

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Filtrat Bakteri Endofit Kitinolitik

Pembuatan filtrat bakteri endofit kitinolitik dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi UIN MALIKI Malang. Filtrat bakteri endofit kitinolitik sebanyak 36 ml dihasilkan dari metode sentrifugasi dengan kecepatan 13.000 rpm. Tiga puluh enam ml filtrat bakteri endofit kitinolitik terdiri dari 12 ml *Bacillus mycoides*, 12 ml *Klebsiella ozaenae* dan 12 ml kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae*.

Sebelum dilanjutkan pada tahap berikutnya, dilakukan uji viabilitas bakteri dengan metode *Total Plate Count* (TPC) untuk mengetahui kelangsungan hidup bakteri tersebut. Hasil viabilitas bakteri endofit kitinolitik yang dievaluasi menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) (Lampiran 2). Menunjukkan viabilitas yang baik yaitu pada *Bacillus mycoides* mencapai  $4,49 \times 10^8$  cfu/ml, *Klebsiella ozaenae* sebesar  $5,54 \times 10^8$  cfu/ml dan bakteri kombinasi *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae* mencapai  $5,84 \times 10^8$  cfu/ml.

Dijelaskan dalam SNI 2897: 2008 bahwa metode *Total Plate Count* (TPC) adalah cara perhitungan jumlah mikroba yang tumbuh pada media agar dengan suhu dan waktu inkubasi yang ditetapkan. Suatu bakteri dikatakan mempunyai viabilitas yang baik, jika memenuhi standarisasi yang ditetapkan oleh SNI yaitu viabilitas mencapai  $1 \times 10^6$  cfu/ml atau lebih dengan metode *Total Plate Count* (TPC). Sehingga jika jumlah perhitungan bakteri lebih dari standarisasi yang

ditetapkan, maka bakteri tersebut mempunyai viabilitas yang tinggi (SNI 01-3141-1998).

Filtrat bakteri endofit kitinolitik menghasilkan enzim ekstraseluler berupa kitinase. Produksi enzim kitinase oleh *Bacillus mycooides*, *Klebsiella ozaenae* dan *Pseudomonas pseudomallei* dipengaruhi oleh sumber karbon dan nitrogen yang ada di dalam media dan dirangsang dengan pH asam dan NaNO<sub>3</sub> (Tweddell *et. al.*, 1994 dalam Asni, 2008).

Enzim kitinase digunakan oleh bakteri endofit untuk memecah kitin menjadi sumber karbon dan nitrogen. Pengaturan sintesis kitinase dipengaruhi juga oleh produk akhir (katabolik) berupa N-asetilglukosamin dan glukosa. Faktor lain yang menginduksi sintesis kitinase adalah kemampuan sel mikroorganisme untuk mengenal struktur fisik kitin (Yurnaliza, 2002).

Menurut Stanbury dan Whitaker (1984), enzim merupakan produk metabolik sekunder. Metabolik sekunder bakteri akan diproduksi maksimal pada saat bakteri telah memasuki fase akhir eksponensial di awal fase stasioner. Dalam penelitian Suriaman (2010), dijelaskan nilai OD (kepadatan optis merupakan nilai yang menunjukkan tinggi rendahnya populasi bakteri dalam suatu media) bakteri endofit tunggal dan kombinasi. Kecepatan tumbuh bakteri tunggal *Bacillus mycooides* pada hari ke-1, terjadi fase adaptasi, pada hari ke-2 sampai hari ke-4 terjadi fase eksponensial, fase stasioner terjadi lebih pendek, kemudian pada hari ke-5 terjadi fase kematian. *Klebsiella ozaenae* pada hari ke-1 terjadi fase adaptasi, pada hari ke-2 sampai hari ke-5 terjadi fase eksponensial, kemudian pada hari ke-6 terjadi fase stasioner dan pada hari ke-7 terjadi fase kematian.

Sedangkan kecepatan tumbuh bakteri kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae*, pada hari ke-1 terjadi fase adaptasi, pada hari ke-2 sampai hari ke-4 terjadi fase eksponensial, fase stasioner terjadi lebih pendek (tidak terdeteksi), kemudian pada hari ke-5 terjadi fase kematian.

Fase pertumbuhan bakteri tunggal *Bacillus mycoides*, *Klebsiella ozaenae* dan bakteri kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae* mencapai fase eksponensial pada hari ke-2 sampai hari ke-4. Hal tersebut dapat dijadikan acuan untuk pembuatan filtrat bakteri endofit kitinolitik. Karena pada akhir fase eksponensial di awal fase stasioner merupakan fase bakteri endofit menghasilkan metabolit sekunder (Rahman, 1989).

Pada umumnya bakteri endofit menghasilkan enzim ekstraseluler berupa protease, kitinase dan selulase pada akhir fase eksponensial di awal fase stasioner (Nasran, *et al.*, 2003). Fase ini merupakan fase perbanyakan sel dimana bakteri melakukan konsumsi nutrisi untuk memenuhi kebutuhannya. Sehingga berbagai proses fisiologis dapat terjadi pada fase ini (Purwoko, 2007).

## **4.2 Potensi Filtrat Bakteri Endofit Kitinolitik Sebagai Agen Pengendalian**

### **Nyamuk *Aedes aegypti* L.**

#### **4.2.1 Mortalitas Larva dan Pupa Nyamuk *Aedes aegypti* L**

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan 3 variasi filtrat bakteri dan 4 variasi konsentrasi, yaitu 0 ml (kontrol), 0,5 ml, 1 ml dan 1,5 ml dengan pengulangan masing-masing sebanyak 4 kali, diperoleh persentase mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti* (Tabel 4.1). Pengamatan mortalitas larva

dan pupa nyamuk *Aedes aegypti* dilakukan selama 10 hari yaitu sampai dengan seluruh larva atau pupa dalam kontrol berubah menjadi nyamuk dewasa atau mati.

