BAB V
PEMBAHASAN

A. Pengaruh Lama Waktu Penyinaran Menggunakan Sinar Ultraviolet Terhadap kualitas Mikrobiologi Air Minum Isi Ulang

Perlakuan lama waktu penyinaran sinar ultraviolet yang digunakan dalam penelitian dibuat dalam 8 taraf perlakuan yaitu 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, 30 menit dan 35 menit. Selain itu, digunakan juga 0 menit (tanpa penyinaran) sebagai kontrol.

Pengujian kualitas mikrobiologi air minum isi ulang menggunakan metode MPN *Coliform* yang mempunyai 3 tahapan, yaitu tahap pendugaan, penegasan dan kepastian. Pada tahap pendugaan menggunakan medium kaldu laktosa dan tabung Durham, diamati setelah selama masa inkubbasi 1-2x24 jam pada suhu 37^0C. Jika di dalam sampel air minum terdapat bakteri *Coliform* yang ditandai dengan terbentunya gas pada dasar tabung Durham dan timbulnya kekeruhan pada medium.

Untuk mengetahui kandungan bakteri *Coliform fecal* di dalam sampel air minum, dilanjutkan dengan tahap penegasan. Tahap uji penegasan menggunakan medium BGLBB, yang diinkubasikan selama 1-2x24 jam pada suhu 45^0C. Jika di dalam sampel air minum terdapat bakteri *Coliform fecal*, maka akan ditunjukkan dengan timbulnya gas pada dasar tabung Durham.

Selanjutnya uji kepastian menggunakan medium MCA. Uji kepastian bertujuan untuk memastikan kandungan bakteri *Escherichia coli* pada sampel air minum setelah melewati masa inkubasi selama 1-2x24 jam pada suhu

45^0C, ditandai dengan ditemukan koloni merah muda sampai tua pada permukaan medium.

1. Pengaruh Lama Waktu Penyinaran Menggunakan Sinar Ultraviolet Terhadap Kualitas Mikrobiologi Air Minum Berdasarkan Tahap Uji Pendugaan Menggunakan Medium Kaldu Laktosa (KL) Selama 1-2x24 Jam

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.2, penyinaran dengan menggunakan sinar Ultraviolet terhadap kualitas mikrobiologi air minum isi ulang mempunyai pengaruh yang sangat nyata, sebagaimana terlihat dari F_{hitung} (16,72) lebih besar dari F_{tabel} (2,66 pada taraf signifikan 5% dan 4,03 pada taraf signifikan 1%), sehingga hipotesis penelitian (H_1) dapat diterima sedangkan hipotesis penelitian (Ho) ditolak pada taraf signifikan 1% dan 5%. Taraf konsentrasi perlakuan yang efektif dalam membunuh bakteri *Coliform* pada uji pendugaan menggunkan medium KL berdasarkan uji BNT 1% adalah P_5 (25 menit). Taraf perlakuan P_5 mempunyai pengaruh perlakuan terhadap P_6 dan P_7 yang ditandai dengan notasi yang sama, akan tetapi pada taraf P_5 inilah yang waktunya lebih singkat dan efektif dalam membunuh bakteri yaitu selama 25 menit jika dibandingkan dengan taraf yang lebih tinggi dalam penelitian yaitu P_6 dan P_7. Hal ini membuktikan bahwa semakin lama penyinaran sinar ultraviolet pada air minum, maka akan semakin banyak bakteri yang mati.

Selain itu, dari pengamatan kualitas mikrobiologi air minum berdasarkan uji pendugaan membuktikan bahwa pada taraf lainnya kurang berpengaruh nyata dalam membunuh bakteri yaitu taraf P_1 sampai dengan taraf P_3.

