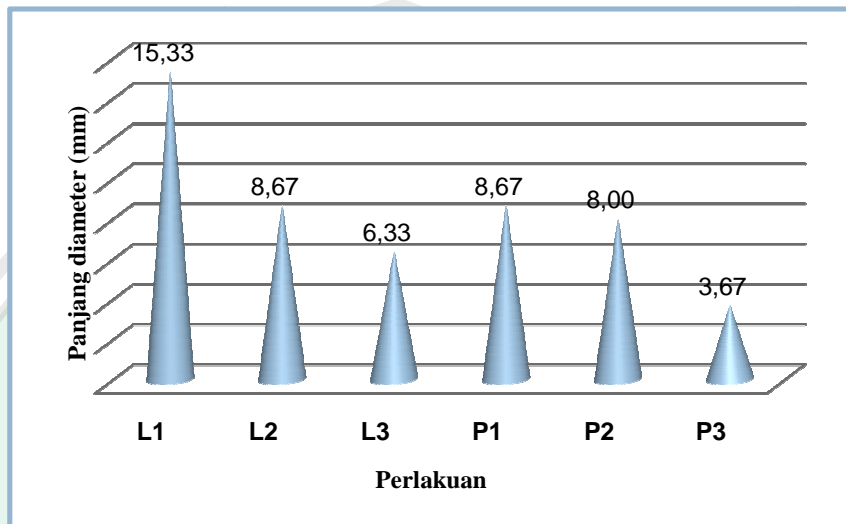


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian



Gambar 4.1 Diagram Panjang Diameter Zona Hambat Pertumbuhan Bakteri *Salmonella typhi*

Keterangan:

- L1 = Spesies *Lumbricus rubellus* dengan suhu pengolahan 50°C
- L2 = Spesies *Lumbricus rubellus* dengan suhu pengolahan 60°C
- L3 = Spesies *Lumbricus rubellus* dengan suhu pengolahan 70°C
- P1 = Spesies *Pheretima aspergillum* dengan suhu pengolahan 50°C
- P2 = Spesies *Pheretima aspergillum* dengan suhu pengolahan 60°C
- P3 = Spesies *Pheretima aspergillum* dengan suhu pengolahan 70°C

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, data yang diperoleh dari hasil pengukuran zona hambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi* yang diberi larutan tepung cacing dalam akuades dapat dilihat pada lampiran 1, uraian analisis dapat dilihat pada lampiran 2, dan gambar hasil penelitian dapat dilihat pada lampiran 3. Data yang diperoleh selanjutnya diuji menggunakan *Two Way ANOVA* dengan taraf 5%. Berikut ini adalah ringkasan hasil perhitungan

ANOVA pada pengaruh jenis tepung cacing dengan variasi suhu pengolahan terhadap penghambatan pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

Tabel 4.1 Ringkasan ANOVA pengaruh jenis tepung cacing dengan variasi suhu pengolahan terhadap penghambatan pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

SK	db	JK	KT	F _{hitung}	F5%
Ulangan	5	39,89	7,98		2,71
Perlakuan	(5)	(450,22)	90,04	9,54	2,71
S	1	100	100	10,59*	4,36
T	2	294,22	147,11	15,59*	3,49
ST	2	56	28	2,97	3,49
Galat	20	188,78	9,43		
Total	35	678,89			

Keterangan: * = menunjukkan pengaruh nyata

Hasil tabel 4.1 dapat diketahui bahwa $F_{hitung} > F_{tabel (0.05)}$ pada perlakuan spesies (S) yaitu $10,59 > 4,36$, sehingga Hipotesis 0 (H_0) ditolak dan Hipotesis 1 (H_1) diterima yang artinya terdapat pengaruh pemberian jenis tepung cacing terhadap panjang diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*. Dapat diketahui pula bahwa $F_{hitung} > F_{tabel (0.05)}$ pada perlakuan suhu pengolahan (T) yaitu $15,59 > 3,49$, sehingga Hipotesis 0 (H_0) ditolak dan Hipotesis 1 (H_1) diterima yang artinya terdapat pengaruh variasi suhu pengolahan tepung cacing terhadap panjang diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

Pada interaksi antara spesies dan suhu pengolahan (ST) diketahui bahwa $F_{hitung} < F_{tabel (0.05)}$ yaitu $2,97 < 3,49$ sehingga Hipotesis 0 (H_0) diterima dan Hipotesis 1 (H_1) ditolak yang artinya tidak terdapat perbedaan interaksi antara spesies dan variasi suhu pengolahan tepung cacing terhadap panjang diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

Perlakuan yang lebih efektif dalam pemberian jenis tepung cacing dari spesies yang berbeda dapat dilihat menggunakan uji lanjut dengan Uji BNJ 5% disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Ringkasan uji BNJ 5% pengaruh pemberian jenis tepung cacing terhadap panjang diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

Perlakuan S	Total	Rerata (mm)	Notasi
L (<i>L. rubellus</i>)	182	10,11	a
P (<i>P. aspergillum</i>)	122	6,78	b
BNJ 0.05 = 2,136221			

Berdasarkan uji lanjut dengan BNJ 5% pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa pemberian tepung cacing dari spesies *Lumbricus rubellus* (L) berbeda nyata dibandingkan pemberian tepung cacing dari spesies *Pheretima aspergillum* (P), dengan demikian pemberian jenis tepung cacing berpengaruh terhadap panjang diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*. Terlihat bahwa pemberian tepung cacing dari spesies *Lumbricus rubellus* lebih baik dalam pembentukan zona hambat.

Perlakuan yang lebih efektif dalam pemberian variasi suhu pengolahan tepung cacing dapat dilihat menggunakan uji lanjut dengan Uji BNJ 5% disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Ringkasan uji BNJ 5% pengaruh variasi suhu pengolahan tepung cacing terhadap panjang diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

Perlakuan T	Total	Rerata (mm)	Notasi
50	144	12	a
60	100	8,33	ab
70	60	5	b
BNJ 0.05 = 5,499377			

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ 5%.

Berdasarkan uji lanjut dengan BNJ 5% pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa perlakuan variasi suhu pengolahan berpengaruh terhadap panjang diameter zona hambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*. Terlihat bahwa pengolahan tepung cacing dengan suhu 50°C lebih baik dibanding pengolahan dengan suhu 60°C dan 70°C dalam pembentukan zona hambat.