**Tabel 4.1.** Pengaruh Konsentrasi Filtrat Bakteri Endofit Kitinolitik Terhadap Rata-Rata Persentase Mortalitas Larva dan Pupa *Aedes aegypti* Selama 10 Hari

Perlakuan		Mortalitas % ± SD
Bakteri	Konsentrasi (ml)	
Kontrol	0	0 ± 0,00 a
<i>Bacillus mycoides</i>	0,5	19 ± 4,23 b
	1	22 ± 6,46 b
	1,5	44 ± 5,27 c
<i>Klebsiella ozaenae</i>	0,5	25 ± 3,57 b
	1	28 ± 4,12 b
	1,5	50 ± 3,68 c
<i>Pseudomonas pseudomallei</i> + <i>Klebsiella ozaenae</i>	0,5	28 ± 4,12 b
	1	67 ± 5,58 d
	1,5	97 ± 10,19 e

**Keterangan:** Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT 0,05. Sedangkan angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata yang signifikan pada uji DMRT 0,05.

Pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi menyebabkan peningkatan persentase mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Filtrat bakteri *Bacillus mycoides* pada konsentrasi 0,5 ml menyebabkan mortalitas larva dan pupa *Aedes aegypti* sebesar 19%, 1 ml sebesar 22%, sedangkan pada konsentrasi 1,5 ml tingkat mortalitas meningkat mencapai 44%.

Berikutnya filtrat bakteri yang digunakan adalah *Klebsiella ozaenae* dengan konsentrasi 0,5 ml, 1 ml dan 1,5 ml. Secara berurutan menyebabkan mortalitas larva dan pupa *Aedes segypti* sebesar 25%, 28% dan 50%. Persentase mortalitas larva dan pupa *Aedes aegypti* pada konsentrasi 1,5 ml.

Selanjutnya filtrat bakteri yang digunakan adalah filtrat bakteri kombinasi yaitu kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae*. Filtrat bakteri ini terlihat lebih berpotensi dalam mengendalikan larva dan pupa *Aedes aegypti* dibandingkan filtrat bakteri tunggal lainnya. Pada konsentrasi 0,5 ml menyebabkan mortalitas sebesar 28%, konsentrasi 1 ml sebesar 67%, sedangkan pada konsentrasi 1,5 mortalitas mencapai 97%.

Hal tersebut dimungkinkan karena perbedaan indeks kitinase (dalam mm) yang dihasilkan dari 3 jenis bakteri yang digunakan. Dilaporkan dalam penelitian (Faticah, 2011) bahwa indeks kitinase yang dihasilkan dari *Bacillus mycoides* sebesar 1,19, *Klebsiella ozaenae* sebesar 1,20 dan kombinasi *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae* sebesar 1,43. Sehingga dengan pemberian 1,5 ml filtrat bakteri endofit kitinolitik merupakan dosis optimal dalam mempengaruhi mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Mortalitas merupakan efek dari adanya kerusakan struktur eksoskeleton pada larva yang berakibat pada terganggunya proses metabolisme tubuh lainnya. Terganggunya proses metabolisme memungkinkan terjadinya kematian larva nyamuk *Aedes aegypti* (pujiyanto *et al*, 2008).

Hasil pada tabel 4.1 persentase mortalitas tertinggi sebesar 97,5% yaitu dengan pemberian filtrat bakteri endofit kitinolitik kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaena* dengan konsentrasi 1,5 ml. Hal ini disebabkan oleh adanya enzim kitinase yang dihasilkan oleh filtrat bakteri endofit kitinolitik. Filtrat bakteri endofit kitinolitik mampu memberikan pengaruh negatif terhadap mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Kematian larva ini

diduga disebabkan larva mengalami kerusakan struktur eksoskeleton akibat terdegradasi oleh aktivitas kitinase yang dihasilkan oleh bakteri endofit kitinolitik. Degradasi kitin ini terutama dilakukan oleh mikroorganisme, dimana kitin dapat menjadi sumber karbon dan nitrogen untuk pertumbuhannya (Gooday, 1990).

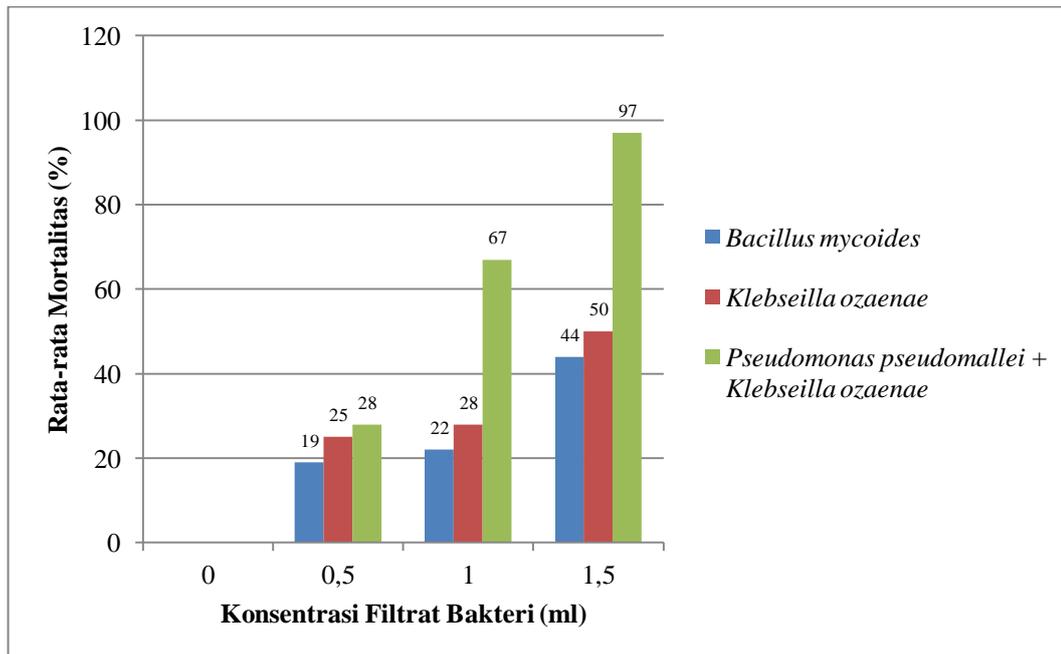
Menurut Gooday (1990), terdapat dua macam lintasan perombakan kitin. Lintasan perombakan kitin yang belum diketahui disebut kitinoklastik, sedangkan jika lintasan tersebut melibatkan hidrolisis ikatan  $\beta$  (1,4) glikosida, maka prosesnya disebut kitinolitik. Hidrolisis ikatan ini dilakukan oleh enzim kitinase. Eksokitinase memecah bagian diasetilkitobiosa dari ujung non reduksi dari suatu rantai kitin, sedangkan endokitinase memecah bagian ikatan glikosida rantai kitin secara acak dan menghasilkan diasetilkitobiosa sebagai hasil utama yang bersama-sama dengan triasetil kitobiosa akan dirombak secara perlahan menjadi disakarida dan monosakarida. Kerusakan struktur eksoskeleton pada larva dapat berakibat pada terganggunya proses pertumbuhan dan proses metabolisme tubuh lainnya (May dan Vander Gheynst, 2002).