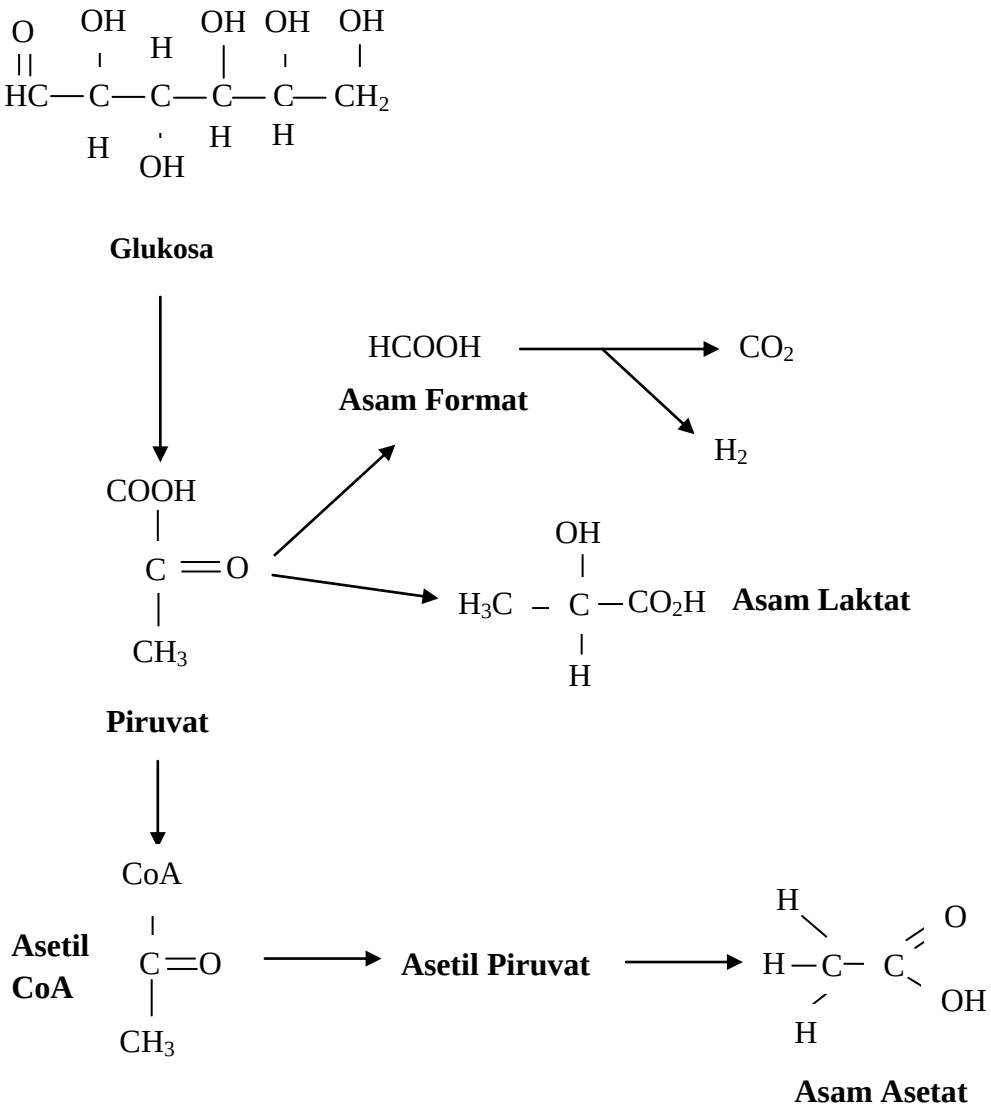
2. Pengaruh Lama Waktu Penyinaran Menggunakan Sinar Ultraviolet Terhadap Kualitas Mikrobiologi Air Minum Berdasarkan Tahap Uji Penegasan Menggunakan Medium *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLBB) 1-2x24 Jam

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.4, penyinaran dengan menggunakan sinar Ultraviolet terhadap kualitas mikrobiologi air minum isi ulang mempunyai pengaruh yang sangat nyata dalam membunuh bakteri *Coliform fecal* berdasarkan uji penegasan, sebagaimana terlihat dari F_{hitung} (110,69) lebih besar dari F_{tabel} (2,66 pada taraf signifikan 5% dan 4,03 pada taraf signifikan 1%), sehingga hipotesis penelitian (H1) dapat diterima sedangkan hipotesis penelitian (Ho) ditolak pada taraf signifikan 1% dan 5%. Uji penegasan dengan menggunakan medium BGLBB bertujuan untuk memastikan kandungan bakteri *Coliform fecal* sampel air minum setelah diberikan perlakuan taraf perlakuan dengan sinar ultraviolet setelah diinkubasikan selama 1-2x24 jam pada suhu 45^0C.