4.2 Pembahasan

Dari analisis data penelitian didapatkan hasil bahwa spesies yang paling baik dalam penghambatan pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi* adalah *Lumbricus rubellus*. Para ilmuwan menyatakan bahwa cacing tanah, khususnya spesies *Lumbricus rubellus* memiliki sistem imun yang bagus, cacing jenis ini dapat menghasilkan zat antimikroba dari tubuhnya untuk melindungi dirinya dari serangan mikroorganisme patogen, akan diterangkan pada sub bab di bawah. Dengan tingginya kualitas zat antimikroba pada cacing tanah, maka tidak sedikit orang yang memanfaatkan cacing tanah untuk pengobatan penyakit pada manusia.

Maha Besar Allah atas segala ciptaan-Nya yang tidak akan menciptakan makhluknya dengan sia-sia, bahkan dalam penciptaan cacing sekalipun. Sebagaimana dalam Al-Quran surat Ali ‘Imran/3:191 ketika manusia Ulul Albab berdoa kepada Allah,

....رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

“Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka.” (QS. Ali ‘Imran/3:191).

Salah Satu ciri khas bagi orang yang berakal yaitu apabila ia memperhatikan sesuatu, selalu memperoleh manfaat dan faedah. Ia selalu menggambarkan kebesaran Allah SWT, mengingat dan mengenang kebijaksanaan, keutamaan dan banyaknya nikmat Allah kepadanya. Ia selalu mengingat Allah di setiap waktu dan keadaan, baik di waktu ia berdiri, duduk atau berbaring. Tidak ada satu waktu dan keadaannya dibiarkan berlalu begitu saja. kecuali diisi dan digunakannya untuk memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi. Memikirkan

keajaiban-keajaiban yang terdapat di dalamnya, yang menggambarkan kesempurnaan alam dan kekuasaan Allah SWT Penciptanya.

Ada asumsi bahwa sifat antibiosis tepung cacing tanah disebabkan oleh adanya *ceolomic cavity* yang menyekresikan berbagai senyawa imun yang berperan dalam pertahanan tubuh cacing tanah terhadap bakteri patogen. Beberapa kandungan senyawa aktif antibakteri itu diantaranya enzim *lysozyme* (Engelmann, *et. al.*, 2005), agglutinin (Cooper, 1985), faktor litik (Valembos, *et. al.*, 1982 dan Lassegues, *et. al.*, 1989), dan lumbricin (Cho. *et al.*, 1998 dan Engelmann, *et. al.*, 2005).

Hasil yang dikehendaki dari proses pembuatan tepung cacing adalah dihasilkannya tepung cacing dengan fungsi antibakteri yang optimal dengan tekstur tepung yang paling bagus. Parameter kemampuan suatu zat sebagai bahan antibakteri adalah panjang diameter zona hambat yang dihasilkan dari pemberian zat tersebut. Sedangkan tepung cacing yang diinginkan adalah tepung cacing yang berbentuk serbuk dan tahan disimpan pada jangka waktu tertentu, maka dalam penelitian ini digunakan variasi suhu untuk mendapatkan produk tepung cacing yang berkualitas baik.

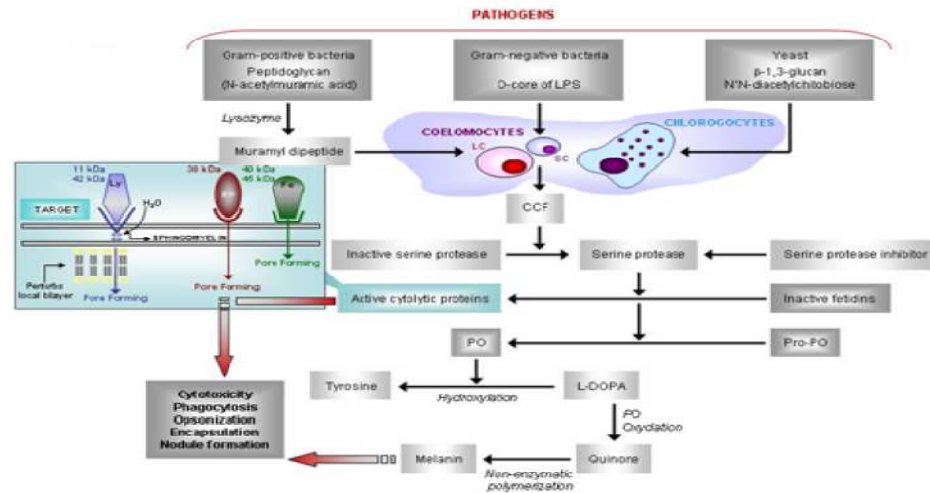
Dari beberapa kali percobaan yang dilakukan oleh peneliti, tepung cacing yang paling bagus dari segi tekstur adalah tepung cacing yang dihasilkan dari pengovenan suhu tinggi (suhu 60°C atau lebih). Namun setelah diuji coba dalam penghambatan pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*, tepung cacing yang diproses dengan suhu tinggi tidak memberikan efek yang baik untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi* secara *in vitro*. Sedangkan tepung cacing

yang diproses dengan suhu 50°C memberikan efek yang baik dalam uji *in vitro* penghambatan pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

Dari hasil penelitian dapat dipahami bahwa suhu optimal dalam pembuatan tepung cacing adalah suhu 50°C (atau mungkin lebih rendah daripada 50°C). Kandungan senyawa aktif antibakteri dalam tubuh cacing tanah merupakan peptida dan protein fungsional, maka diasumsikan bahwa suhu di atas 50°C merusak struktur kimia protein fungsional dan struktural pada cacing tanah.

Berdasarkan Poedjiadi dan Supriyanti (2007), protein sangat peka terhadap perubahan lingkungannya. Suatu protein mempunyai arti apabila dapat melakukan aktivitas biokimia. Aktivitas ini banyak tergantung pada struktur dan konformasi molekul protein yang tepat. Apabila konformasi molekul protein berubah, misalnya oleh suhu, maka aktivitas biokimiawinya akan berkurang. Perubahan konformasi alamiah menjadi konformasi yang tidak menentu merupakan suatu proses yang disebut denaturasi.