Dari hasil analisis ANOVA (lampiran 4) diketahui bahwa ada pengaruh konsentrasi (0 ml, 0,5 ml, 1 ml dan 1,5 ml) terhadap mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Teruji bahwa pada konsentrasi 1,5 ml filtrat bakteri endofit kitinolitik dapat menyebabkan mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Ada pengaruh bakteri (*Bacillus mycoides*, *Klebsiella ozaenae* dan kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae*) terhadap mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Berdasarkan data yang telah didapat disimpulkan bahwa pada filtrat bakteri kombinasi antara

*Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae* dapat menyebabkan mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Ada pengaruh interaksi konsentrasi dan bakteri terhadap mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Data menunjukkan bahwa pada kombinasi perlakuan B3K3 yaitu pada konsentrasi 1,5 ml filtrat bakteri kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae* persentase mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti* sebesar 97%, persentase mortalitas tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya.

Berdasarkan hasil uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%, konsentrasi perlakuan 0,5 ml, 1 ml dan 1,5 ml filtrat bakteri endofit kitinolitik berpengaruh terhadap mortalitas *Aedes aegypti* karena menunjukkan adanya beda nyata dengan kontrol (0 ml). Hal ini menunjukkan bahwa filtrat bakteri endofit kitinolitik memiliki potensi sebagai pengendali hayati larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Pada kontrol tidak menunjukkan adanya mortalitas larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*.

Untuk mengetahui potensi filtrat bakteri endofit kitinolitik dalam mengendalikan larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti* dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 4.1.** Persentase Kematian Larva dan Pupa Nyamuk *Aedes aegypti*

Dari gambar 4.1 persentase kematian larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*, terlihat bahwa kombinasi bakteri *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae* merupakan isolat yang sangat berpotensi digunakan sebagai agen pengendali hayati dibandingkan bakteri tunggal lainnya.

Dalam penelitian Faticah (2010), dilaporkan bahwa hasil pengujian rata-rata indeks kitinase yang dihasilkan oleh bakteri endofit. Menunjukkan hasil bahwa aktivitas kitinase tertinggi ditemukan pada bakteri endofit kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae* dengan indeks kitinase sebesar 1,43 mm. Sedangkan pada bakteri tunggal lainnya seperti *Bacillus mycooides* mempunyai indeks kitinase sebesar 1,19 dan indeks kitinase pada *Klebsiella ozaenae* sebesar 1,20 mm.

Besarnya indeks kitinase pada bakteri kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae*, maka semakin besar pula aktivitas kitinase yang dilakukan oleh bakteri tersebut. Besarnya indeks kitinase pada bakteri endofit kitinolitik dapat meningkat jika substrat, pH dan suhu lingkungan dalam keadaan seimbang. Menurut Nasran *et al.* (2003) bakteri kitinolitik dapat memproduksi enzim kitinase pada suhu (25-38°C), karena dalam suhu ini bakteri sangat cepat melakukan adaptasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lehninger (1998) bahwa aktivitas suatu enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pH, konsentrasi substrat, enzim, suhu dan adanya aktivator inhibitor.

Adanya interaksi sinergitik yang saling menguntungkan antara bakteri *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae*, maka metabolisme bakteri berjalan optimal dan menghasilkan enzim ekstraseluler berupa kitinase dalam jumlah besar. Sesuai penelitian yang dilakukan Faticah (2010), bahwa indeks kitinase bakteri kombinasi *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae* sebesar 1,43 mm. Semakin besar indeks kitinase, maka semakin besar pula enzim kitinase yang dihasilkan oleh bakteri tersebut. Eksoskeleton pada larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti* tersusun atas kitin. Kitin dapat dihidrolisis dengan enzim kitinase. Enzim kitinase merupakan enzim yang berperan dalam pengendalian jamur, nematoda dan serangga. Enzim kitinase ini mampu menguraikan kitin pada dinding sel jamur, nematoda dan eksoskeleton serangga menjadi N-asetil glukosaminida. Faktor yang menginduksi sintesis kitinase adalah kemampuan sel mikroorganisme untuk mengenal struktur fisik kitin, contoh mekanisme sintesis pada *Streptomyces olivaceoviridis*. Mikroorganisme ini

memproduksi protein seperti lektin yang mengikat secara khusus pada kristal  $\alpha$ -kitin. Sel juga dapat mengenal derajat deasetilasi dari jumlah glukosamin dan GlcNac relatif yang dibebaskan selama degradasi kitin (Dewi, 2008).

Hal ini sesuai dengan Sumarsih (2003), menyatakan bahwa jika terdapat dua atau lebih jasad yang berbeda ditumbuhkan bersama-sama dalam 1 medium, maka aktivitas metabolismenya secara kualitatif maupun kuantitatif akan berbeda jika dibandingkan dengan jumlah aktivitas masing-masing jasad yang ditumbuhkan dalam medium yang sama tapi terpisah. Fenomena ini merupakan hasil interaksi metabolisme atau interaksi dalam penggunaan nutrisi yang dikenal sebagai sinergitik.