Berdasarkan hasil uji BNT 1% menunjukkan bahwa taraf yang paling efektif dalam penyinaran berdasarkan uji penegasan adalah pada taraf P_3 (15 menit). Hal ini membuktikan bahwa pada uji penegasan kualitas mikrobiologi air minum taraf P_3 (UV 15 menit) yang paling efektif dalam penyinaran ultraviolet dan mampu membunuh jumlah bakteri *Coliform fecal.*

Terbentuknya gas pada dasar tabung Durham pada medium KL dan BGLBB disebabkan oleh bakteri dalam memfermentasi laktosa yang terandung dalam medium. Hal ini didukung oleh kandungan medium KL dan BGLBB yang mengandung laktosa.

Bakteri *Escherichia coli* dapat menggunakan asetat sebagai sumber karbon, glukosa dan beberapa karbohidrat lainnya yang dipecah menjadi piruvat dan fermentasi lebih lanjut menghasilkan laktat, asam dan format. Asam format oleh hidrogrnliase dipecah menghasilkan CO_2 dan H_2. Hasil fermentasi ditandai dengan terbentuknya gas pada dasar tabung Durham pada medium KL dan BGLBB. Mekanisme reaksinya tampak pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Fermentasi Glukosa Oleh Bakteri *Escherichia coli*

Sebagaimana telah diketahui, bahwa semakin lama waktu kontak sinar ultraviolet terhadap air minum isi ulang, maka akan banyak bakteri yang mati. Hal ini disebabkan karena sinar ultraviolet memiliki kemampuan untuk mempengaruhi fungsi sel makhluk hidup dengan mengubah material inti sel atau DNA, sehingga mikroorganisme mati. Apabila mikroorganisme misalnya *Escherichia coli* disinari oleh sinar ultraviolet, maka ADN (Asam Deoksiribonukleat) mikroorganisme akan menyerap sinar ultraviolet. Energi itu menyebabkan terputusnya ikatan hidrogen pada basa nitrogen, sehingga terjadi modifikasi-modifikasi kimia dari nukleoprotein serta menimbulkan hubungan silang antara molekul-molekul timin yang berdekatan dengan berikatan secara kovalen. Hubungan ini menyebabkan salah baca dari kode genetik dalam proses sintesa protein, yang akan menghasilkan mutasi, yang selanjutnya akan merusak atau memperlemah fungsi-fungsi vital mikroorganisme dan kemudian akan membunuhnya.[84]

Mutasi adalah perubahan-perubahan yang terjadi dalam materi herediter. Mutasi yang terjadi akibat sinar UV tersebut adalah mutasi diinduksi. Mutasi diinduksi adalah mutasi yang terjadi sebagai akibat dari hasil pemaparan organisme pada agen mutagenik seperti radiasi mengion,

[84] Suharyono, dkk, *Pengaruh Sinar Ultraviolet dan Lama Penyimpanan Terhadap Sifat Mikrobiologi dan Ketengikan Krem Santan Kelapa*, 2009, Jurusan Hasil Pertanian Universitas Lampung, h. 175, (diunduh dalam bentuk pdf pada 26 Agustus 2014)

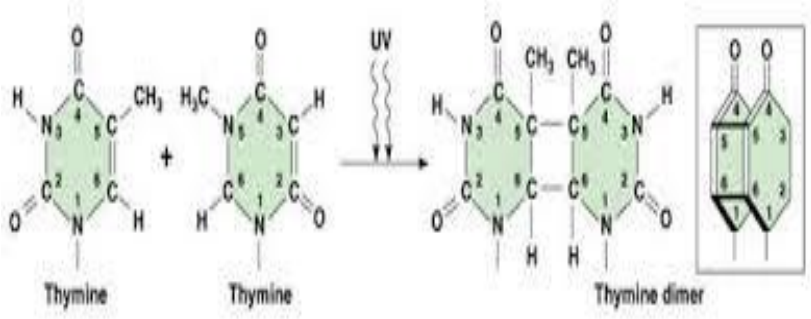
sinar UV atau macam-macam zat kimia yang dapat bereaksi dengan DNA bakteri *Coliform*.[85]

Selain itu, akibat absorbsi sinar ultraviolet tersebut oleh DNA (atau RNA pada beberapa virus) mikroorganisme, menyebabkan bakteri tidak mampu melakukan replikasi akibat pembentukan ikatan rangkap dua pada molekul-molekul pirimidin tersebut. Sel yang tidak mampu melakukan replikasi mengakibatkan kehilangan sifat patogenitasnya, dan akibat radiasi sinar ultraviolet yang diabsorbsi oleh protein pada pada membran sel bakteri akan menyebabkan kerusakan membaran sel dan kematian sel.[86]

