

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

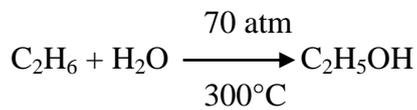
2.1 Bioetanol (C₂H₅OH)

Etanol (alkohol) adalah nama suatu golongan senyawa organik yang mengandung unsur C, H dan O. Etanol dalam ilmu kimia disebut sebagai etil alkohol dengan rumus kimia C₂H₅OH. Rumus umum dari alkohol adalah R -OH. Secara struktur alkohol sama dengan air, namun salah satu hidrogennya digantikan oleh gugus alkil. Gugus fungsional alkohol adalah gugus hidroksil, OH. Pemberian nama alkohol biasanya dengan menyebut nama alkil yang terikat pada gugus OH, kemudian menambahkan nama alkohol (Siregar, 1988).

Karakteristik etanol meliputi: berupa zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dengan air dalam segala perbandingan. Secara garis besar penggunaan etanol adalah sebagai pelarut untuk zat organik maupun anorganik, bahan dasar industri asam cuka, ester, spiritus, dan asetaldehid. Selain itu etanol juga digunakan untuk campuran minuman serta digunakan sebagai bahan bakar yang terbarukan (Endah *dkk*, 2007).

Pembuatan etanol dalam industri ada 2 macam yaitu: 1) cara non fermentasi (sintetik), suatu proses pembuatan alkohol yang tidak menggunakan enzim ataupun jasad renik, 2) cara fermentasi, merupakan proses metabolisme dimana terjadi perubahan kimia dalam substrat karena aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba (Endah *dkk*, 2007).

Pembuatan etanol secara sintetik yaitu dengan cara mengkombinasikan etana dan air pada tekanan tinggi.



Sedangkan cara fermentasi, etanol diproduksi dari bahan baku yang mengandung karbohidrat dengan bantuan enzim zimase yang terdapat pada mikroba.



Etanol yang diproduksi melalui proses fermentasi menggunakan mikroba disebut bioetanol. Proses pembuatan bioetanol terdiri dari tiga langkah meliputi: pengubahan polisakarida menjadi gula sederhana, fermentasi dan terakhir adalah destilasi (proses pemurnin etanol) (Morris dan Armada, 2006).

Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai macam bahan baku yang berbeda dan dikelompokkan menjadi tiga meliputi: bahan bersukrosa (gula tebu, gula bit dan shorgum), bahan berpati (jagung, kentang, gandum), bahan berselulosa (kayu, rumput, kulit nenas) (Prados dan Fito, 2010). Bahan berselulosa lain yang dapat digunakan untuk menghasilkan bioetanol adalah jerami padi dan alang-alang melalui fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* (Sari dan Yulneriwarni, 2010).

Bahan baku bioetanol di Amerika Serikat 90% berasal dari jagung, sedangkan di Brasil yang merupakan produsen etanol terbesar di dunia bahan baku berasal dari gula tebu. Etanol juga dapat diproduksi dari gandum, kentang, gula bit dan lain sebagainya (Moris dan Armada, 2006). Saat ini di Indonesia bioetanol di produksi dari tetes tebu, ubi kayu maupun jagung sehingga bersaing dengan kebutuhan untuk pangan, pakan dan bahan baku industri lain. Satu

diantara alternatif bahan baku untuk pembuatan bioetanol adalah biomassa berselulosa. Potensi limbah pertanian yang tersedia di Indonesia berupa limbah biomassa hasil pertanian (jerami padi, jagung dan lainnya), limbah kehutanan (sisa biomassa setelah diambil kayunya), limbah industri hasil kehutanan dengan pertanian (sisa biomassa kertas, pabrik gula dan lainnya), maupun sampah rumah tangga (hijauan, kertas dan lainnya). Potensi biomassa sebagai bahan baku bioetanol bervariasi sesuai dengan kandungan bahan penyusun yang dapat dikonversi menjadi gula sederhana yaitu selulosa dan hemiselulosa. Produk pertanian yang berpotensi sebagai penghasil biomassa meliputi tanaman pangan (padi, jagung, kedelai, ubi kayu, ubi jalar dan lainnya), tanaman hortikultura (kentang, tomat, cabai dan lainnya), tanaman perkebunan (karet, minyak palem, kelapa sawit, kakao, kopi, teh, tebu, dan tembakau) dan tanaman kehutanan (Riyanti, 2009).

Selulosa merupakan komponen utama dinding sel tanaman yang tersusun dari monomer glukosa sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol. Berdasarkan sumber perolehannya selulosa dibedakan menjadi tiga macam yaitu: sampah pertanian (jerami gandum, daun jagung, tongkol jagung, jerami padi dan bagasse), sisa hasil hutan (kayu yang telah mati dan pohon-pohon kecil) dan sampah padat (kertas, kayu dan bahan organik lainnya). Bahan berselulosa lebih murah dibanding jagung namun untuk mengubahnya menjadi gula sangat sulit. Selulosa terdiri dari gula berikatan rantai panjang. Perubahan selulosa menjadi gula pada umumnya dengan menggunakan asam encer atau pekat (Morris dan Armada, 2006).

Penggunaan asam untuk hidrolisis memiliki banyak kelemahan diantaranya: menghasilkan produk samping seperti senyawa furan, fenolik dan asam asetat yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba, bersifat korosif terhadap peralatan yang digunakan, menghasilkan glukosa rendah, membutuhkan suhu yang tinggi dan lain-lain (Taherzadeh dan Keikhsrok, 2007).

2.2 Sampah Organik

Sampah merupakan hasil dari aktivitas manusia yang sudah tidak terpakai. Sumber sampah bisa berasal dari kegiatan rumah tangga, pasar, perkantoran, rumah penginapan, hotel, rumah makan, industri, atau aktivitas manusia lainnya (Purwendro dan Nurhidayat, 2006). Menurut Sudrajat (2006) sumber sampah yang terbanyak adalah dari pemukiman dan pasar tradisional. Pasar khusus seperti pasar sayur-mayur, pasar buah ataupun pasar ikan, jenis sampahnya relatif seragam dan sebagian besar (95%) adalah sampah organik. Sedangkan sampah dari pemukiman umumnya sangat beragam, tetapi secara umum minimal 75% terdiri dari sampah organik dan sisanya adalah sampah anorganik.

