pure and Applied Chemistry* 73.7 (2001): 1163-1172.
- [13] Jéquier, Eric, and Florence Constant. "Water as an essential nutrient: the physiological basis of hydration." *European Journal of Clinical Nutrition* 64.2 (2010): 115-123.
- [14] Wakchaure, Rajesh, Subha Ganguly, and Praveen Kumar Praveen. "Role of water in livestock." *The Recent Advances in Academic Science Journal* 1 (2015): 56-60.
- [15] Ali, M., et al. "Comparative study of body composition of four fish species in relation to pond depth." *International Journal of Environmental Science and Technology* 2.4 (2006): 359.
- [16] Lachman, J., E. C. Fernández, and M. Orsák. "Yacon [*Smalanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use-a review." *Plant Soil and Environment* 49.6 (2003): 283-290.
- [17] Adams, C. A., and R. W. Rinne. "Moisture content as a controlling factor in seed development and germination." *International Review of Cytology* 68 (1980): 1-8.
- [18] Trevors, Jack T. "The composition and organization of cytoplasm in prebiotic cells." *International Journal of Molecular Sciences* 12.3 (2011): 1650-1659.
- [19] Abbas, K. A., et al. "The relationship between water activity and fish spoilage during cold storage: A review." *J. Food Agric. Environ* 7 (2009): 86-90.
- [20] <http://www.tutorvista.com/content/biology/biology-iv/ecosystem/water-cycle.php>
- [21] Bernhard, Anne. "The nitrogen cycle: Processes, players, and human impact." *Nature Education Knowledge* 3.10 (2012): 25.
- [22] <http://www.dairyherd.com/advice-and-tips/manure-maximizing-value-its-nitrogen>
- [23] Van Veen, J. A., and P. J. Kuikman. "Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms." *Biogeochemistry* 11.3 (1990): 213-233.
- [24] Adler, Julius. "Chemotaxis in bacteria." *Science* 153.3737 (1966): 708-716.

- [25] Roca, Amalia, et al. "Analysis of the plant growth-promoting properties encoded by the genome of the rhizobacterium *Pseudomonas putida* BIRD-1." *Environmental Microbiology* 15.3 (2013): 780-794.
- [26] Oren, Aharon. "Life at high salt concentrations." *The Prokaryotes*. Springer New York, 2006. 263-282.
- [27] Blaustein, Richard. "Advances in Astrobiology: Collaboration, new technologies deepen understanding of life's origins." *BioScience* 65.5 (2015): 460-465.
- [28] Seager, Sara. "The search for extrasolar Earth-like planets." *Earth and Planetary Science Letters* 208.3 (2003): 113-124.
- [29] Wu, Dongying, et al. "An automated phylogenetic tree-based small subunit rRNA taxonomy and alignment pipeline (STAP)." *PLoS ONE* 3.7 (2008): e2566.
- [30] Doolittle, W. Ford. "Phylogenetic classification and the universal tree." *Science* 284.5423 (1999): 2124-2128.
- [31] Whitman, William B. "The modern concept of the prokaryote." *Journal of bacteriology* 191.7 (2009): 2000-2005.
- [32] Rehder, Dieter. "The future of/for vanadium." *Dalton Transactions* 42.33 (2013): 11749-11761.
- [33] Werlang, Pablo, et al. "Multi-agent-based simulation of mycobacterium tuberculosis growth." *International Workshop on Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013: 131-142.
- [34] Chen, Chang-Hwei, and Donald S. Berns. "Thermotropic properties of thermophilic, mesophilic, and psychrophilic blue-green algae." *Plant Physiology* 66.4 (1980): 596-599.
- [35] Bouallagui, H., et al. "Effect of temperature on the performance of an anaerobic tubular reactor treating fruit and vegetable waste." *Process Biochemistry* 39.12 (2004): 2143-2148.
- [36] Armenante, Piero M., et al. "Anaerobic-aerobic treatment of halogenated phenolic compounds." *Water Research* 33.3 (1999): 681-692.
- [37] Horikoshi, Koki. "Barophiles: deep-sea microorganisms adapted to an extreme environment." *Current Opinion in Microbiology* 1.3 (1998): 291-295.
- [38] Gunde-Cimerman, Nina, Jose Ramos, and Ana Plemenitaš. "Halotolerant and halophilic fungi." *Mycological Research* 113.11 (2009): 1231-1241.