Akibat dari penyinaran UV terhadap bakteri adalah menghamburkan energi UV tersebut kepada atom-atom yang dijumpainya dan menyebabkan eksitasi, sehingga molekul yang mengandung bentuk ion-ion tersebut menjadi lebih reaktif dan menyebabkan ikatan rangkap pada pirimidin, sebagaimana tampak pada Gambar 5.2 berikut.

[85] Tjan kiauw nio, *Genetika dan Penuntun Praktikum*, ITB, h 125.

[86] Okik Hendriyanto Cahyonugroho, *Pengaruh Intensitas Sinar Ultraviolet dan Pengadukan Terhadap Reduksi Jumlah Bakteri E. coli*, Progdi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional, Surabaya, hal.19, vol 2 No. 1, (diunduh dalam bentuk pdf pada 26 Agustus 2014)



Gambar 5.2 Dimerisasi akibat sinar UV pada DNA

Sinar ultraviolet menggiatkan atau eksitasi atom-atom yang dijumpai, misalnya pada purin dan pirimidinnya. Pirimidin sangat kuat dalam menyerap sinar ultraviolet pada panjang gelombang 254 nm, sehingga menyebabkan timin menjadi sangat reaktif. Berdasarkan Gambar 5.1 di atas, terjadi akibat pengaruh sinar ultraviolet pada DNA bakteri. Dimer timin tersebut dapat mengganggu helix ganda DNA, menghambat replikasi DNA pada bakteri dan menjadi gangguan/kesalahan dalam proses perbaikan DNA yang telah rusak.[87]

Berdasarkan Gambar diagram 4.1 sampai dengan 4.3 menunjukkan bahwa pada pada beberapa taraf penyinaran tertentu masih terkontaminasi bakteri *Coliform, Coliform fecal* dan *Escherichia coli,* sebagaimana dipertegas dengan besarnya nilai MPN *Coliform* yang berada di atas standar yang ditentuan oleh BPOM. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh lama waktu kontak penyinaran ultraviolet terhadap air minum yang relatif sebentar, sehingga masih banyak bakteri yang tidak terbunuh dan menyebabkan air minum menjadi tidak layak dikonsumsi.

[87] AD Corebima, *Mutasi*, Jurusan Biologi, Universitas Negeri Malang, h 9-10.

Selain itu, proses penyinaran tersebut tentunya juga dipengaruhi oleh faktor lain, misalnya sumber bahan baku air tanah yang digunakan dalam air minum isi ulang diperoleh dari air sumur yang berada pada lokasi pemukiman penduduk. Selain itu, berdasarkan data sekunder bahwa depot mempunyai jarak yang dekat antara mata air sumur dengan *septic tank* yaitu ± 5 meter dengan kedalaman ± 10 meter, sehingga dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi oleh bekteri.

Faktor lain adalah proses pengolahan, perawatan dan pemeriksaan alat-alat air minum isi ulang yang jarang dilakukan pengusaha air minum ke BPOM tentunya juga dapat mempengaruhi penyinaran ultraviolet dalam membunuh bakteri yang ada pada air minum.[88] Alat penyaring (filter) pada air minum isi ulang yang tidak dibersihkan secara berkala tentunya juga menjadi penyebab tercemarnya air minum. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efektifitas penyinaran ultraviolet terhadap daya bunuh bakteri diantaranya luas ruangan, intensitas cahaya yang digunakan, jara sumber cahaya terhadap bakteri, lama waktu penyinaran dan jenis bateri yang disinari.