Berdasarkan asalnya, sampah dibedakan menjadi dua jenis yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik berasal dari makhluk hidup, baik manusia, hewan maupun tumbuhan. Sampah organik dibagi menjadi sampah organik kering dan sampah organik basah. Istilah sampah organik basah dimaksudkan untuk sampah yang mempunyai kandungan air tinggi contohnya kulit buah dan sayuran. Sementara bahan yang termasuk sampah organik kering adalah bahan organik lain yang kandungan airnya kecil. Contoh sampah organik

kering adalah kertas, kayu atau ranting pohon dan dedaunan kering (Purwendro dan Nurhidayat, 2006).

Jumlah penduduk Indonesia yang semakin meningkat membuat gaya hidup yang lebih konsumtif sehingga menghasilkan lebih banyak sampah. Penduduk Indonesia perharinya membuang sampah sekitar 51.400.000 ton sampah. Sampah yang menumpuk dapat membawa dampak yang buruk pada kondisi kesehatan manusia dan lingkungan. Bila sampah dibuang secara sembarangan atau ditumpuk tanpa ada pengelolaan yang baik maka akan menimbulkan dampak yang serius. Terjadinya bencana (ledakan gas metan, tanah longsor, pencemaran udara akibat pembakaran terbuka dan lain-lain) merupakan akibat dari pengelolaan sampah yang belum dilaksanakan dengan baik (Kementerian Lingkungan Hidup, 2009).

Metode pemanfaatan sampah antara lain yaitu metode biokonversi (proses pengubahan sampah menjadi bahan bakar termasuk didalamnya sebagai bioetanol dengan melibatkan mikroorganisme). Sampah organik mengandung komponen-komponen utama yaitu: pati, selulosa, hemiselulosa dan lignin. Pati, selulosa dan hemiselulosa termasuk golongan karbohidrat yang dapat diuraikan oleh enzim, asam atau komponen lain menjadi gula sederhana. Selanjutnya dengan proses fermentasi, gula sederhana tersebut dapat diubah menjadi bioetanol. Sampah organik seperti tongkol jagung, kulit mangga, kulit pisang mengandung karbohidrat yang dapat dikembangkan sebagai bahan baku bioetanol (Okonko *dkk*, 2009). Lignin merupakan molekul kompleks yang tersusun dari *phenyl propane* dan bukan termasuk golongan karbohidrat. Lignin berasosiasi dengan

polisakarida sehingga dapat menghambat pelepasan dan hidrolisis polisakarida. Komponen lignin dapat didegradasi dengan menggunakan enzim lignolitik seperti: lakase, lignin peroksidase dan mangan peroksidase. Ketiga enzim tersebut dapat dihasilkan dari jamur pelapuk putih *Omphalina* sp. dan *Pleurotus ostreatus* (Anindyawati, 2009).

Pati adalah suatu polimer yang secara keseluruhan terdiri atas monomer-monomer glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik α 1-4 (karbon nomer 1 dengan karbon nomer 4). Bentuk pati yang paling sederhana adalah amilosa yang rantainya tidak bercabang sedangkan amilopektin bentuk patinya lebih kompleks dan merupakan polimer bercabang (Campbell *dkk*, 2002).

Selulosa merupakan homopolisakarida linier berantai panjang tersusun dari monomer-monomer glukosa yang terikat oleh ikatan glikosidik β 1-4. Ikatan rantai panjang pada selulosa dapat dipecah melalui reaksi hidrolisis dengan air, asam ataupun enzim. Berbeda dengan selulosa, hemiselulosa adalah hetero polisakarida linier berantai pendek yang tersusun dari beberapa unit gula meliputi: D-xylose, D-glukose, D-galaktose, D-mannose dan L-arabinose. Rantai hemiselulosa yang pendek lebih mudah dipecah menjadi komponen gula penyusunnya dibandingkan selulosa (Chandel *dkk*, 2007).

2.3 Fermentasi

Fermentasi berasal dari kata latin "*fervere*" yang berarti mendidih yang menunjukkan adanya aktivitas dari mikroba ragi pada ekstrak buah-buahan atau biji-bijian. Peristiwa mendidih tersebut disebabkan karena terbentuknya

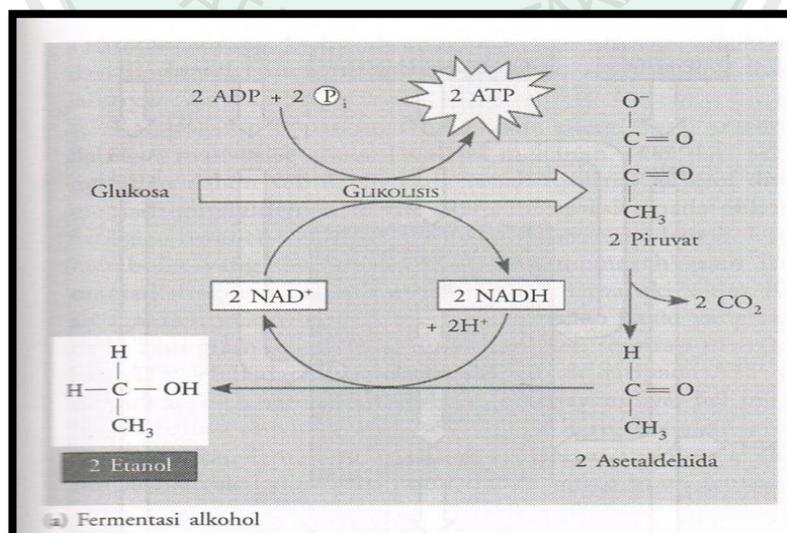
gelembung-gelembung gas CO₂ yang diakibatkan katabolisme (*biodegradasi*) secara anaerobik dari gula yang ada dalam ekstrak. Istilah fermentasi diartikan berbeda oleh ahli mikrobiologi dan biokimia. Ahli mikrobiologi menjelaskan bahwa fermentasi merupakan suatu proses untuk mengubah bahan baku menjadi suatu produk oleh mikroba. Ahli biokimia mengartikan fermentasi sebagai suatu proses untuk menghasilkan energi yang diperoleh dari proses anaerobik tanpa adanya oksigen (Stanbury dan Whitaker, 1984).