Hubungan yang sinergitik ini terjadi ketika dua spesies bakteri hidup bersama dan mengadakan kegiatan yang tidak saling mengganggu, tetapi kegiatan yang dilakukan oleh masing-masing bakteri tersebut justru berupa suatu urutan yang saling menguntungkan. Ragi (adonan) untuk membuat tape terdiri dari kumpulan spesies *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenula* dan mungkin *Acetobacter*. Masing-masing spesies memiliki kegiatan sendiri-sendiri, sehingga zat tepung (amilum) dapat berubah menjadi gula, dan gula menjadi beberapa macam asam organik, alkohol, dan lain-lain (Dwijosaputro, 2006).

Dalam penelitian Sumastri (2009), menyatakan bahwa kultur campuran bakteri mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon alifatik, aromatik, asfaltin dan senyawa fraksi nitrogen, sulfur dan oksigen pada tanah yang tercemar minyak bumi dan lumpur minyak bumi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa biodegradasi dengan kultur campuran bakteri memberikan hasil yang lebih tinggi

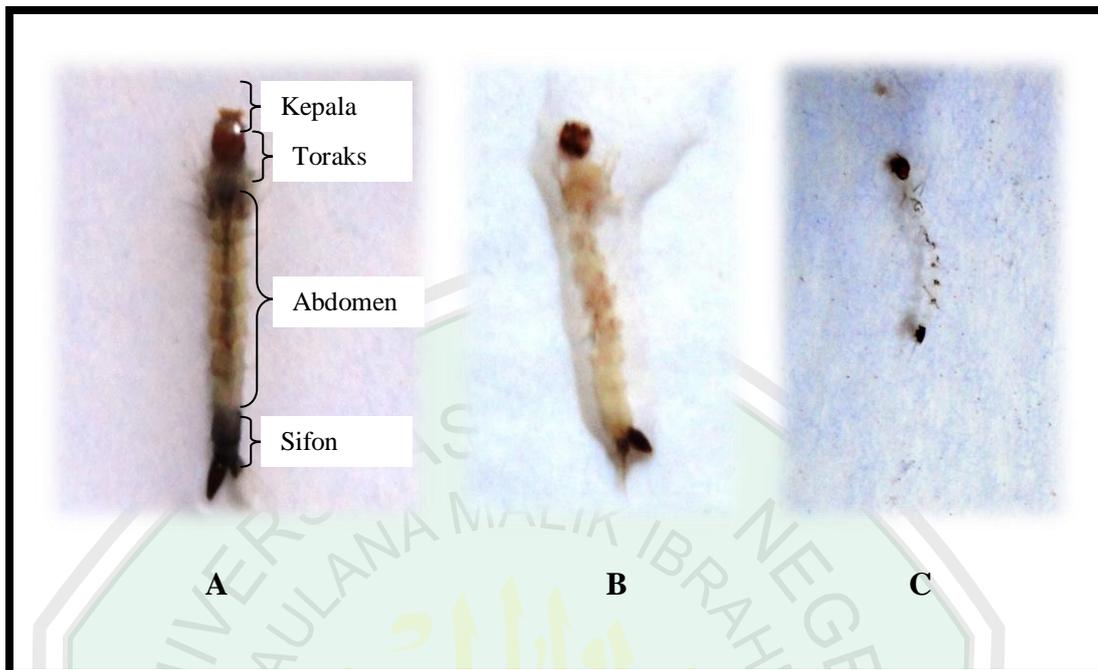
dari pada kultur satu jenis bakteri, tetapi diperlukan kombinasi bakteri yang dinamis dan sinergis.

#### **4.2.2 Abnormalitas Morfologi Larva dan Pupa Nyamuk *Aedes aegypti* L**

Mortalitas pada kontrol merupakan kematian yang alami. Larva kontrol yang mati tidak menunjukkan adanya kerusakan morfologi seperti larva dengan perlakuan variasi bakteri dengan berbagai konsentrasi. Larva yang digunakan dalam pengamatan dipilih berdasarkan keseragaman morfologi dan umur sejak penetasan. Sehingga 1 ekor larva yang mati dalam pengamatan ini kemungkinan disebabkan karena daya tahan tubuhnya lebih rendah dibandingkan larva yang lain.

Kerusakan struktur eksoskeleton pada larva dapat berakibat pada terganggunya proses pertumbuhan dan proses metabolisme tubuh lainnya (May dan Vander Gheynst, 2002). Terganggunya proses metabolisme memungkinkan menyebabkan kematian larva. Kerusakan struktur ini dapat diamati pada larva yang mati akibat perlakuan bakteri endofit kitinolitik dengan mikroskop makro NIKON SMZ645 (Gambar 4.2).

Larva yang normal tidak berlengan dan dadanya lebih lebar dari kepalanya. Kepalanya berkembang baik dengan sepasang antena dan mata majemuk, serta sikat mulut yang menonjol. Perutnya terdiri dari 9 ruas yang jelas dan ruas terakhir dilengkapi dengan tabung udara (sifon) yang berbentuk silinder (Gambar 4.2) (Sigit *et al*, 2006).