3. Pengaruh Lama Waktu Penyinaran Menggunakan Sinar Ultraviolet Terhadap Kualitas Mikrobiologi Air Minum Berdasarkan Tahap Uji Kepastian Menggunakan Medium *Mac Concey Agar* (MCA) 1-2x24 Jam

Untuk mengetahui kandungan bakteri *Escherichia coli* dari sampel air minum setelah diberikan taraf perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji kepastian menggunakan medium MCA. Setelah melewati masa inkubasi

[88] Wawancara dengan responden galon terpilih, pada 5 Juni 2014

selama 1-2x24 jam pada suhu 45^0C, jika ditemukan koloni berwarna merah muda pada permukaan medium, maka koloni tersebut adalah *Escherichia coli.*

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.7, penyinaran dengan menggunakan sinar ultraviolet terhadap kualitas mikrobiologi air minum isi ulang mempunyai pengaruh nyata dalam membunuh bakteri *Escherichia coli*, sebagaimana terlihat dari F_{hitung} (2,79) lebih besar dari F_{tabel} (2,66 pada taraf signifikan 5%), sehingga hipotesis penelitian (H1) dapat diterima dan hipotesis penelitian (Ho) ditolak pada taraf signifikan 5%. Sedangkan hipotesis penelitian (H1) ditolak pada taraf signifikan 1%.

Perlakuan berupa penyinaran menggunakan UV pada uji kepastian terhadap kualitas mikrobiologi air minum isi ulang berbahan baku air tanah mempunyai pengaruh yang sangat kecil. Hal ini tampak dari hasil uji lanjut BNT 1% yang menunjukkan bahwa tidak berbeda nyata pada masing-masing taraf perlakuan jika dibandingkan dengan kontrol dan taraf perlakuan lainnya. Kendati demikian, P_3 dapat dikatakan efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri, karena berbeda dengan kontrol (P_0) P_1, dan P_2 dan tidak berbeda jika dibandingkan dengan taraf lama waktu lainnya yang lebih besar, yaitu P_4, P_5, P_6 dan P_7. Sehingga jika dihubungkan untuk mempertegas data penegasan terhadap kemampuan daya bunuh sinar UV terhadap *E. coli* , dapat direkomendasikan efektif pada taraf P_3.

Hal tersebut dapat dilihat dari perbandingan notasi antara taraf perlakuan P3 yang tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan taraf yang lebih tinggi, yaitu P_4, P_5, P_6 dan P_7. Di mana, P_7 (35 menit) menunjukkan hasil negatif (-) jika dilihat dari koloni yang tampak pada medium MCA.

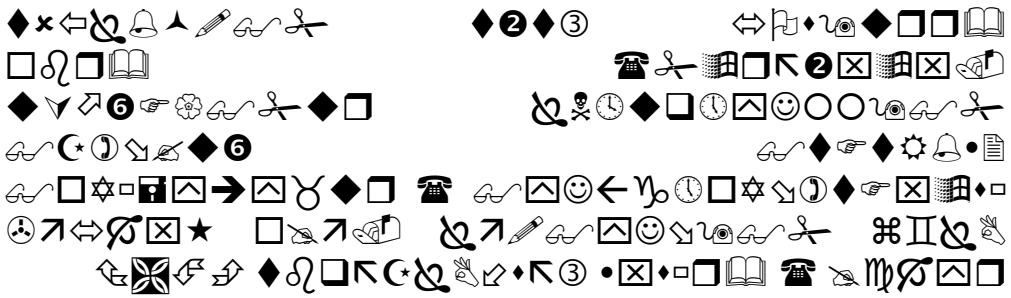
B. Implikasi Hasil Penelitian Terhadap Pendidikan

Berdasarkan kurikulum Tadris Biologi STAIN Palangkaraya, khususnya pada mata kuliah mikrobiologi dipelajari sub konsep materi mikrobiologi air dan peranannya bagi kehidupan makhluk hidup serta kehidupan alami mikroorganisme dalam air diharapkan mahasiswa dapat mengomunikasikan dan menerapkan keilmuannya dalam kehidupan sehari-hari yang di interkoneksikan dan berlandaskan pada ajaran Al-Qur'an dan Sunnah Rasulullah Saw.

Hasil penelitian ini, diharapkan dapat digunakan sebagai referensi dalam kegiatan pembelajaran dan praktikum pada mata kuliah mikrobiologi, khususnya materi tentang mikrobiologi air. Selain itu juga dapat memberi informasi kepada masyarakat dan pengusaha depot air minum isi ulang tentang waktu yang efektif dalam penyinaran dengan ultraviolet pada air minum isi ulang berbahan baku air tanah. Hasil penelitian ini juga dapat membantu dan memberi masukkan serta menunjang materi praktikum yang disusun dan dikembangkan sebagai materi praktikum pada mata kuliah mikrobiologi.