Fermentasi adalah proses pemecahan senyawa organik (khususnya gula, lemak) oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob menghasilkan produk-produk organik yang lebih sederhana (Abercrombie, 1993). Menurut Purwoko (2007) fermentasi adalah pemanfaatan senyawa organik untuk pembentukan energi melalui transfer elektron di sitoplasma. Pembentukan energi melalui transfer elektron di sitoplasma disebut sebagai fosforilasi tingkat substrat. Oleh karena itu fermentasi juga didefinisikan sebagai pembentukan energi tingkat substrat.

Fermentasi etanol adalah proses biologi yang melibatkan mikroorganisme untuk mengubah bahan organik menjadi komponen sederhana. Selama proses fermentasi mikroorganisme memproduksi enzim untuk menghidrolisis substrat menjadi komponen sederhana (gula) selanjutnya mengubahnya menjadi etanol. Beberapa penelitian melaporkan bahwa produksi etanol yaitu dengan menggunakan mikroorganisme seperti kapang, khamir dan bakteri. Mikroba yang sering digunakan dalam proses fermentasi adalah *S. cerevisiae*. Khamir ini dapat tumbuh di media yang mengandung gula sederhana seperti glukosa, fruktosa dan mannose (Lin dan Tanaka, 2005).

Selama proses fermentasi, khamir menghasilkan enzim zimase yang dapat mengubah gula menjadi etanol, kerja enzim tersebut hanya spesifik pada gula (tidak semua karbohidrat dapat dikonversi). Pada fermentasi alkohol, disakarida seperti maltosa ataupun sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) dihidrolisis menjadi heksosa ($C_6H_{12}O_6$) oleh enzim maltase ataupun invertase yang terdapat pada sel khamir. Selanjutnya heksosa diubah menjadi etanol dan karbondioksida oleh enzim zimase (Adams *dkk*, 1969).

Proses fermentasi terdiri atas glikolisis dan reaksi yang menghasilkan NAD^+ melalui transfer elektron dari $NADH$ ke piruvat. Glikolisis merupakan proses perubahan 1 molekul glukosa menjadi 2 molekul piruvat. Pada fermentasi alkohol, piruvat diubah menjadi etanol (etil alkohol) dalam 2 langkah. Langkah pertama yaitu dengan melepaskan karbondioksida dari piruvat selanjutnya diubah menjadi senyawa asetaldehida berkarbon dua. Langkah kedua asetaldehida direduksi oleh $NADH$ menjadi etanol (Campbell *dkk*, 2002).



Gambar 2.1 Proses Fermentasi alkohol (Campbell *dkk*, 2002)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi meliputi:

1. Derajat keasaman (pH)

pH optimum untuk proses fermentasi berkisar antara 4,5-5, pada pH 3 proses fermentasi akan berkurang kecepatannya. Hal tersebut dikarenakan pH mempengaruhi efektivitas enzim yang dihasilkan mikroorganisme dalam membentuk kompleks enzim substrat. Selain itu perubahan pH dapat menyebabkan terjadinya proses denaturasi sehingga menurunkan aktivitas enzim (Poedjadi dan Titin, 2006).

2. Mikroorganisme

Pemilihan mikroorganisme biasanya didasarkan pada jenis karbohidrat yang digunakan sebagai medium. Sebagai contoh untuk memproduksi alkohol dari pati dan gula digunakan *S. Cerevisiae* dan kadang-kadang juga digunakan *S. elliopsoides*, untuk bahan-bahan laktosa menggunakan *Candida pseudotropicalis* sedangkan untuk bahan-bahan yang mengandung selulosa yaitu dengan menggunakan *Candida shehatae*, *Clostridium thermocellum*, *Aspergillus* sp dan lain-lain. Seleksi tersebut bertujuan untuk mendapatkan mikroorganisme yang mampu tumbuh dengan cepat dan mempunyai toleransi terhadap konsentrasi gula yang tinggi serta mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah yang banyak dan tahan terhadap alkohol sebagai daya tolak umpan balik (Budiyanto, 2004).

3. Suhu

Suhu fermentasi akan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme. Sampai pada suatu titik, kecepatan suatu reaksi enzimatik mikroba meningkat sejalan dengan meningkatnya suhu. Hal ini dikarenakan substrat akan bertumbukan

dengan tempat aktif lebih sering ketika molekul itu bergerak lebih cepat (Campbell *dkk*, 2002).

4. Waktu

Waktu yang digunakan untuk fermentasi tergantung pada jenis substrat, suhu, pH fermentasi dan mikroorganisme yang digunakan. Penelitian yang telah dilakukan oleh Reddy *dkk* (2010) tentang pembuatan bioetanol dari daun pisang menggunakan bakteri *C. thermocellum* menunjukkan bahwa kadar bioetanol tertinggi yaitu 22% dicapai pada lama fermentasi 5 hari. Penelitian yang dilakukan oleh Bries (2008) melaporkan bahwa kadar bioetanol tertinggi yaitu 5,22% dicapai pada lama fermentasi 1 hari. Bioetanol diperoleh dari hasil fermentasi kulit nanas dengan perlakuan awal hidrolisis menggunakan enzim xylanase dan dilanjutkan dengan proses fermentasi menggunakan *S. cerevisiae*.