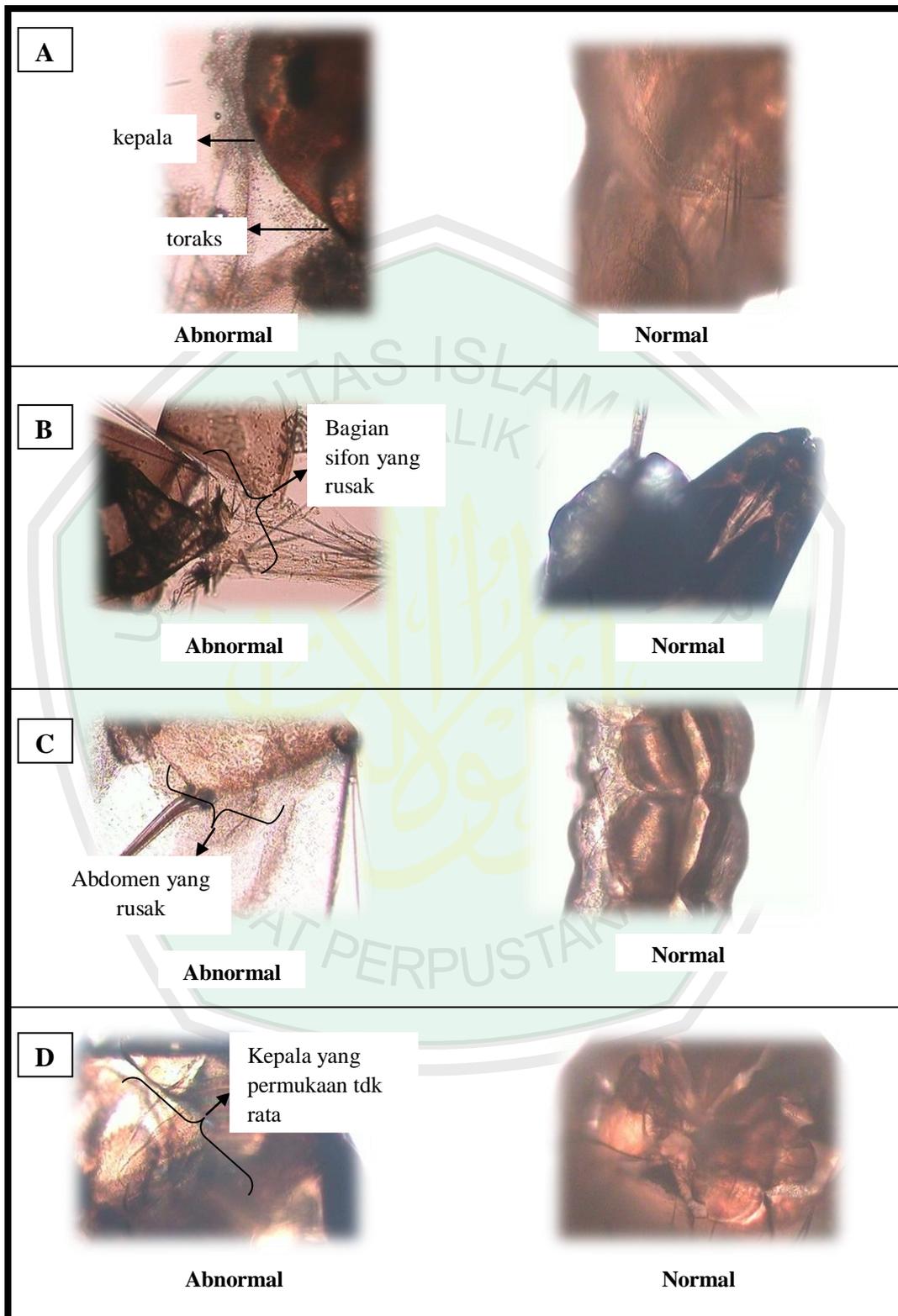
**Gambar 4.2.** Perbandingan Larva *Aedes aegypti* Normal dengan Perlakuan. (A) Larva hidup, (B) Larva mati pada kontrol dan (C) Kerusakan struktur eksoskeleton pada larva yang mati karena perlakuan bakteri endofit kitinolitik

Pada kelompok perlakuan menunjukkan adanya kerusakan struktur tubuh larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti*. Morfologi larva dan pupa yang mati menunjukkan adanya kerusakan pada bagian tubuhnya, seperti kerusakan pada kepala yang hampir putus dari toraksnya, terlihat bagian abdomen dan sifon yang tidak normal (Gambar 4.3).

Abnormalitas larva *Aedes aegypti* (Gambar 4.3) merupakan perwakilan dari 3 jenis bakteri yaitu *Bacillus mycoides*, *Klebseilla ozaenae* dan kombinasi *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae*. Abnormalitas tersebut terjadi karena aktivitas enzim kitinase yang dihasilkan oleh filtrat bakteri endofit kitinolitik yang digunakan dalam perlakuan.

Pada gambar 4.3, menunjukkan morfologi larva *Aedes aegypti* (A) Kepala yang hampir putus dari toraksnya. Ketika enzim kitinase mendegradasi kitin pada bagian toraks, maka toraks akan terkikis dan mengecil. Sehingga menyebabkan putusnya kepala dari toraks. (B) Sifon yang rusak karena eksoskeleton terdegradasi oleh kitinase. (C) Abdomen yang rusak ditandai dengan eksoskeleton yang terkikis dan (D) Kepala abnormal permukaannya tidak rata. Gambar pembandingnya adalah bagian kepala larva nyamuk *Aedes aegypti* yang normal. Kepala yang normal ditandai dengan permukaan yang rata dan bagian-bagiannya yang terlihat jelas.

Perubahan struktur segmen-segmen bagian tubuh larva nyamuk *Aedes aegypti* yang telah mendapat perlakuan dengan filtrat bakteri endofit kitinolitik, tampak tidak jelas (kabur), bahkan abdomen larva tersebut terlihat transparan yang menandakan bahwa isi dari abdomen larva nyamuk *Aedes aegypti* telah keluar akibat rusaknya eksoskeleton. Hal ini disebabkan karena mekanisme pendegradasian kitin yang dilakukan oleh bakteri endofit kitinolitik.



**Gambar 4.3.** Morfologi Abnormalitas Larva *Aedes aegypti* setelah perlakuan. (A) Kepala, (B) Sifon, (C) Abdomen dan (D) Kepala dengan mikroskop Olympus CX31 perbesaran 1000

Pupa yang mati atau gagal menetas menjadi nyamuk, terlihat ruas – ruas abdomennya berkelok dan cenderung masih lurus seperti pada stasium larva. Pupa yang normal seharusnya berbentuk seperti koma. Kepala dan dadanya bersatu dilengkapi dengan sepasang terompet pernafasan (Gambar 4.4) (Sigit *et al*, 2006). Karena pupa yang abnormal dengan abdomen yang lurus akan mempersulit nyamuk dewasa keluar dari pupa.