Gambar berikut menerangkan mekanisme sistem imun cacing tanah sehingga menyekresikan metabolit sekunder berupa zat-zat antimikroba yang mengatasi mikroba patogen.



Gambar 4.2 Skema Hipotetik Respon Imun pada Cacing Tanah (Salzet, *et. al.*, 2006)

Gambar 4.2 menjelaskan mengenai sistem imun pada cacing tanah. Cedera septik pada tubuh cacing menimbulkan reaksi pelepasan *Coelomocyte Cytolytic Factor I* (CCF-I) dari coelomocytes. CCF - 1 mempengaruhi dua daerah berbeda dari asam amino, yaitu daerah *N-terminal* sehingga saling berinteraksi dengan lipopolisakarida dan β 1,3-glucans, sedangkan daerah *C-terminal* menengahi interaksi antara N, N-diacetylchitibiose dan *muranic acid* (Bilej, *et. al.*, 2001). CCF - I dapat memicu gugurnya *prophenoloxylase* (pro-PO) mencakup protease serine dan fetidins (Fe). CCF - 1 juga meningkatkan fagositosis dan potensial pelisisan. CCF - 1 dapat dipertimbangkan sebagai satu pola molekul pengenalan sebagai satu peran kunci pada respons kekebalan bawaan cacing tanah.

Suatu cara antibiotik menyerang mikroorganisme patogen disebut *antimicrobial activity*. Bisa dikatakan bahwa antibiotik dapat mengidentifikasi *good guys* dan *bad guys*. *Good guys* adalah sel eukaryot, sedangkan *bad guys* adalah sel prokaryot (bakteri). Secara kimiawi, sel manusia tidak menyerupai sel

bakteri. Alasan inilah yang menyebabkan antibakteri bisa membedakan *good guys* dan *bad guys* (Betsy dan Keogh, 2005).

Dalam kaitannya merusak bakteri, obat antibakteri harus masuk dalam sel bakteri melewati kanal porin. Maka, untuk melakukannya, obat harus relatif kecil dan hidrofilik. Hidrofilik berarti bahwa obat antibakteri memiliki gaya tarik menarik dengan air, yang terkandung dalam kanal porin. Beberapa obat relatif besar atau lipofilik. Lipofilik berarti bahwa antibiotik memiliki afinitas pada lipid dan menarik lapisan luar lipopolisakarida sel (lebih baik daripada air pada kanal porin).

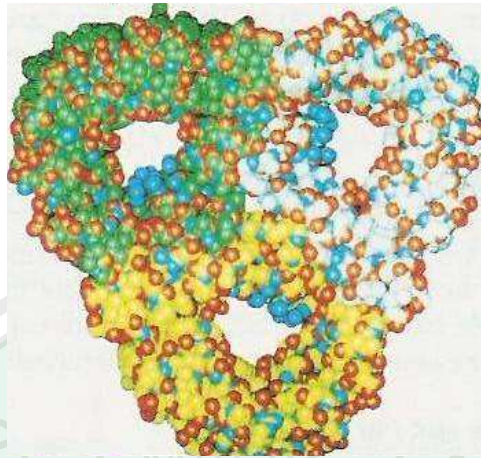
Corcoran dan Shulman (1992), mengemukakan bahwa interaksi antara obat dengan mikroba patogen diawali oleh proses transport aktif antibiotik ke dalam sel, sehingga menyebabkan peningkatan konsentrasi antibiotik bebas intraselular, selanjutnya diikuti oleh proses transport pasif dengan enzim atau komponen subselular mikroba. Pada keadaan tertentu, apabila interaksi antara obat dengan mikroba kurang baik atau tidak terjadi sama sekali, maka dikatakan bahwa antibiotik tersebut telah resisten terhadap mikroba tertentu.

Keberhasilan pengobatan antibiotik ditentukan oleh interaksi obat dengan mikroorganisme patogen. Oleh karena itu, kualitas anti-mikroba dinilai berdasarkan afinitas antara obat dengan reseptor yang terdapat pada mikroorganisme. Ketika terjadi ikatan antara mikroorganisme dengan obat, maka daya toksis yang dimiliki oleh obat tersebut mampu menghancurkan mikroorganisme (Bhutta, 1997).

Sel eukaryot dan prokaryot berbeda dalam cara pembentukan, kehadiran atau ketidakhadiran dinding sel dan kimia pembentuknya. Terdapat pula perbedaan dalam metabolisme masing-masing dan struktur organelnya, semisal ribosom. Ini merupakan perbedaan yang menyebabkan target antibiotik hanya merusak sel prokaryot (Betsy dan Keogh, 2005).

Asumsi atas perbedaan tipe mikroorganisme patogen yang dapat dirusak oleh antibiotik disebut *spectrum of antimicrobial activity*. Hal ini menunjuk pada dua kategori, yaitu *broad-spectrum antibiotic* dan *narrow-spectrum antibiotic*. *Broad-spectrum antibiotic* merupakan antibiotik yang dapat merusak beberapa tipe bakteri, seperti halnya bakteri gram-positif dan gram-negatif. *Narrow-spectrum antibiotic* merupakan antibiotik yang dapat merusak segolongan kecil tipe bakteri, misalnya hanya bakteri gram negatif. Pada cacing tanah, lumbricin I, merupakan zat antimikroba berspektrum luas, *lysozyme* lebih cenderung *narrow-spectrum* walaupun masih dapat membunuh bakteri gram negatif, sedangkan *lytic factor*, dan *agglutinin* lebih dapat dijelaskan pada percobaan secara *in vivo*.

Faktor penentu spektrum aktifitas antimikroba adalah porin pada lapisan luar lipopolisakarida bakteri gram negatif. Porin merupakan kanal *waterfilled* yang terbentuk dari lapisan luar lipopolisakarida, yang memungkinkan keluar masuknya substansi dari dan keluar sel.