5. Media (makanan atau nutrisi)

Media merupakan salah satu faktor penting dalam fermentasi karena mikroba dapat hidup dalam media tersebut, tumbuh serta dapat berkembang biak dan dapat mensintesis produk. Oleh karena itu media harus dipersiapkan dengan kandungan bahan-bahan yang memenuhi syarat dan cukup untuk berkembang biak dan cukup pula untuk diubah menjadi produk. Mikroba memerlukan unsur karbon dan nitrogen. Unsur karbon dapat meningkatkan energi dan biosintesis sehingga persediaan sumber karbon yang cukup, dibutuhkan untuk proses fermentasi. Sedangkan sumber nitrogen digunakan oleh mikroba untuk mempercepat pertumbuhan sel dalam fermentasi. Salah satu contoh sumber nitrogen yang dapat digunakan adalah urea (Trismilah dan Sumaryanto, 2005).

1.4 Ragi

Ragi adalah campuran mikroorganisme yang terdiri dari: khamir, kapang dan bakteri (Gandjar *dkk*, 2006). Kata ragi dipakai untuk menyebut adonan atau ramuan yang digunakan dalam pembuatan berbagai makanan dan minuman seperti tempe, oncom, tape, roti, anggur, brem dan lain-lain (Dwidjoseputro, 2005).

Bahan yang digunakan untuk pertumbuhan ragi adalah tepung beras dicampur dengan air dan rempah-rempah selanjutnya pasta dicetak dan dibiarkan selama 5 hari. Produk akhir akan berbentuk bulat pipih kering dengan diameter 4-6 cm dan ketebalan 0,5 cm (Hidayat, 2006) selanjutnya ragi bisa digunakan dalam proses fermentasi. Ragi yang belum digunakan dapat disimpan dalam waktu tertentu pada kondisi kering, hal ini bertujuan untuk menghambat pertumbuhan mikroba yang terdapat pada ragi. Firman Allah SWT dalam surat Ar-Rum ayat 19 yang berbunyi:

مُخْرِجُ الْحَيِّ مِنَ الْمَمِيتِ وَمُخْرِجُ الْمَمِيتِ مِنَ الْحَيِّ وَنُحْيِي الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَكَذَلِكَ نُخْرِجُوكَ



Artinya: Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup dan menghidupkan bumi setelah mati (kering). Dan seperti itulah kamu akan dikeluarkan (dari kubur).

Al-Maraghi menginterpretasikan surat Ar-Rum ayat 19 dengan maksud semua makhluk hidup tumbuh dan berkembang dengan menggunakan semua yang mati (Jazuli, 2006). Begitu juga dengan ragi, ketika ragi digunakan dalam proses fermentasi maka mikroba yang terdapat pada ragi akan tumbuh dan berkembang

menghasilkan sel yang lebih banyak. Hal ini disebabkan selama fermentasi mikroba pada ragi akan mengkonsumsi substrat maupun nutrisi yang ditambahkan dalam proses fermentasi sebagai sumber energi.

Pertumbuhan ragi dipengaruhi oleh ketersediaan air. Bahan-bahan yang terlarut dalam air digunakan oleh mikroorganisme untuk membentuk bahan sel dan memperoleh energi yaitu bahan makanan. Ragi mempunyai kemampuan untuk memfermentasi gula yaitu: glukosa, galaktosa, sukrosa, maltosa, laktosa dan polisakarida (Jumari *dkk*, 2009). Sebagaimana yang tercantum dalam surat Al-Anbiya' ayat 30 berbunyi:

أَوَلَمْ يَرِ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا ۗ وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya: Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi keduanya dahulu menyatu, kemudian kami Pisahkan antara keduanya; dan Kami Jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air; maka mengapa mereka tidak beriman?

Berdasarkan surat Al-Anbiya' ayat 30 menjelaskan bahwa air memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan. Semua makhluk ciptaan Allah baik manusia, tumbuh-tumbuhan, hewan bahkan mikroba pun sangat tergantung pada air. Tanpa adanya air metabolisme yang terjadi disel makhluk hidup akan terhambat bahkan sama sekali tidak akan dapat berjalan lancar.

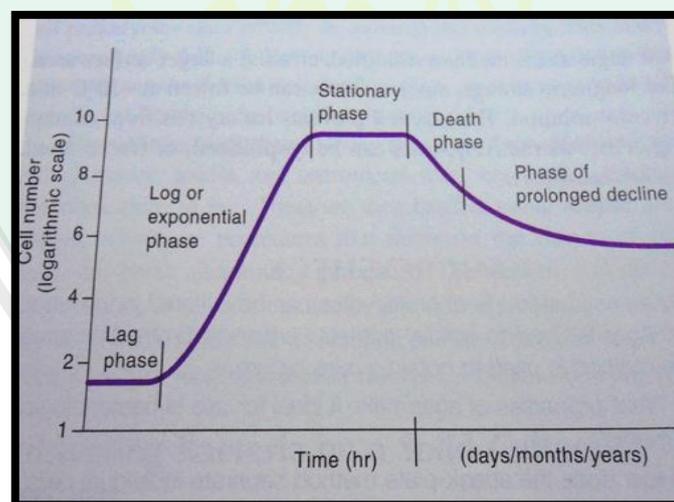
Mikroorganisme yang terdapat dalam ragi umumnya terdiri dari berbagai bakteri dan fungi (khamir dan kapang) yaitu: Rhizopus, Aspergillus, Mucor, Amylomyetes, Endomycopsis, Saccharomyces, Hansenuladan lain sebagainya. Ada tiga jenis ragi yang umum dikenal yaitu ragi roti, ragi tape dan ragi tempe.

Ragi roti dan ragi tape mengandung jenis mikroba yang sama yaitu *S.cerevisiae* sedangkan ragi tempe adalah *Rhizopus* (Kusnadi dan Yusuf, 2009).