**Gambar 4.4.** Perbandingan Pupa *Aedes aegypti* Normal dengan Perlakuan (mikroskop makro NIKON SMZ645)

Selain berpengaruh pada kelangsungan hidup larva, pemberian filtrat bakteri endofit kitinolitik juga berpengaruh terhadap perubahan morfologi larva menjadi pupa. Pada perlakuan kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebseilla ozaenae* terdapat larva yang berhasil menjadi pupa, tetapi dengan morfologi yang tidak sempurna. Kondisi pupa tersebut mengakibatkan nyamuk dewasa sulit keluar dari pupa dan akhirnya mati.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi filtrat bakteri endofit kitinolitik yang ditambahkan ke dalam media pemeliharaan larva, maka semakin tinggi mortalitas larva (Gambar 4.1). Pemberian 1,5 ml filtrat

bakteri endofit kitinolitik kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebseilla ozaenae* menyebabkan kematian larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti* sebesar 97,5 %.

Potensi bakteri endofit kitinolitik kombinasi antara *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebseilla ozaenae* juga didukung oleh viabilitas yang tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa viabilitas mencapai  $3,74 \times 10^8$  cfu/ml. Setelah diperlakukan untuk mengendalikan larva dan pupa nyamuk *Aedes aegypti* selama 192 jam. Hal ini menunjukkan bahwa viabilitas bakteri ini dalam media air bagus. Viabilitas ini penting jika suatu mikroba akan diaplikasikan di lapangan (Banani *et. al.*, 2002).

#### **4.2.3 Perubahan Morfologi Larva Nyamuk *Aedes aegypti* L**

Pemberian filtrat bakteri endofit kitinolitik selain berpengaruh terhadap mortalitas juga berpengaruh terhadap perubahan morfologi larva yaitu terbentuknya nyamuk dewasa. Pada (Gambar 4.5) dapat dilihat persentase keberhasilan larva menjadi nyamuk *Aedes aegypti* dewasa selama 10 hari yaitu saat larva atau pupa dalam kontrol berubah menjadi nyamuk atau mati.

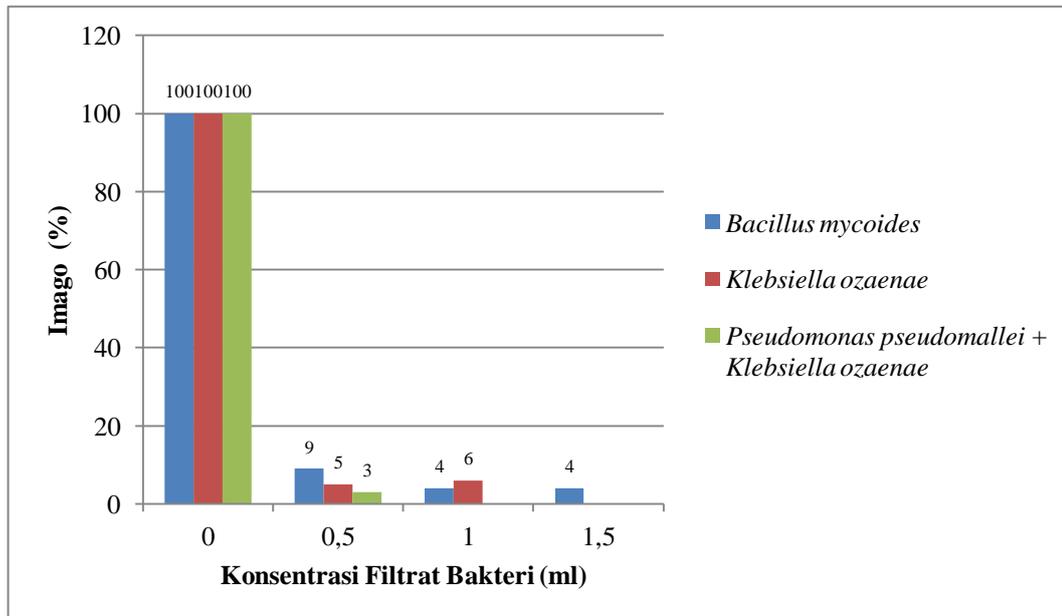
Data kuantitatif abnormalitas pupa dan imago *Aedes aegypti* yang berhasil menetas disajikan pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4.2.** Persentase Abnormalitas Pupa dan Persentase Keberhasilan Larva Menjadi Imago

Perlakuan		Abnormalitas Pupa (%)	Imago (%)
Bakteri	Konsentrasi (ml)		
Kontrol	0	0	100
<i>Bacillus mycoides</i>	0,5	72	9
	1	74	4
	1,5	52	4
<i>Klebsiella ozaenae</i>	0,5	70	5
	1	67	6
	1,5	50	0
<i>Pseudomonas pseudomallei</i> dengan <i>Klebsiella ozaenae</i>	0,5	70	2
	1	33	0
	1,5	3	0

Pada (Gambar 4.5) perlakuan kontrol menunjukkan persentase munculnya nyamuk sebesar 100%. Sedangkan pada perlakuan yang diberi filtrat bakteri endofit kitinolitik, persentase keberhasilan larva menjadi nyamuk *Aedes aegypti* dewasa terhitung rendah. Persentase keberhasilan larva menjadi nyamuk *Aedes aegypti* dewasa dengan pemberian filtrat bakteri endofit *Bacillus mycoides*, konsentrasi 0,5 ml, 1 ml dan 1,5 ml secara berurutan sebesar 9%, 4% dan 4%. Filtrat bakteri endofit *Klebsiella ozaenae* pada konsentrasi 0,5 ml sebesar 5%, 1 ml sebesar 6% dan 1,5 ml sebesar 0%. Persentase munculnya nyamuk *Aedes aegypti* sebesar 0% dengan pemberian filtrat bakteri endofit kitinolitik konsentrasi 1 ml dan 1,5 ml dengan bakteri *Pseudomonas pseudomallei* dengan *Klebsiella ozaenae*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang filtrat bakteri yang ditambahkan ke dalam media biakan larva nyamuk *Aedes*

*aegypti*, semakin rendah tingkat keberhasilan larva menjadi nyamuk *Aedes aegypti* dewasa.