Gambar 4.3 Model Molekular Protein Kanal Porin (Madigan dan Martinko 2006)

Maha Suci Allah, sekiranya seluruh umat manusia mempelajari kejadian alam dan dapat memahami walau sedikit saja, tentulah tidak ada alasan bagi manusia untuk tidak mempercayai kebesaran Allah SWT.,

لِلَّهِ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۖ يَخْلُقُ مَا يَشَاءُ ۗ ﴿٤٩﴾

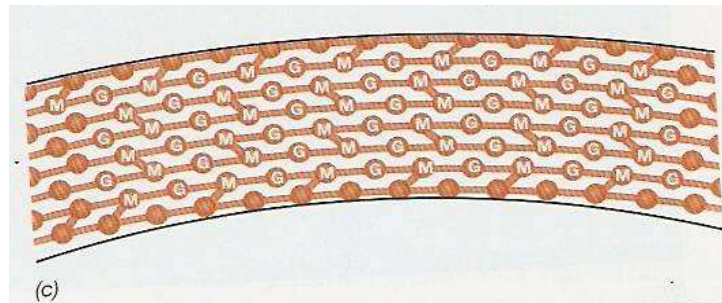
“Kepunyaan Allah-lah kerajaan langit dan bumi, dia menciptakan apa yang dia kehendaki....” (Asy-Syuura/42:49).

Maha Cerdas Allah yang mengatur mekanisme yang sangat rumit pada semua aktifitas makhlukNya. Coelomocytes pada cacing hidup, menurut Goven *et. al.* (1993) mirip leukosit pada mammalia, yaitu bersifat sensitif terhadap material asing. Pada proses *in vivo*, coelomocytes aktif pada reaksi imun semisal produksi *lysozyme*, reaksi imun nonspesifik semisal fagositosis dan inflamasi, respon imun seluler yang lebih kompleks yang bertanggung jawab sebagaimana pada reaksi penolakan pada pencangkokan. *Lysozyme* adalah *antimicrobial protein* yang merupakan enzim bakteriolitik.

Menurut Suzuki *et. al.* (1995), cacing tanah memiliki sistem kekebalan tubuh yang bertempat di *coelomic cavity* (rongga coelom) yang mengandung cairan coelomik dan coelomocytes. Coelomocytes dihasilkan oleh lapisan epitel *coelomic cavity*. Coelomocytes tercampur dalam cairan coelomik yang tampak kental dan putih seperti susu yang berisi faktor imun. Di dalam cairan coelomik terdapat enzim *lysozyme*. *Lysozyme*, juga dikenal sebagai muramidase atau glycanhydrolase N-acetylmuramide, yang merupakan anggota keluarga enzim (EC 3.2.1.17), merusak dinding sel bakteri dengan mengkatalisis hidrolisis ikatan 1,4-beta antara asam N-acetylmuramic dan N-asetil-D-glukosamin residu di peptidoglikan dan antara residu N-asetil-D-glukosamin di chitodextrins.

Lassalle *et. al.* (1988) menyatakan bahwa *lysozyme* secara spesifik langsung menyerang dinding sel mucopeptide N-acetylmuramic acid-N-acetylglucosamine (NAM-NAG). *Lysozyme* merupakan protein monomer berbobot molekul rendah dengan *intrachain* ikatan disulfida, aktifitas litiknya stabil ketika dipanaskan pada medium asam dan kehilangan aktivitas litiknya bila dipanaskan pada medium alkali.

Bakteri mempunyai lapisan luar yang rigid, yaitu dinding sel berfungsi untuk mempertahankan bentuk mikroorganismenya dan melindungi sel bakteri yang mempunyai tekanan osmotik internal yang tinggi. Trauma pada dinding sel (misalnya oleh *lysozyme*) atau penghambatan pembentukannya, dapat menimbulkan lisis pada sel (Jawetz dan Alderberg, 1986).



Gambar 4.4 Koneksi *N-acetylmuramic acid*-*N-acetylglucosamine* pada Peptidoglikan (Madigan dan Matinko, 2006)

Keterangan: M = *N-acetylmuramic acid*
G = *N-acetylglucosamine*

Dalam kaitan kemampuan *lysozyme* sebagai enzim bakteriolitik, dapat dijelaskan bahwa dinding sel bakteri memiliki struktur dinding yang tersusun atas polisakarida yang disebut dengan murein atau yang lazim disebut peptidoglikan. Murein terdiri atas rantai polisakarida panjang yang tersusun atas residu asam N-asetilglukosamin (NAG) dan asam N-asetilmuramat yang tersusun secara bergantian (berselang seling). Rantai pentapeptida tertambat pada gugus NAM. Rantai polisakarida terhubung ke rantai pentapeptida melalui jembatan interpeptida. Sambungan di antara NAM dan NAG terdapat ikatan β -1-4 yang peka terhadap gangguan *lysozyme*.

Struktur peptidoglikan yang rumit memerlukan proses biosintesis yang juga sama rumitnya, terutama dikarenakan reaksi sintesis yang terjadi sekaligus di luar dan di dalam membran sel. Sintesis peptidoglikan merupakan proses multistep (yang berhasil dipelajari dengan baik pada bakteri gram positif).

Dua buah carrier terlibat antara lain uridin difosfat (UDP) dan bactoprenol. Bactoprenol merupakan alkohol yang memiliki panjang rantai karbon sebanyak

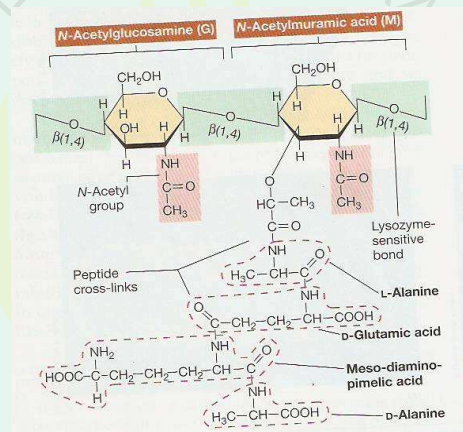
55 atom C yang melekat pada NAM melalui sebuah gugus pirofosfat dan memindahkan komponen peptidoglikan melewati membran hidrofobik. Secara keseluruhan proses sintesis peptidoglikan melibatkan delapan tahapan.

Tahap pertama, derivat UDP pada asam N-asetilglukosamin dan asam N-asetilmuramat disintesis di dalam sitoplasma. Tahap kedua, asam amino secara berurutan ditambahkan ke UDP-NAM untuk membentuk rantai peptida (dua ujung D-Alanin ditambahkan sebagai sebuah peptida). Tahap ketiga, NAM-pentapeptida ditransfer dari UDP ke sebuah bactoprenol fosfat pada permukaan membran. Tahap keempat, UDP-NAG menambahkan NAG ke NAM-pentapeptida untuk membentuk unit peptidoglikan yang berulang. Jika sebuah jembatan intrapeptida pentaglisin diperlukan, glisin akan ditambahkan dengan menggunakan molekul tRNA glisil yang khusus, bukannya ribosom.