- [39] Nghe, Philippe, et al. "Microfabricated polyacrylamide devices for the controlled culture of growing cells and developing organisms." *PloS ONE* 8.9 (2013): e75537.
- [40] Feiner, Ron, et al. "A new perspective on lysogeny: prophages as active regulatory switches of bacteria." *Nature Reviews Microbiology* 13.10 (2015): 641-650.
- [41] [https://bio.libretexts.org/TextMaps/Map%3A_Microbiology_\(OpenStax\)/01%3A_An_Invisible_World/1.3%3A_Types_of_Microorganisms](https://bio.libretexts.org/TextMaps/Map%3A_Microbiology_(OpenStax)/01%3A_An_Invisible_World/1.3%3A_Types_of_Microorganisms)
- [42] Zou, Fengming, et al. "Wrinkled surface-mediated antibacterial activity of graphene oxide nanosheets." *ACS Applied Materials & Interfaces* 9.2 (2017): 1343-1351.
- [43] Kuehn, Kevin A. "Lentic and lotic habitats as templates for fungal communities: traits, adaptations, and their significance to litter decomposition within freshwater ecosystems." *Fungal Ecology* 19 (2016): 135-154.
- [44] Almeda, Rodrigo, Cammie Hyatt, and Edward J. Buskey. "Toxicity of dispersant Corexit 9500A and crude oil to marine microzooplankton." *Ecotoxicology and Environmental Safety* 106 (2014): 76-85.
- [45] Kyle, Jennifer E., et al. "Viruses in granitic groundwater from 69 to 450 m depth of the Äspö hard rock laboratory, Sweden." *The ISME Journal* 2.5 (2008): 571-574.
- [46] Krupovic, Mart, et al. "Genomics of bacterial and archaeal viruses: dynamics within the prokaryotic virosphere." *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 75.4 (2011): 610-635.
- [47] Dolan, John R., et al. "Tintinnid ciliates of Amundsen Sea (Antarctica) plankton communities." *Polar Research* 32.1 (2013): 19784.
- [48] Fuerst, John A., and Evgeny Sagulenko. "Beyond the bacterium: planctomycetes challenge our concepts of microbial structure and function." *Nature Reviews Microbiology* 9.6 (2011): 403-413.
- [49] Ropars, Jeanne, et al. "Induction of sexual reproduction and genetic diversity in the cheese fungus *Penicillium roqueforti*." *Evolutionary Applications* 7.4 (2014): 433-441.
- [50] Lefèvre, Christopher T., et al. "Positioning the flagellum at the center of a dividing cell to combine bacterial division with magnetic polarity." *mBio* 6.2 (2015): e02286-14.

- [51] De Clercq, Erik, and Guangdi Li. "Approved antiviral drugs over the past 50 years." *Clinical Microbiology Reviews* 29.3 (2016): 695-747.
- [52] Udalov, Ilya A. "*Pseudoparamoeba microlepis* n. sp., *Korotnevela foustae* n. sp. (Amoebozoa, Dactylopodida), with notes on the evolution of scales among dactylopodid amoebae." *European Journal of Protistology* 54 (2016): 33-46.
- [53] Heath, I. Brent, and Gero Steinberg. "Mechanisms of hyphal tip growth: tube dwelling amoebae revisited." *Fungal Genetics and Biology* 28.2 (1999): 79-93.
- [54] Campbell-Platt, Geoffrey. "Fermented foods—a world perspective." *Food Research International* 27.3 (1994): 253-257.
- [55] Rupasinghe, HP Vasantha, et al. "Chemistry of Fruit Wines." In: Kosseva, M.R., Joshi, V., Panesar, P. (Eds.), *Science and Technology of Fruit Wine Production*. Academic Press (2017): 105-176.
- [56] <https://www.fermentedgrape.com/making-wine/>
- [57] Rahman, Shafkat Shamim. *Isolation and characterization of Saccharomyces cerevisiae for the production of ethanol from organic sources*. Diss. BRAC University, 2013.
- [58] Goold, Hugh D., et al. "Yeast's balancing act between ethanol and glycerol production in low-alcohol wines." *Microbial Biotechnology* 10.2 (2017): 264-278.
- [59] Reichman, David E., and James A. Greenberg. "Reducing surgical site infections: a review." *Reviews in Obstetrics and Gynecology* 2.4 (2009): 212.
- [60] Ingram, L. O. "Mechanism of lysis of *Escherichia coli* by ethanol and other chaotropic agents." *Journal of Bacteriology* 146.1 (1981): 331-336.
- [61] Tan, Siun Chee, and Beow Chin Yiap. "DNA, RNA, and protein extraction: the past and the present." *BioMed Research International* 2009 (2009): 1-10.
- [62] Smith, James L., and Jonathan P. Workman. "Alcohol for motor fuels." *Fact Sheet* No. 5.010. Colorado State University Extension Service, 1980.
- [63] Dien, B. S., M. A. Cotta, and T. W. Jeffries. "Bacteria engineered for fuel ethanol production: current status." *Applied Microbiology and Biotechnology* 63.3 (2003): 258-266.