Setiap mikroorganisme termasuk bakteri dan fungi, dalam siklus hidupnya mengalami pertumbuhan. Istilah pertumbuhan, mengacu pada perubahan didalam hasil panen sel (pertambahan total massa sel) dan bukan perubahan individu organisme. Inokulum hampir selalu mengandung ribuan organisme, pertumbuhan menyatakan pertambahan jumlah dan atau massa melebihi yang ada didalam inokulum asalnya (Pelczar dan Chan, 2005). Setiap mikroorganisme mempunyai kurva pertumbuhan begitu pula fungi dan bakteri. Menurut Nester *dkk* (2007), kurva pertumbuhan mikroorganisme mempunyai beberapa fase antara lain:

- a. Fase lag (adaptif), yaitu fase penyesuaian sel-sel mikroba dengan lingkungan baru. Sel-sel mikroba mulai membentuk enzim untuk mensintesis nutrisi-nutrisi yang terdapat pada media, sehingga pada fase ini hanya terjadi pertambahan ukuran sel mikroba tanpa adanya peningkatan jumlah sel mikroba.
- b. Fase eksponensial, merupakan fase ketika sel-sel mikroba mulai aktif membelah dan jumlah sel meningkat sampai batas waktu tertentu tergantung dari ketersediaan nutrisi. Pada fase eksponensial sel-sel mikroba menghasilkan asam amino dan nukleotida, masing-masing digunakan untuk membangun protein dan asam nukleat. Fase eksponensial merupakan fase penting dalam kehidupan sel, karena pada fase ini dihasilkan metabolit primer.

- c. Fase stasioner, merupakan fase ketika suplai nutrisi dan sumber energi yang dibutuhkan oleh sel mikroba mulai berkurang. Jumlah viabilitas sel mikroba cenderung konstan hal ini dikarenakan mikroba sudah tidak aktif bereplikasi. Sel-sel mikroba yang telah mati akan melepaskan peptida dan asam nukleat yang digunakan oleh sel mikroba yang masih hidup sebagai sumber energi dan nutrisi untuk pertumbuhan.
- d. Fase kematian, yaitu fase penurunan viabilitas sel mikroba karena banyak yang mati ataupun tidak aktif. Sekitar 90% sel mikroba mati dan populasi yang tersisa memasuki fase kematian dipercepat.
- e. Fase kematian dipercepat, merupakan fase penurunan viabilitas sel yang sangat banyak. Faktor penyebabnya adalah ketidaktersediaan nutrisi dan akumulasi produk buangan yang toksik.



Gambar 2.2 Kurva Fase Pertumbuhan Mikroba (Nester *dkk*, 2007)

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba ragi menurut (Hidayat *dkk*, 2006; Gandjar *dkk*, 2006) adalah:

1. Nutrisi (zat gizi)

Selama pertumbuhan dan perkembangannya mikroba dalam ragi memerlukan penambahan nutrisi meliputi:

- a. Unsur C, diperoleh dari bahan yang mengandung karbohidrat sebagai substrat utama untuk metabolisme karbon. Metabolisme karbohidrat memiliki 2 peran penting yaitu: 1). Karbohidrat dapat dioksidasi menjadi energi kimia yang tersedia di dalam sel dalam bentuk ATP dan nukleotida phosphopyridin tereduksi; 2). Karbohidrat menyediakan hampir semua karbon yang diperlukan untuk asimilasi sel yang mengandung karbohidrat, lipid, protein dan asam nukleat.
- b. Unsur N, dengan penambahan pupuk yang mengandung nitrogen, misal ZA, urea, amonia dan sebagainya. Urea dapat digunakan oleh sebagian besar fungi sebagai nutrisi dalam metabolisme. Ketika sel melakukan metabolisme, nutrient akan diubah kedalam bentuk materi sel, energi dan produk buangan. Fungi yang memiliki enzim urease menghidrolisis urea menjadi ammonium dan karbondioksida. Khamir *S.cerevisiae* yang tidak memiliki enzim urease menggunakan jalur lain melalui penggunaan enzim urea amidohidrolase. Urea dikarboksilasi menjadi alofanat lebih dahulu, kemudian alofanat dihidrolisis dengan enzim alofanat hidrolase menjadi ammonium. Ammonium selanjutnya akan diasimilasi oleh sel khamir untuk pertumbuhan dan pembentukan materi sel.

- c. Mineral, mineral yang dibutuhkan oleh mikroorganisme contohnya adalah fosfat yang dapat diambil dari pupuk TSP, NPK, DSP dan sebagainya. Fosfat digunakan oleh mikroorganisme sebagai penyusun asam nukleat (DNA, RNA, phospholipid dan lain-lain).
- d. Vitamin digunakan oleh sel sebagai konstituen kimia penyusun sel. Contohnya adalah biotin yang berperan dalam pembuatan glutamic acid.

2. Keasaman (pH)

Khamir yang digunakan pada proses fermentasi alkohol memerlukan media dengan suasana asam yaitu antara pH 4,8 -5,0. Pengaturan pH dapat dilakukan dengan penambahan asam sulfat jika substratnya alkalis atau dengan natrium bikarbonat jika substratnya asam.

3. Suhu

Suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroba ragi adalah 28-30°C. Selama proses fermentasi akan terjadi kenaikan panas karena reaksinya eksoterm, untuk mencegah agar suhu fermentasi tidak naik maka perlu pendinginan agar dipertahankan tetap 26-30°C.

4. Udara

Fermentasi alkohol berlangsung secara anaerobik (tanpa oksigen bebas). Namun demikian oksigen diperlukan pada proses pembibitan sebelum fermentasi untuk perkembangbiakan khamir.

1.5 Peranan Mikroba Ragi Tape dalam Proses Fermentasi

Ragi tape merupakan campuran populasi dari genus bakteri dan fungi yang meliputi: *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenula* dan *Acetobacter*. Genus-genus tersebut hidup bersama secara sinergetik; *Aspergillus* dapat menyederhanakan amilum (Dwidjoseputro, 2005), selain itu *Aspergillus* juga mempunyai aktivitas selulitik dan hemiselulitik untuk menghasilkan gula (Chandel *dkk*, 2007). *Candida* menghasilkan enzim invertase yang mampu mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Selanjutnya monosakarida yang terbentuk akan diuraikan menjadi etanol oleh *Saccharomyces* dan *Hansenula* sedangkan *Acetobacter* akan mengubah etanol menjadi asam cuka (Gandjar *dkk*, 2006).