Pada tahap kelima, unit berulang peptidoglikan NAM-NAG yang sudah lengkap kemudian ditransportasikan melalui membran ke permukaan sebelah luarnya dengan carrier bactoprenol pirofosfat. Tahap keenam, unit peptidoglikan kemudian dilekatkan pada ujung rantai peptidoglikan yang sedang tumbuh untuk memperpanjang dengan satu unit peptidoglikan yang berulang. Tahap ketujuh, carrier bactoprenol kembali ke dalam membran. Sebuah fosfat kemudian dilepaskan selama proses ini untuk memberikan fosfat pada bactoprenol yang nantinya akan mampu menerima NAM-pentapeptida yang lain. Tahap kedelapan, hubungan silang peptida antara dua peptidoglikan terbentuk melalui transpeptidasi. ATP digunakan untuk membentuk ujung ikatan peptida di dalam

membran. Tidak ada lagi ATP yang diperlukan ketika transpeptidasi terjadi di luar.

Sintesis peptidoglikan pada dasarnya amat mudah untuk rusak oleh agen antimikrobal. Penghambatan dalam tahapan sintesis melemahkan dinding sel dan bisa berakhir pada lisis osmotik. Agar lebih mudah dipahami, struktur ikatan β -1-4 di antara *N*-acetylglucosamine dan *N*-acetylmuramic acid peptidoglikan yang sensitif terhadap *lysozyme* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.5 Ikatan β -1-4 di antara *N*-acetylglucosamine dan *N*-acetylmuramicacid pada Peptidoglikan (Madigan dan Martinko, 2006)

Pada gambar di atas nampak jelas bagian β -1-4 di antara *N*-acetylglucosamine dan *N*-acetylmuramicacid pada peptidoglikan yang diyakini peka terhadap gangguan *lysozyme*. Maha Basar Allah, kecerdasannya yang tiada banding dalam menciptakan segala sesuatu yang rumit dengan penuh pertimbangan dan keserasian. Allah-lah yang memberi petunjuk komunikasi *N*-acetylmuramic acid dan *N*-acetylglucosamine untuk membentuk suatu ikatan (1,4-beta) dan Allah pula yang menjadikannya terputus oleh *lysozyme*. Hal ini

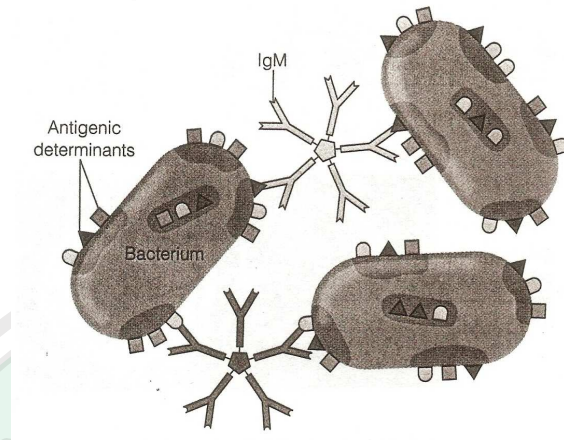
membuktikan adanya komunikasi yang tidak sederhana pada makhluk yang sangat kecil dalam pandangan manusia ini. Dalam Al-Quran surat Thaahaa/20:50 Allah berfirman:

قَالَ رَبُّنَا الَّذِي أَعْطَى كُلَّ شَيْءٍ حَلْقَهُ ثُمَّ هَدَى ﴿٥٠﴾

“Musa berkata: "Tuhan kami ialah (Tuhan) yang Telah memberikan kepada tiap-tiap sesuatu bentuk kejadiannya, Kemudian memberinya petunjuk.” (QS. Thaahaa/20:50).

Pada ayat ini, secara bahasa Allah SWT menerangkan jawaban Musa atas pertanyaan Firaun bahwa yang mengutus keduanya ialah Tuhan yang telah melengkapi makhluk yang diciptakannya dengan anggota-anggota tubuh sesuai dengan kepentingannya masing-masing, seperti mata untuk melihat, telinga untuk mendengar, begitu juga tangan, kaki, hidung dan lain-lain anggota tubuh menurut fungsinya masing-masing sesuai dengan petunjuk dari Allah SWT. Kemudian Dia lah yang membimbing dengan memberinya fungsi anggota tersebut untuk dapat membedakan mana yang baik dan mana yang buruk. Tidak hanya terbatas pada manusia, Allah juga memberi petunjuk kepada makhlukNya yang lain, bahkan hingga tingkat molekul yang dapat bereaksi secara menakjubkan.

Menurut Wojdani *et. al.* (1982), cairan ceolomik cacing tanah *Lumbricus* mengandung agglutinin alami yang telah terbukti dapat mengaglutinasi bakteri, ini menunjukkan bahwa tubuh cacing tanah *Lumbricus* memiliki fungsi imun antibakteri. Stein *et. al.* (1986) mengatakan bahwa *Lumbricus* mengandung agglutinin yang menyerang bakteri gram positif dan gram negatif. Agglutinin ini, ketika melalui serangan yang reaktif dari berbagai macam bakteri, menunjukkan derajat aktifitas yang spesifik.



Gambar 4.6 Reaksi Agglutinası (Tortora, *et. al.*, 2001)

Menurut Tuckova *et. al.* (1986) cairan celomik cacing tanah mengandung faktor litik yang dimungkinkan merupakan komponen protein. Aktivitas faktor litik dapat terhambat jika dilakukan pemanasan selama 15 menit pada suhu 56°C. Faktor litik pada cairan celomik ini tidak terhambat aktivitasnya oleh lipopolisakarida (Roch *et. al.*, 1986). Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Stein dan Cooper (1982) mengenai imunologi cacing tanah menyatakan bahwa pada cacing hidup, efek bakteristatik dan bakteriosidal dapat muncul sesaat setelah cacing tanah disuntiki dengan sejumlah bakteri patogen.