- [64] Balat, Mustafa, and Havva Balat. "Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel." *Applied Energy* 86.11 (2009): 2273-2282.
- [65] Van Zyl, Willem, et al. "Consolidated bioprocessing for bioethanol production using *Saccharomyces cerevisiae*." *Biofuels* (2007): 205-235.
- [66] Sonmez, Melda, et al. "The effect of alcohols on red blood cell mechanical properties and membrane fluidity depends on their molecular size." *PLoS ONE* 8.9 (2013): e76579.
- [67] Lappalainen, Hanna K., et al. "Pan-Eurasian Experiment (PEEX): towards a holistic understanding of the feedbacks and interactions in the land-atmosphere-ocean-society continuum in the northern Eurasian region." *Atmospheric Chemistry and Physics* 16.22 (2016): 14421-14461.
- [68] Bhattacharyya, Tapas, et al. "Processes determining the sequestration and maintenance of carbon in soils: a synthesis of research from tropical India." *Soil Horizons* 55.4 (2014): 1-16.
- [69] El Zahar Haichar, Feth, et al. "Root exudates mediated interactions belowground." *Soil Biology and Biochemistry* 77 (2014): 69-80.
- [70] Nancharaiyah, Y. V., S. Venkata Mohan, and P. N. L. Lens. "Biological and bioelectrochemical recovery of critical and scarce metals." *Trends in biotechnology* 34.2 (2016): 137-155.
- [71] Bruins, Mark R., Sanjay Kapil, and Frederick W. Oehme. "Microbial resistance to metals in the environment." *Ecotoxicology and Environmental Safety* 45.3 (2000): 198-207.
- [72] Remy, Laetitia, et al. "The *Staphylococcus aureus* Opp1 ABC transporter imports nickel and cobalt in zinc-depleted conditions and contributes to virulence." *Molecular Microbiology* 87.4 (2013): 730-743.
- [73] Adams, Godleads Omokhagbor, et al. "Bioremediation, biostimulation and bioaugmentation: a review." *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation* 3.1 (2015): 28-39.
- [74] Dixit, Ruchita, et al. "Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: an overview of principles and criteria of fundamental processes." *Sustainability* 7.2 (2015): 2189-2212.
- [75] Anjos, Ofélia, et al. "Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey." *Food Chemistry* 169 (2015): 218-223.