Menurut Djien (1972), mikroorganisme yang ditemukan dalam ragi tape yaitu: *Chlamydomonas oryzae*, *Endomycopsis fibuliger* dan *Endomycopsis chodati*. Peran ketiga mikroorganisme tersebut sangat penting dalam proses fermentasi. *Chlamydomonas oryzae* mengubah karbohidrat (amilum) menjadi glukosa sedangkan *Endomycopsis fibuliger* dan *Endomycopsis chodati* mengubah glukosa menjadi alkohol. Senyawa kimia lain yang dihasilkan dalam proses fermentasi tidak lepas dari peran *Mucor rouxii*, *M. javanicus* dan *Hansenula anomala*. Sujaya *dkk* (2010), menambahkan bahwa didalam ragi tape juga terdapat bakteri. Adapun bakteri yang dominan terdapat dalam ragi tape adalah bakteri asam laktat yang meliputi: *Weissella* spp., *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus* spp. and *Enterococcus* spp.

Menurut Saono *dkk* (1986), mikroorganisme yang terdapat dalam ragi tape didominasi oleh kapang dari genus *Amylomyces*, *Mucor* dan *Rhizopus*, serta khamir dari genus *Endomycopsis*, *Saccharomyces*, *Hansenula* dan *Candida*. Bakteri yang sering terdapat dalam ragi tape adalah genus *Pediococcus* dan *Bacillus*. Peranan masing-masing mikroba yang terdapat pada ragi tape dalam proses fermentasi tape disajikan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Peranan Mikroba Ragi Tape dalam Proses Fermentasi

Grup Mikroba	Genus	Fungsi
Kapang amilolitik	<i>Amylomyces</i>	Pembentukan sakarida (sakarifikasi) dan cairan
	<i>Mucor</i>	Pembentukan sakarida dan cairan
	<i>Rhizopus</i>	Pembentukan cairan dan alcohol
Khamir amilolitik	<i>Endomycopsis</i>	Pembentukan sakarida dan produksi Aroma
Khamir non amilolitik	<i>Saccharomyces</i>	Pembentukan alcohol
	<i>Hansenula</i>	Pembentukan aroma
	<i>Endomycopsis</i>	Pembentukan aroma yang spesifik
	<i>Candida</i>	Pembentukan aroma yang spesifik
Bakteri asam laktat	<i>Pediococcus</i>	Pembentukan asam laktat
Bakteri amilolitik	<i>Bacillus</i>	Pembentukan sakarida

Sumber: Saono (1986)

1.6 Kajian Keislaman Tentang Pemanfaatan Sampah

Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan oleh kegiatan manusia. Pencemaran akan menyebabkan kualitas lingkungan menurun sampai tingkat tertentu sehingga lingkungan tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Undang-Undang Pengelolaan Lingkungan Hidup, 2007).

Lingkungan dikatakan tercemar apabila telah terjadi perubahan-perubahan dalam tatanan lingkungan sehingga tidak sama lagi dengan bentuk asalnya. Perubahan-perubahan yang terjadi memberikan dampak buruk terhadap organisme yang sudah ada dan hidup dengan baik dalam tatanan lingkungan tersebut.

Pencemar atau polutan adalah setiap benda, zat ataupun organisme hidup yang masuk ke dalam suatu tatanan alami dan kemudian mendatangkan perubahan-perubahan yang bersifat negatif terhadap tatanan yang dimasukinya. Pencemaran lingkungan disebabkan oleh banyak hal namun yang paling utama adalah sampah. Sampah yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan masalah lingkungan seperti; pencemaran pemandangan, pencemaran bau, banjir, longsor dan penyakit (Palar, 1994).

Menurut Dyayadi (2008), sebagian besar kerusakan lingkungan termasuk pencemaran lingkungan disebabkan oleh perbuatan manusia sendiri yang tidak dapat bersikap ramah terhadap lingkungan dan menyebabkan polusi yang mencemari lingkungan sekitar. Sebagaimana tercantum dalam surat Ar-Rum ayat 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ

يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Artinya: Telah tampak kerusakan di darat dan di laut karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Surat Ar-Rum ayat 41 menjelaskan dua hal pokok yang menjadi dasar pandangan Islam dalam masalah pencemaran lingkungan. Pertama, Islam menyadari bahwa telah dan akan terjadi kerusakan lingkungan baik di daratan dan lautan yang berakibat pada turunnya kualitas lingkungan tersebut dalam mendukung hajat hidup manusia. Kedua, Islam memandang manusia sebagai penyebab utama kerusakan dan sekaligus pencegah terjadinya kerusakan tersebut. Dengan demikian, ajaran Islam mengajak manusia memakmurkan bumi dan sekaligus melarang manusia membuat kerusakan di bumi. Larangan untuk berbuat kerusakan tercantum dalam surat Al-A'raf ayat 56 yang berbunyi:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ

الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya: Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang-orang yang berbuat kebaikan.

Surat Al-A'raf ayat 56 menjelaskan bahwasanya Allah SWT melarang segala bentuk perusakan di bumi seperti: mencemari lingkungan, mematikan lahan yang hidup, ataupun menguras sumber daya alam tanpa dilandasi oleh kebutuhan dan kepentingan. Selanjutnya, dijelaskan bahwa rahmat Allah SWT

sangat dekat dengan orang-orang yang selalu berbuat kebajikan; baik usahanya dalam memperbaiki bumi dan membangunnya ataupun dalam bentuk ia berdo'a pada Allah dan beribadah pada-Nya (Al-Qharadawi, 2001).

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan menurut Al-Qaradhawi (2001) meliputi:

1. Mengubah ciptaan Allah

Mengubah ciptaan Allah yaitu mengubah fitrah manusia dan segala yang telah diciptakan Allah sesuai dengan fitrahnya. Mengubah ciptaan Allah merupakan salah satu pengrusakan lingkungan yang sangat berbahaya.