Lytic factor (celomik cytolitic factor 42 kDa) terlibat dalam aktivasi *prophenoloxidase* yang muncul akibat pengenalan molekul dinding sel bakteri gram negatif, seperti glukan dan lipopolisakarida (Beschın *et al.*, 1998). Di samping CCF - 1, protein *pore-forming* juga terdapat pada cacing tanah, protein ini meliputi eiseniapore (Lange, *et. al.*, 1997 dan Lange, *et. al.*, 1999), lysenin

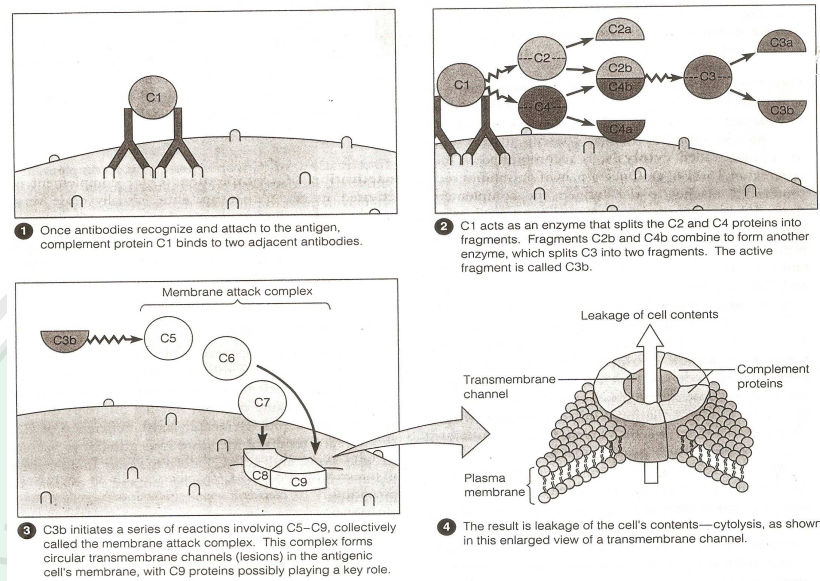
(Sekizawa, *et.al.*, 1997) dan fetidin (Lassegues, *et.al.*, 1997). Molekul ini berikatan dan mengganggu *lipid bilayer*.

Ikatan protein ini dapat mengganggu lipid bilayer ketika *sphingolipid* tertentu, misalnya *sphingomyelin* hadir dan membentuk kanal pori. Komplek kanal terdiri atas enam monomer (Lange, *et. al.*, 1997 dan Lange, *et. al.*, 1999) yang memberi kesan keterangan yang masuk akal untuk mekanisme lisis oleh suatu komponen dari sistem imun cacing tanah dalam menghancurkan komponen yang berasal dari luar dirinya.

Menurut Tortora, *et. al.* (2001), mekanisme pelubangan membran sel bakteri adalah sebagai berikut. Sepasang antibodi mengenali dan berdempetan dengan antigen, protein pelengkap C1 mengikat dua atau lebih antibodi yang berdekatan, dengan demikian terjadi pengaktifan C1. Berikutnya, pengaktifan C1 dan pada gilirannya pengaktifkan C2 dan C4. Hal ini dilakukan dengan pemisahan protein C2 dan C4. C2 dipisahkan ke dalam fragmen yang disebut C2a dan C2b, dan C4 ke dalam fragmen yang disebut C4a dan C4b. Kemudian C2b dan C4b melakukan kombinasi untuk membentuk enzim lain, yang pada gilirannya mengaktifkan C3 dengan memisahkannya ke dalam dua fragmen yang disebut C3a dan C3b.

C3b memulai satu urutan reaksi melibatkan C5 - C9, yang biasa disebut sebagai *membrane attack kompleks* (serangan membran kompleks). komponen teraktifasi dari protein ini, dengan protein C9 mungkin bermain satu peran kunci dalam penyerangan membran sel. Reaksi ini menghasilkan *ircular lesion*, yang

disebut *transmembrane channels* (membrane pores/pori-pori membran), yang memelopori hilangnya ion dan terjadi *cytolysis* pada akhirnya.



Gambar 4.7 Mekanisme *Cytolytic* (Tortora, *et. al.*, 2001)

Menanggapi hal ini, Kauschke, *et. al.*, (1997), menyebutkan eksistensi *perforin-like protein*. Kauschke menjelaskan, bahwa *perforin-like protein* membuat lubang pada membran sel target sebagai fasilitas masuknya molekul litik semisal lysenin, lysins, dan fetidin.

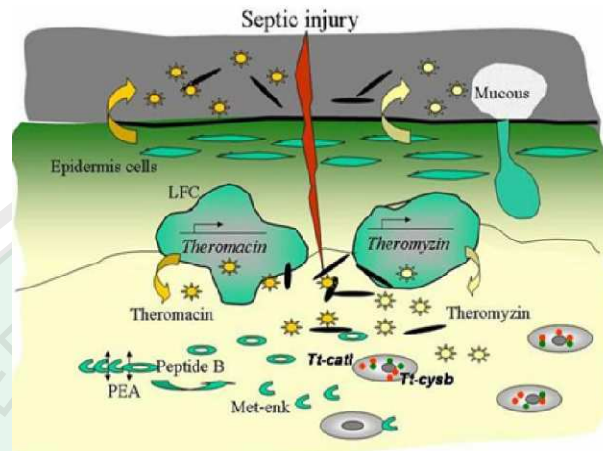
Perbedaan efektifitas antibiosis antara *Lumbricus rubellus* dan *Pheretima aspergillum* dimungkinkan akibat perbedaan kadar lumbricin yang terkandung dalam cairan selomik kedua spesies. Disinyalir spesies kandungan lumbricin pada spesies *Lumbricus rubellus* lebih banyak dibanding pada *Pheretima aspergillum* sehingga *Lumbricus rubellus* lebih efektif dalam penghambatan pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Simmons (2000), resistensi atas serangan bakteri yang ditemukan pada penelitian yang dilakukannya disebabkan oleh antimikroba peptida yang berasal dari cairan selomik cacing *Lumbricus rubellus*. Simmons juga menyebutkan bahwa Cho *et. al.* (1998) mempelajari biologi peptida ini yang kemudian dinamakan lumbricin I dan diharapkan dapat menjadi dasar bagi golongan baru antibiotik. Saat ini lumbricin telah dikarakterisasi sebagai 29-peptida asam amino yang menunjukkan aktivitas bakteriosidal dengan spektrum luas, dimana efektif dalam membunuh bakteri gram positif dan gram negatif, termasuk virus dan fungi.