- [76] Almeida-Muradian, Ligia B., et al. "Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*." *International Journal of Food Science & Technology* 48.8 (2013): 1698-1706.
- [77] Wang, Miao, et al. "Bacillus in the guts of honey bees (*Apis mellifera*; Hymenoptera: Apidae) mediate changes in amylase values." *European Journal of Entomology* 112.4 (2015): 619.
- [78] Mandal, Manisha Deb, and Shyamapada Mandal. "Honey: its medicinal property and antibacterial activity." *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 1.2 (2011): 154-160.
- [79] Lee, Fredrick J., et al. "Saccharide breakdown and fermentation by the honey bee gut microbiome." *Environmental Microbiology* 17.3 (2015): 796-815.
- [80] Kwong, Waldan K., and Nancy A. Moran. "Gut microbial communities of social bees." *Nature Reviews Microbiology* 14.6 (2016): 374-384.
- [81] Engel, Philipp, Vincent G. Martinson, and Nancy A. Moran. "Functional diversity within the simple gut microbiota of the honey bee." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109.27 (2012): 11002-11007.
- [82] Sauer, Michael, Hans Marx, and Diethard Mattanovich. "From rumen to industry." *Microbial Cell Factories* 11.1 (2012): 121.
- [83] Hall, JB., Silver, S. 2009. "Nutrition and feeding of the cow-calf herd: digestive system of the cow". College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [84] Managing dairy nutrition for the organic herd: an introduction to nutritional concepts and terminology. 2013. <http://articles.extension.org/pages/68576/managing-dairy-nutrition-for-the-organic-herd:-an-introduction-to-nutritional-concepts-and-terminolo>.
- [85] <http://www.zo.utexas.edu/faculty/sjasper/images/f31.15.jpg>
- [86] Castillo-González, A. R., et al. "Microorganismos y fermentación ruminal." *Archivos De Medicina Veterinaria* 46.3 (2014): 349-361.
- [87] Krajmalnik-Brown, Rosa, et al. "Effects of gut microbes on nutrient absorption and energy regulation." *Nutrition in Clinical Practice* 27.2 (2012): 201-214.
- [88] Khezri, A., et al. "Effect of different rumen-degradable carbohydrates on rumen fermentation, nitrogen metabolism and lactation

- performance of Holstein dairy cows." *Asian-australasian Journal of Animal Sciences* 22 (2009): 651-658.
- [89] Guillermo, Téllez, et al. "Food-producing animals and their health in relation to human health." *Microbial Ecology in Health and Disease* 26.1 (2015): 25876.
- [90] Strucken, Eva M., Yan CSM Laurenson, and Gudrun A. Brockmann. "Go with the flow—biology and genetics of the lactation cycle." *Frontiers in genetics* 6 (2015).
- [91] Ahmed, Ali Hassan. "Milk hygiene." 2013. <https://www.researchgate.net/publication/312592747>.
- [92] Ng, S. C., et al. "Mechanisms of action of probiotics: recent advances." *Inflammatory bowel diseases* 15.2 (2009): 300-310.
- [93] Proença-Módena, José Luiz, Izoete Santos Macedo, and Eurico Arruda. "H5N1 avian influenza virus: an overview." *Brazilian Journal of Infectious Diseases* 11.1 (2007): 125-133.
- [94] Choi, CQ. 2017. Solar eclipse a chance to study life's resilience. <http://astrobiology.nasa.gov/news/solar-eclipse-a-chance-to-study-lifes-ressilience/>
- [95] Kumar, V., Marg, AA. "Genetic engineering." 2014. <https://www.researchgate.net/publication/292262701>.
- [96] Sakudo, Akikazu, Takashi Onodera, and Yasuharu Tanaka. "Inactivation of viruses." *Sterilization and Disinfection by Plasma*: 49-60.
- [97] Lee, Jong-wook, et al. "Nanoscale bacteriophage biosensors beyond phage display." *International Journal of Nanomedicine* 8 (2013): 3917-3925.
- [98] Solomon, Beka. "Filamentous bacteriophage as a novel therapeutic tool for Alzheimer's disease treatment." *Journal of Alzheimer's Disease* 15.2 (2008): 193-198.
- [99] Vinodkumar, Minaxi, et al. "Electron impact total cross sections for components of DNA and RNA molecules." *International Journal of Mass Spectrometry* 360 (2014): 1-7.
- [100] Gomez, Eliot F., et al. "Exploring the potential of nucleic acid bases in organic light emitting diodes." *Advanced Materials* 27.46 (2015): 7552-7562.
- [101] Tahvildari, Radin. "Integrating Solid-State Nanopore Sensors within Various Microfluidic Arrays for Single-Molecule Detection." Diss. Université d'Ottawa/University of Ottawa