وَلَا ضَلُّنَّهُمْ وَلَا مَنِّينَهُمْ وَلَا مَرْنَهُمْ فَلْيُبْتِئِكُنَّ ءَاذَانَ الْاَنْعَامِ وَلَا مَرَئِهِمْ فَلْيَغْيِرَنَّ خَلْقَ
 اَللّٰهِ وَمَنْ يَتَّخِذِ الشَّيْطٰنَ وَلِيًّا مِّنْ دُوْنِ اَللّٰهِ فَقَدْ خَسِرَ خُسْرٰنًا مُّبِيْنًا ﴿١١٩﴾

Artinya: dan pasti akan kusesatkan mereka, dan akan kubangkitkan angan-angan kosong pada mereka dan akan kusuruh mereka memotong telinga-telinga binatang ternak, (lalu mereka benar-benar memotongnya), dan akan aku suruh mereka mengubah ciptaan Allah, (lalu benar-benar mereka merubahnya). Barangsiapa menjadikan syaitan sebagai pelindung selain Allah, maka sungguh dia menderita kerugian yang nyata.

Surat An-Nisa' ayat 119, menjelaskan bahwa setan akan berusaha merusak umat manusia dengan jalan menyuruh mereka mengubah ciptaan Allah. Berkaitan dengan kerusakan lingkungan, bahwasanya orang yang mengubah fungsi bumi yang diciptakan sebagai hamparan dan tempat tinggal bagi penghuninya maka ia telah mengubah fitrah dan ciptaan-Nya.

2. Kezhaliman

Kedzaliman merupakan perbuatan tercela yang sangat dilarang oleh Islam, baik dalam berinteraksi dengan sesama manusia ataupun dengan lingkungan.

﴿ وَمَا كَانَ رَبُّكَ لِيُهْلِكَ الْقُرَىٰ بِظُلْمٍ وَأَهْلِهَا مُصْلِحُونَ ﴾

Artinya: Dan Tuhan-mu tidak akan membinasakan negeri-negeri secara zalim, selama penduduknya orang-orang yang berbuat kebaikan.

Surat Hud ayat 117 menjelaskan bahwa Allah tidak akan menghancurkan suatu kaum yang senantiasa berbuat kebajikan termasuk memelihara bumi dari kerusakan. Sebaliknya Allah akan menghancurkan suatu kaum apabila mereka melakukan kedzaliman disertai kerusakan.

3. Berjalan sombong di muka bumi

Sebab mendasar yang mengakibatkan kerusakan lingkungan adalah kesombongan manusia di muka bumi, sifat-sifat berlebihannya dan keangkuhan mereka.

﴿ إِنَّ فِرْعَوْنَ عَلَا فِي الْأَرْضِ وَجَعَلَ أَهْلَهَا شِيَعًا يَسْتَضِعُّ طَائِفَةً مِّنْهُمْ يُذَبِّحُ أَبْنَاءَهُمْ
وَسِتْحَىٰ نِسَاءَهُمْ إِنَّهُ كَانَ مِنَ الْمُفْسِدِينَ ﴾

Artinya: Sungguh Fir'aun telah berbuat sewenang-wenang di bumi dan menjadikan penduduknya berpecah belah, dia menindas segolongan dari mereka (Bani Israil), dia menyembelih anak laki-laki mereka dan membiarkan hidup anak perempuan mereka. Sungguh dia (Fir'aun) termasuk orang yang berbuat kerusakan.

Surat Al-Qashas ayat 4 menjelaskan tentang perbuatan fir'aun yang sewenang-wenang di muka bumi dan menjadikan penduduknya terpecah belah. Maka perbuatan yang demikian dikelompokkan ke dalam orang-orang yang berbuat kerusakan. Kesombongan Fir'aun inilah yang mengantarkannya kejurang kehancuran dan kemusnahan. Oleh karena itu manusia sebagai makhluk ciptaan Allah harus senantiasa berbuat baik terhadap semua ciptaan Allah dengan tidak berbuat sewenang-wenang terhadap ciptaan-Nya termasuk bumi yang didalamnya terdapat semua keperluan hidup yang dibutuhkan manusia.

4. Menuruti hawa nafsu

Faktor utama yang merusak lingkungan, baik di muka bumi, di laut, di udara ataupun di darat yaitu tunduknya manusia kepada hawa nafsu dan mementingkan kepuasan syahawat serta hasrat duniawinya.

يَدَاوُدُ إِنَّا جَعَلْنَاكَ خَلِيفَةً فِي الْأَرْضِ فَاحْكُم بَيْنَ النَّاسِ بِالْحَقِّ وَلَا تَتَّبِعِ الْهَوَىٰ فَيُضِلَّكَ عَن سَبِيلِ اللَّهِ إِنَّ الَّذِينَ يَضِلُّونَ عَن سَبِيلِ اللَّهِ لَهُمْ عَذَابٌ شَدِيدٌ بِمَا نَسُوا يَوْمَ الْحِسَابِ ﴿٤٠﴾

Artinya: (Allah berfirman), "Hai Daud! sesungguhnya engkau Kami Jadikan khalifah (penguasa) di bumi, maka berilah keputusan (perkara) di antara manusia dengan adil dan janganlah kamu mengikuti hawa nafsu, karena akan menyesatkan engkau dari jalan Allah. Sungguh, orang-orang yang sesat dari jalan Allah akan mendapat azab yang berat, karena mereka melupakan hari perhitungan.

Surat Sad ayat 26 menjelaskan tentang larangan untuk mengikuti hawa nafsu, karena akan menyesatkan manusia dari jalan Allah. Berkaitan dengan kerusakan lingkungan seperti terjadinya banjir dan longsor di area hutan adalah akibat dari perbuatan manusia yang menuruti hawa nafsunya untuk mengeksploitasi hasil hutan.