Cho *et al.* (1998) telah mengisolasi dan mengkarakterisasi peptida antimikroba dari cacing *Lumbricus rubellus*. Peptida tersebut dinamakan lumbricin I. Lumbricin I merupakan *antimicrobial peptide* yang kaya akan prolin dari total 62 asam amino (15% prolin dalam rasio molar dengan massa molekul 7231 Da). Peptida antimikroba merupakan molekul kecil dengan massa molekul 2kDa hingga 8kDa. Lumbricin I menunjukkan aktifitas antimikroba *in vitro* pada sejumlah besar mikroorganisme tanpa aktivitas hemolitik. Sebuah peptida dengan 29 asam amino yang dinamakan lumbricin I (6-34), yang diturunkan dari residu-residu 6-34 dari lumbricin I, menunjukkan aktivitas antimikroba yang secara marjinal lebih tinggi daripada lumbricin I. Ekspresi gen lumbricin I spesifik pada *L. Rubellus* dewasa.

Mekanisme pelepasan peptida ini diawali dengan penyimpanan peptida antibakteri yang diperoleh dari proenkephalin A (PEA), terutama pada

coelomocytes dan/atau pada sistem syaraf, dan pelepasan peptida ke dalam cairan selomik setelah terjadi penolakan imun.



Gambar 4.8 Skema Hipotesis Respon Imun yang Melibatkan Peptida Antibakteri (Salzet *et. al.*, 2006)

Namun, menurut Tasiemski (2008), hingga tahun 2008 mekanisme aksi antibakteri lumbricin I dalam membunuh bakteri belum dapat diuraikan. Tidak ada yang terluput dari pengawasan Allah, dan segala sesuatu ada dalam kekuasaanNya. Dialah yang mengetahui segala kejadian di alam semesta ini, bahkan aktifitas makhluk sekecil bakteripun ada dalam pengawasanNya.

قُلْ أَنْزَلَهُ الَّذِي يَعْلَمُ السِّرَّ فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ﴿٦﴾

Artinya: Katakanlah: "Al Quran itu diturunkan oleh (Allah) yang mengetahui rahasia di langit dan di bumi....." (QS. Al-Furqan/25: 6)

Al-Quran benar-benar diturunkan oleh Allah yang mengetahui segala rahasia yang tersembunyi di langit dan di bumi. Oleh karena itu terdapat di dalamnya hukum-hukum syariat dan peraturan yang sangat baik dan dalam bahasa yang amat tinggi nilai sastranya sehingga tidak ada seorangpun di antara mereka

yang bisa menirunya. Banyak yang mengandung hal-hal yang tidak dapat diketahui kecuali oleh Allah Yang Maha Luas Ilmu-Nya.

Sejauh penelitian ini, cacing tanah terbukti dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella typhi*, dengan kata lain dapat digunakan sebagai obat penyakit tifus. Namun mengenai konsumsi cacing tanah dalam hukum Islam masih merupakan persoalan yang menjadi *ikhtilaf* (tidak dijelaskan lebih rinci dalam pembahasan ini). Qardhawi (2003) berpendapat mengenai konsumsi cacing ini dalam konteks pengobatan bahwa situasi darurat membuat yang haram menjadi boleh (itupun jika cacing tanah dihukumi haram), karena ada beberapa pendapat mengenai hukum mengonsumsi cacing tanah.

Ada golongan yang membolehkan dengan alasan *al-ashlu fil asy-yaai al-ibahah*. Dalam kitab Ushul Fiqh *Mabadi Awwaliyah* karangan Abdul Hamid Hakim dijelaskan bahwa kaidah *al-ashlu fil asy-yaai al-ibahah* ini termasuk pada hukum hewan yang belum diketahui hukum –memakan- nya halal atau haram. Selain itu pendapat ini didasarkan atas rincian pengharaman pada Al-Quran surat Al-Maidah (5:3):

حُرِّمَتْ عَلَيْكُمْ أَلْمَيْتَةُ وَالِدَمُّ وَلَحْمُ الْخِنْزِيرِ وَمَا أُهْلَ لِغَيْرِ اللَّهِ بِهِ وَالْمُنْخَنِقَةُ وَالْمَوْقُوذَةُ
وَالْمُتَرَدِّيَةُ وَالنَّطِيحَةُ وَمَا أَكَلَ السَّبُعُ إِلَّا مَا ذَكَّيْتُمْ وَمَا ذُبِحَ عَلَى النُّصَبِ وَأَنْ تَسْتَقْسِمُوا
بِالْأَزْلَمِ ذَلِكُمْ فَسُقُوتٌ..... ﴿٥﴾

“Diharamkan bagimu (memakan) bangkai, darah, daging babi, (daging hewan) yang disembelih atas nama selain Allah, yang tercekik, yang terpukul, yang jatuh, yang ditanduk, dan diterkam binatang buas, kecuali yang sempat kamu menyembelinya, dan (diharamkan bagimu) yang disembelih untuk berhala. dan (diharamkan juga) mengundi nasib dengan anak panah, (mengundi nasib dengan anak panah itu) adalah kefasikan....” (QS. Al-Maidah/5:3).