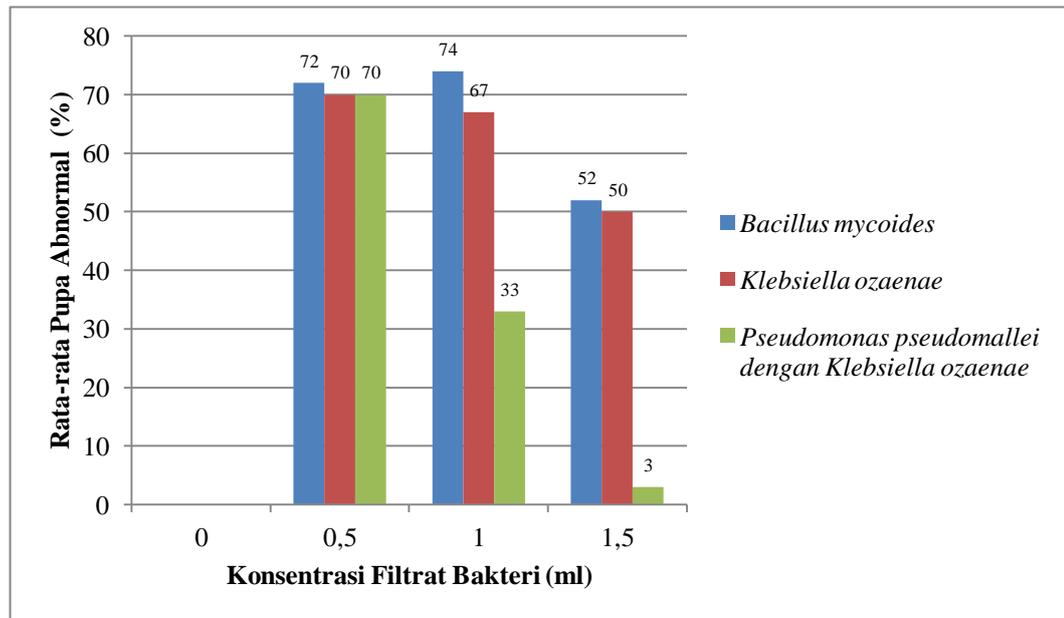


**Gambar 4.5.** Persentase Keberhasilan Larva Menjadi Nyamuk *Aedes aegypti* Dewasa (Imago)

Berdasarkan hasil pengamatan selama perlakuan, secara umum filtrat bakteri endofit kitinolitik mengganggu proses metamorfosis nyamuk *Aedes aegypti*. Sehingga larva memerlukan waktu yang lebih lama untuk berkembang menjadi nyamuk. Ataupun larva yang diberi filtrat bakteri endofit kitinolitik siklus hidupnya berhenti pada pupa yang abnormal dan akhirnya mati.

Pada Gambar 4.6 di bawah ini menunjukkan persentase pupa abnormal yaitu pupa yang tidak mati dan tidak menetas menjadi nyamuk selama 10 hari pengamatan. Pupa tersebut memiliki morfologi yang tidak normal yaitu pupa yang mati atau gagal menetas menjadi nyamuk, terlihat ruas-ruas abdomennya berkelok dan cenderung masih lurus seperti pada stadium larva. Pupa yang normal

seharusnya berbentuk seperti koma. Kepala dan dadanya bersatu dilengkapi dengan sepasang terompet pernafasan (Gambar 4.4) (Sigit *et al.*, 2006).



**Gambar 4.6.** Persentase Abnormalitas Pupa *Aedes aegypti* yang Terhambat Menjadi Nyamuk Dewasa

Pengamatan dilanjutkan sampai hari ke-15, hasil yang didapatkan adalah kematian pupa abnormal. Hal ini sesuai dengan kajian literatur dijelaskan bahwa siklus hidup nyamuk dipengaruhi suhu, makanan, spesies, dan faktor lain. Pada saat menetas (ekslosi), kulit pupa tersobek oleh adanya gelembung udara dan oleh kegiatan nyamuk dewasa yang melepaskan diri (Sigit *et al.*, 2006).

Dapat disimpulkan bahwa pupa abnormal yang tidak berhasil menetas menjadi nyamuk *Aedes aegypti* dewasa disebabkan karena faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Faktor lingkungan yang dimaksudkan di sini adalah adanya bakteri endofit kitinolitik pada media biakan nyamuk *Aedes aegypti*. Bakteri

tersebut dapat menghasilkan kitinase yang dapat mendegradasi kitin yang merupakan penyusun utama eksoskeleton nyamuk (Pujiyanto *et al.*, 2004).

### 4.3 Nyamuk Dalam Perspektif Al-Quran dan Sunnah

Dalam Al-Quran banyak ayat yang menyebutkan Allah memerintahkan manusia untuk memperhatikan alam dan melihat “tanda-tanda” di dalamnya. Semua makhluk hidup dan tidak hidup di alam semesta merupakan tanda-tanda yang menunjukkan bahwa mereka semua diciptakan oleh Allah SWT yang maha kuasa. Manusia bertanggung jawab untuk mengenali tanda-tanda ini dengan menggunakan akal budinya, untuk memuliakan Allah SWT. Meskipun semua makhluk hidup memiliki tanda-tanda ini, beberapa tanda dirujuk oleh Allah SWT secara khusus dalam Al-Quran. Diantaranya nyamuk yang diterangkan dalam surat Al-Baqarah ayat 26 di bawah ini:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ  
الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهِدَا مَثَلًا يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا  
وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴿٢٦﴾

Artinya: "Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Rabb mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?" Dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik." (QS. Al-Baqarah/ 2: 26).