5. Kufur terhadap nikmat

Kufur terhadap nikmat Allah merupakan salah satu sebab timbulnya kerusakan di darat dan di laut. Allah telah memberi kepada manusia nikmat-nikmat yang melimpah berupa sumber kekayaan alam seperti air, udara dan matahari beserta sinarnya. Tidak ada seorang pun yang boleh memonopolinya, karena pada hakekatnya nikmat-nikmat tersebut adalah milik semua manusia. Meski demikian, mayoritas manusia tidak memelihara nikmat Allah yang pada akhirnya Allah akan menghilangkan nikmat tersebut. Barang siapa yang hendak mensyukuri nikmat ia harus selalu menjaganya dari pencemaran, kehancuran, serta bentuk-bentuk lain yang termasuk dalam kategori perusakan di atas bumi. Firman Allah SWT dalam surat Ibrahim ayat 7 yang berbunyi:

وَإِذْ تَأَذَّبَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ ۖ وَلَئِن كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ ﴿٧﴾

Artinya: Dan (ingatlah), ketika Tuhan-mu Memaklumkan, "Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka pasti azab-Ku sangat berat".

Berkenaan dengan kerusakan lingkungan, maka Islam sebagai agama yang rahmatan lil alamin (kasih bagi alam semesta) harus menjadi pelopor bagi pengelolaan lingkungan hidup sebagai bentuk dari rasa kasih bagi alam semesta tersebut.

وَمَا أَرْسَلْنَاكَ إِلَّا رَحْمَةً لِّلْعَالَمِينَ ﴿١٠٧﴾

Artinya: Dan Kami tidak Mengutus engkau (Muhammad) melainkan untuk (menjadi) rahmat bagi seluruh alam (Al-Anbiya' ayat 107).

Terkait dengan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh sampah yang semakin hari semakin meningkat, maka kita sebagai umat islam mempunyai kewajiban untuk menjaga agar lingkungan tetap bersih. Hal tersebut dikarenakan kebersihan merupakan sebagian dari iman seperti yang tertuang dalam hadis Nabi yang berbunyi:

النظفه من لائمان

Artinya: kebersihan adalah sebagian dari iman

Nabi Muhammad SAW melarang manusia untuk membuang air kecil maupun besar ke dalam air yang menggenang, sumber mata air, jalanan, tempat berteduh, dan di dalam liang (tempat hidup) binatang (Al-Qardhawi, 1998). Larangan tersebut dapat diartikan lebih lanjut sebagai larangan Islam dalam membuang sampah atau produk-produk berbahaya ke dalam lingkungan yang kemungkinan besar akan merusak atau menurunkan mutu lingkungan. Islam mengajak manusia untuk secara aktif mengelola lingkungan, misalnya dengan memanfaatkan sampah menjadi produk yang bermanfaat.

Secara umum orang beranggapan bahwa sampah adalah sesuatu barang atau benda yang sudah tidak berguna bagi dirinya. Sampah merupakan sesuatu yang kotor, bau, jelek, tidak berguna lagi sehingga secepatnya harus disingkirkan dan dibuang. Persepsi tentang sampah sebagai sesuatu yang tidak berguna, diperkuat oleh pernyataan “buanglah sampah pada tempatnya” yang mengisyaratkan bahwa sampah memang harus dibuang, tidak dianjurkan untuk dimanfaatkan (Tobing, 2005). Firman Allah SWT dalam surat Al-An’am ayat 59.

وَعِنْدَهُ مَفَاتِحُ الْغَيْبِ لَا يَعْلَمُهَا إِلَّا هُوَ وَيَعْلَمُ مَا فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ وَمَا تَسْقُطُ مِنْ وَرَقَةٍ إِلَّا
 يَعْلَمُهَا وَلَا حَبَّةٌ فِي ظُلْمَةٍ إِلَّا يَبْسُهَا وَلَا رَطْبٌ وَلَا رِيبٌ وَلَا يَابِسٌ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٥٩﴾

Artinya: Dan kunci-kunci semua yang ghaib ada pada-Nya; tidak ada yang mengetahui selain Dia, Dia Mengetahui apa yang di darat dan di laut. Tidak ada sehelai daun pun yang gugur yang tidak Diketahui-Nya. Tidak ada sebutir biji-pun dalam kegelapan bumi, dan tidak pula sesuatu yang basah atau yang kering, yang tidak tertulis dalam Kitab yang nyata (Lauh Mahfudz).

Berdasarkan surat Al-An'am ayat 59, Allah menjelaskan bahwa sekecil apapun kejadian yang ada di bumi ini tidak lepas dari perhatian Allah SWT. Hal ini membuktikan bahwasanya Allah dalam menciptakan sesuatu tidak ada yang tanpa tujuan dan manfaat. Begitu juga dengan sampah yang merupakan hasil dari aktivitas manusia yang tidak memiliki nilai ekonomis, ternyata dapat digunakan menjadi sesuatu yang bermanfaat.

Berkaitan dengan peningkatan konsumsi energi bahan bakar minyak di Indonesia maka jika sampah dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol pengganti bahan bakar fosil, diharapkan akan dapat membantu mengatasi krisis bahan bakar minyak dan permasalahan lingkungan khususnya yang diakibatkan oleh sampah. Pemanfaatan sampah tersebut merupakan salah satu upaya dalam memperbaiki lingkungan. Rasulullah SAW bersabda dalam Hadist Riwayat At-Thabrani yang artinya: barang siapa yang menyingkirkan duri dari jalan kaum muslimin, akan ditulis baginya 1 kebaikan. Dan barang siapa mendapat 1 kebaikan, ia akan masuk surga (Al-Qaradhawi, 2002). Hadist Riwayat At-Thabrani memberikan motivasi bagi manusia untuk selalu berbuat kebaikan, yang

mana kebaikan akan membawa manusia menuju surga. Oleh karena itu manusia sebagai makhluk yang paling sempurna sudah selayaknya untuk selalu berbuat kebaikan demi kemaslahatan umat manusia.