Menurut suatu riwayat Ibnu Hibban berkata, "Para sahabat menyertai Rasulullah, ketika itu mereka menyalakan api di bawah kualii yang berisi daging bangkai, maka turunlah ayat ini, maka mereka telungkupkan kualii itu untuk membuang isinya. Makanan-makanan yang diharamkan ialah:

1. Bangkai, yaitu binatang yang mati tanpa disembelih. Di antara hikmah diharamkan bangkai ialah, karena bangkai mengandung kuman yang sangat membahayakan kesehatan di samping keadaannya yang menjijikkan.
2. Darah, yaitu darah yang mengalir keluar dari tubuh hewan, karena disembelih atau lain-lainnya. Hikmah diharamkan darah itu antara lain, karena mengandung kuman dan zat-zat kotor dari tubuh dan sukar dicernakan.
3. Daging babi, termasuk semua anggotanya. Hikmah diharamkan babi itu antara lain, karena mengandung baksil-baksil (kuman-kuman) yang sangat berbahaya disebabkan babi itu suka memakan bangkai-bangkai tikus dan zat-zat kotor dan juga sukar dicernakan.
4. Hewan yang disembelih dengan menyebut atau mengagungkan nama selain Allah, seperti menyebut nama berhala atau menghormatinya, hikmah haramnya ialah oleh karena mempersekutukan Allah.
5. Hewan mati tercekik. Banyak pendapat menerangkan tentang apa yang dimaksud dengan mati tercekik yaitu di antaranya mati karena diikat dan sebagainya, sehingga hewan itu mati dalam keadaan tidak berdaya. Hikmah haramnya sama dengan hikmah haramnya bangkai.

6. Hewan mati dipukul, yaitu hewan yang mati dipukul dengan benda keras atau dengan benda berat. Hikmah haramnya menurut sebagian pendapat ialah karena darahnya terpendam di dalam tubuhnya tidak keluar, sehingga merusak dagingnya.
7. Hewan yang mati karena jatuh dan tempat yang tinggi seperti jatuh dari atas bukit masuk ke dalam jurang. Hikmah haramnya sama dengan bangkai.
8. Hewan mati karena ditanduk oleh hewan lain. Hikmahnya sama dengan bangkai. Kalau masih sempat disembelih maka hukumnya adalah halal.
9. Hewan yang mati diterkam binatang buas. Hikmahnya sama dengan bangkai, kalau masih sempat disembelih maka hukumnya adalah halal.
10. Hewan yang disembelih untuk berhala, sebagai mana yang diperbuat oleh orang-orang Arab pada zaman Jahiliah yang menyembelih hewan di dekat berhala-berhala yang jumlahnya 360, terdapat di sekitar Kakbah. Hikmah haramnya adalah karena perbuatan ini termasuk mempersekutukan Allah.

Dengan dirincinya jenis jenis makanan haram di atas, maka ada yang berpendapat bahwa selain yang ada di dalam daftar di atas, dihukumi halal.

Ada golongan yang berpendapat bahwa segala sesuatu yang tidak disebutkan hukumnya secara qath'i, maka hukumnya syubhat. Kemudian, menurut Qardhawi (2003) *“lebih baik menghindari yang syubhat supaya tidak terjerumus dalam yang haram”*. Pendapat ini didasarkan pada sabda Rasulullah saw.,

“Yang halal itu jelas, yang haram jelas. Dan diantara keduanya adalah masalah-masalah syubhat, kebanyakan orang tidak mengenalinya; termasuk halalkah atau haram? Karena itu maka barang siapa meninggalkannya berarti dia telah membersihkan agama dan

kehormatannya, dia selamat. Dan barang siapa terjerumus pada sesuatu diantaranya, berarti hampir terjerumus ke dalam yang haram. Sebagaimana jika orang menggembalakan ternaknya di sekitar hima (tempat khusus milik raja untuk menggembala ternaknya dan tidak boleh dimasuki ternak orang lain), maka ia hampir-hampir memasukinya. Ketahuilah bahwa sesungguhnya setiap raja memiliki hima, ketahuilah bahwa hima Allah adalah larangan-laranganNya.” (HR. Bukhari, Muslim, dan lainnya dari Nu'man bin Basyir. Redaksi ini adalah riwayat Turmudzi).

Islam mempersempit wilayah haram, akan tetapi setelah itu bersikap keras dalam masalah haram, dengan menutup pintu yang mengantarkan kepadanya, baik secara terang-terangan maupun tersembunyi. Apa yang mengantarkan kepada yang haram adalah haram, yang membantu kepada yang haram adalah haram, yang disiasati untuk mendapatkan yang haram adalah haram. Meskipun demikian Islam tidak melalaikan kebutuhan hidup dan kelemahan manusia. Karena itu, Islam-pun menghormati keadaan darurat yang tidak bisa ditolerir, dan membolehkan seorang muslim menembus batas larangan demi menghilangkan kondisi darurat untuk memelihara dirinya dari kebinasaan.

فَمَنْ أَضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ.....

“Barangsiapa dalam keadaan terpaksa (memakannya) sedang dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, Maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.” (QS. Al-Baqarah/2:173).

Akan tetapi jika kita perhatikan, ayat tersebut memberi syarat kepada orang yang terpaksa, dengan tidak sengaja mencari dan tidak pula melampaui batas. Ini ditafsirkan dengan tidak sengaja menikmati dan tidak melampaui batas keterpaksaan, hingga kekenyangan. Dari batasan itu, para ahli fiqh menetapkan prinsip *“keadaan darurat diukur sesuai dengan kadarnya”*. Itu karena, meskipun

seseorang tunduk pada keadaan darurat, namun ia tidak boleh menyerah begitu saja. Ia harus tetap berusaha sekuat tenaga untuk mendapatkan yang halal, supaya tidak begitu saja menikmati atau menggampangkan yang haram dengan alasan darurat.

Dilihat dari segi pandangan ulama' di Indonesia, kehalalan tepung cacang difatwakan oleh Majelis Ulama Indonesia dengan Surat Keputusan nomor: Kep-139/ MUI/ IV/ 2000 dan persetujuan untuk digunakan sebagai obat tradisional oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan dengan Surat keputusan nomor: 0357/ Reg/ B/ 2002". Keputusan ini berlaku sejak tanggal 18 April 2000 (Batutulis, 2009). Maha Benar Allah dengan firman-Nya,

.....يُرِيدُ اللَّهُ بِكُمُ الْيُسْرَ وَلَا يُرِيدُ بِكُمُ الْعُسْرَ.....

“Allah menghendaki kemudahan bagimu, dan tidak menghendaki kesukaran bagimu.” (QS. Al-Baqarah/2:185).

Menurut Qardhawi (2003), diperbolehkannya yang haram oleh Islam dalam kondisi darurat itu, tidak lain demi beradaptasi dengan jiwa Islam secara umum dan kaidahnya secara global, yakni jiwa kemudahan dan keringanan yang membebaskan umat Islam dari berbagai belunggu dan beban sebagaimana yang dibebankan kepada umat sebelumnya.