- [102] Martins, R., J. A. Queiroz, and F. Sousa. "Ribonucleic acid purification." *Journal of Chromatography A* 1355 (2014): 1-14.
- [103] Chalova, Vesela I., et al. "*Escherichia coli*, an intestinal microorganism, as a biosensor for quantification of amino acid bioavailability." *Sensors* 9.9 (2009): 7038-7057.
- [104] Welch, Rodney A. "The genus *Escherichia*." *The prokaryotes*. Springer New York, 2006. 60-71.
- [105] Genom *Escherichia coli*. <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>
 – <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/407479587?report=fasta>
 – <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/1202271602?report=fasta>
 – <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/1202245290?report=fasta>
 – <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/1194856045?report=fasta>
- [106] Sampaio, José Paulo, and Paula Gonçalves. "Natural populations of *Saccharomyces kudriavzevii* in Portugal are associated with oak bark and are sympatric with *S. cerevisiae* and *S. paradoxus*." *Applied and environmental microbiology* 74.7 (2008): 2144-2152.
- [107] Vishnoi, Anchal, et al. "Anchor-based whole genome phylogeny (ABWGP): A tool for inferring evolutionary relationship among closely related microorganisms." *PLoS ONE* 5.11 (2010): e14159.
- [108] Seligman, Stephen J. "Constancy and diversity in the flavivirus fusion peptide." *Virology Journal* 5.1 (2008): 27.
- [109] Loren, J. Gaspar, Maribel Farfan, and M. Carmen Fuste. "Molecular phylogenetics and temporal diversification in the genus *Aeromonas* based on the sequences of five housekeeping genes." *PloS ONE* 9.2 (2014): e88805.
- [110] Kurniawan, A. 2019. "Diversitas metagenom bakteri di danau pascatambang timah dengan umur berbeda." Disertasi. Universitas Jenderal Soedirman.
- [111] Karim, MDE. 2014. "Nanotechnology within the legal and regulatory framework: an introductory overview." *Malayan Law Journal Articles* 2014 (3): 1-12.
- [112] Jayanth, SN. 2016. "Particle accelerators: the atom smashers." Department of Electronics and Communication Engineering. Keshav Memorial Institute of Technology
- [113] Maragò, Onofrio M., et al. "Optical trapping and manipulation of nanostructures." *Nature nanotechnology* 8.11 (2013): 807-819.

TENTANG PENULIS

Andri Kurniawan dilahirkan pada tahun 1984 di Pangkalpinang, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pada tahun 2002, mengawali pendidikan tinggi di Program Studi D3 Agroteknologi Hasil Perikanan, Institut Pertanian Bogor.

Setelah menyelesaikan Program D3, tahun 2005 penulis melanjutkan pendidikan Sarjana di Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Brawijaya. Penulis menyelesaikan pendidikan melalui kajian terkait

peranan *Trichoderma viride* untuk memfermentasi selulosa rumput laut *Eucheuma sp* menjadi glukosa. Pada tahun 2007-2009, penulis memperoleh beasiswa untuk meneruskan pendidikan Pascasarjana S2 di Universitas Brawijaya dan menyelesaikan pendidikannya melalui kajian aktivitas enzim lipase Bakteri *Micrococcus sp*.

Pada tahun 2010, penulis diangkat sebagai dosen di Jurusan Budidaya Perairan (Akuakultur), Universitas Bangka Belitung. Penulis aktif mengajar, meneliti, dan melakukan pengabdian masyarakat. Penulis juga telah menulis buku referensi dan monograf yang berjudul Penyakit Akuatik, Akuaponik Sederhana Berhasil Ganda, serta Cempedik: Entitas Ikan Pulau Belitung. Pada 2015 penulis mendapatkan beasiswa dan berkesempatan melanjutkan pendidikan di Program Studi S3 Biologi, Universitas Jenderal Soedirman dan berhasil mempertahankan disertasinya pada tahun 2019 melalui riset terkait diversitas metagenom bakteri di perairan danau atau kolong pascatambang timah.

Buku yang berjudul *Al-Qur'an & Mikrobiologi: Catatan Seorang Mikrobiolog* adalah narasi tentang perjalanan pemikiran dan keimanan yang dialami selama ini. Buku ini sengaja dikemas dalam sebuah format cerita yang menjelaskan keterbatasan ilmu penulisnya sehingga dapat memunculkan berbagai diskusi dan saling berbagi pengalaman yang konstruktif. Berbagai ilmu dapat dikirimkan melalui email penulis, yaitu andri_pangkal@yahoo.co.id sehingga dapat memperkaya khasanah wawasan bersama.