Proses pembelajaran dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan pembelajaran kontekstual, karena dengan pendekatan ini, mahasiswa mampu memperoleh kecakapan pendidikan hidup. Kegiatan belajar mengajar akan terasa lebih bermanfaat dirasakan mahasiswa, jika pembelajaran tersebut diperoleh dari kehidupan nyata di lingkungan sekitar, sehingga mudah dalam memahami konsep pemeblajaran. Salah satunya adalah dalam kegiatan pengujian kualitas air minum isi ulang dengan penyinaran ultraviolet dapat diamati secara langsung dalam kehidupan sehari-hari melalui metode MPN *Coliform.*

Air adalah zat atau materi yang penting bagi semua bentuk kehidupan dan hampir dipastikan tidak ada makhluk hidup yang dapat hidup tanpa air. Peranan air bagi kehidupan sangat besar terutama bagi makhluk hidup, bahkan sebagian besar bumi adalah air. Hal tersebut karena segala sesuatu diciptakan dari dan membutuhkan air, sebagaimana terdapat dalam surah Al-Anbiya ayat 30, yang berbunyi:

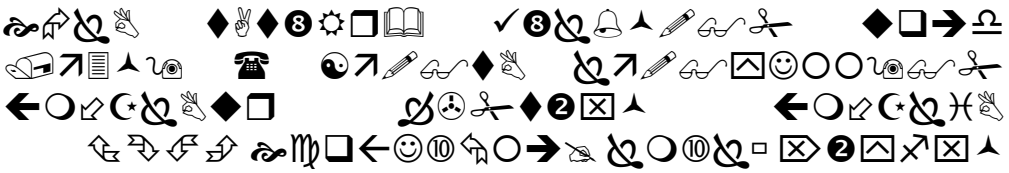


"Dan apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, Kemudian kami pisahkan antara keduanya. dan dari air kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga beriman?"

Berangkat dari ayat di atas, dapat disimpulkan bahwa segala sesuatu yang hidup membutuhkan air dan pemeliharaan kehidupan segala sesuatu

adalah dengan air. Kebenaran pernyataan Allah ini telah terbukti melalui penemuan lebih dari satu cabang ilmu pengetahuan. Misalnya kajian ilmu sitologi, menyatakan bahwa air adalah komponen terpenting dalam pembentukan sel yang merupakan satuan bangunan pada setiap makhluk hidup, baik hewan, tumbuhan maupun manusia. Sedang biokimia menyatakan bahwa air adalah unsur yang sangat penting pada setiap interasksi dan perubahan yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup. Air dapat berfungsi sebagai media, faktor pembantu, bagian dari proses interksi, atau bahkan hasil dari sebuah interaksi itu sendiri.

Air telah diciptakan Allah Swt sedemikian rupa dan mempunyai banyak manfaat bagi seluruh makhluk hidup di alam raya serta mempunyai keunikan tersendiri dibanding dengan cairan lainnya. Hal ini telah dijelaskan Allah dalam kitab Al-Qur'an surah An-Nahl ayat 10 yang berbunyi:



"Dia (Allah)-lah, yang telah menurunkan air hujan dari langit untuk kamu, sebahagiannya menjadi minuman dan sebahagiannya (menyuburkan) tumbuh-tumbuhan, yang pada (tempat tumbuhnya) kamu menggembalakan ternakmu."[89]

Ayat di atas menjelaskan secara tegas, bahwa sesungguhnya Allah lah yang telah menurunkan air dari langit yang selanjutnya disebut air hujan. Air mempunyai banyak manfaat bagi makhluk hidup secara umum dan bagi manusia secara khususnya, sebagaimana pada ayat di atas. Air sangat berguna

[89]Akhmad Supriadi dan Jumrodah, 2013, Tafsir Ayat-ayat Biologi, Yogyakarta: Kanwa Publiser, h. 157-158

bagi tumbuh-tumbuhan dan hewan dalam melangsungkan kehidupannya, misalnya digunakan dalam metabolisme selnya. Ayat tersebut juga menjelaskan bahwa fungsi air bagi manusia adalah dapat digunakan sebagai minuman dan menyuburkan tumbuh-tumbuhan dari ladangnya, serta dengan air yang menyuburkan tumbuhan tersebut digunakan sebagai tempat menggembalakan binatang ternak.