Nyamuk sering dianggap sebagai serangga biasa dan tidak penting. Tetapi pernyataan: “Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu” semestinya mendorong kita untuk memikirkan keistimewaan binatang ini. Nyamuk sangat penting untuk diteliti dan dipikirkan, karena di dalamnya terdapat tanda-tanda kebesaran Allah SWT.

Lafad “ما” pada ayat tersebut adalah *Maa Mausulah* yang mengindikasikan segala hal yang harus diperhatikan dari seekor nyamuk, bukan hanya keberadaannya secara utuh, melainkan apa saja yang ada pada seekor nyamuk. Misalnya siklus hidup, tempat perkembangbiakan dan beberapa penyakit yang disebabkan oleh nyamuk.

Seekor nyamuk jantan dewasa yang siap kawin akan menggunakan antenanya menemukan nyamuk betina. Fungsi antena nyamuk jantan berbeda dengan antena nyamuk betina. Bulu tipis di ujung antenanya sangat peka terhadap suara yang dipancarkan nyamuk betina. Tepat di sebelah organ seksual nyamuk jantan, terdapat anggota tubuh yang membantunya mencengkeram nyamuk betina ketika mereka melakukan perkawinan di udara. Nyamuk jantan terbang berkelompok, sehingga terlihat seperti awan. Ketika seekor betina memasuki kelompok tersebut, nyamuk jantan yang berhasil mencengkeram nyamuk betina akan melakukan perkawinan selama penerbangan. Perkawinan tidak berlangsung lama dan nyamuk jantan akan kembali ke kelompoknya setelah perkawinan. Sejak saat itu, nyamuk betina memerlukan darah untuk perkembangan telurnya.

Pada umumnya, nyamuk dikenal sebagai pengisap darah. Hal ini tidak terlalu tepat, karena yang mengisap darah hanya nyamuk betina. Nyamuk betina

mengisap darah untuk perkembangan telurnya sehingga kelangsungan hidup spesiesnya tetap terpelihara. Sedangkan nyamuk jantan memakan nektar tumbuhan.

Proses perkembangan nyamuk merupakan salah satu aspek yang paling mengesankan dan mengagumkan. Berikut ini adalah kisah singkat tentang metamorfosis nyamuk dari seekor larva melalui beberapa tahap menjadi seekor nyamuk. Ketika nyamuk betina menemukan tempat yang cocok untuk bertelur, maka nyamuk betina itupun meletakkan telurnya. Telur-telur tersebut panjangnya kurang dari satu milimeter, tersusun dalam satu baris, secara berkelompok atau satu-satu. Beberapa spesies bertelur dalam bentuk tertentu, saling menempel. Sebagian kelompok telur ini bisa terdiri atas 300 telur. Telur-telur berwarna putih yang disusun rapi ini segera menjadi gelap warnanya, lalu menghitam dalam beberapa jam. Warna hitam ini memberikan perlindungan bagi telur, agar tidak terlihat oleh burung atau serangga lain. Selain telur, warna kulit sebagian larva juga berubah sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan. Larva berubah warna dengan memanfaatkan faktor-faktor tertentu melalui berbagai proses kimia yang rumit. Baik telur, larva ataupun nyamuk tersebut tidak mengetahui proses-proses di balik perubahan warna dalam tahap metamorfosis. Tidak mungkin nyamuk bisa melakukannya sendiri. Tidak mungkin pula perubahan warna dalam tahapan metamorfosis ini terjadi secara kebetulan. Tetapi Allah SWT lah yang menciptakan nyamuk dengan tahapan metamorfosis yang nyamuk telah diciptakan oleh Allah SWT dengan perjalanan metamorfosis yang luar biasa.

Pernyataan yang disebutkan di atas sesuai dengan literatur yang menjelaskan bahwa, telur *Aedes aegypti* yang diletakkan di dalam air akan menetas selama 1-3 hari pada suhu 30°C, tetapi jika diletakkan pada suhu 16°C membutuhkan waktu 7 hari. Larva mengalami 4 kali pergantian kulit (instar) dan segera berubah menjadi pupa. Bentuk pupa merupakan fase tanpa makan, sangat sensitif terhadap pergerakan air, serta sangat aktif jungkir balik di air. Pupa menjadi dewasa di atas permukaan air yang tenang. Stadium ini hanya berlangsung dalam waktu 2-3 hari, tetapi dapat diperpanjang sampai 10 hari pada suhu rendah, pada suhu di bawah 10°C pupa tidak akan berkembang. Siklus hidup nyamuk dipengaruhi suhu, makanan, spesies, dan faktor lain. Pada saat menetas (ekslosi), kulit pupa tersobek oleh adanya gelembung udara dan oleh kegiatan nyamuk dewasa yang melepaskan diri. Nyamuk jantan dewasa umumnya hanya mampu bertahan hidup 6 sampai 7 hari dan makanannya adalah cairan tumbuhan atau nektar, sedangkan yang betina dapat mencapai 2 minggu lebih di alam dan bisa mengisap darah berbagai jenis hewan dan manusia. Nyamuk betina memerlukan (mengisap) darah untuk produksi telur-telurnya. Nyamuk-nyamuk di laboratorium yang dipelihara dengan cukup karbohidrat dalam kelembapan yang tinggi, dapat mencapai usia beberapa bulan (Sigit *et al.*, 2006).

Berikutnya hal yang bisa dijelaskan dari “ما” *Maa Mausulah* adalah nyamuk sebagai vektor atau penular utama dari penyakit-penyakit arbovirus (demam berdarah, chikungunya, demam kuning, encephalitis, dan lain-lain), serta penyakit-penyakit nematoda (filariasis), riketsia, dan protozoa (malaria). Di seluruh dunia terdapat lebih dari 2500 spesies nyamuk meskipun sebagian besar

dari spesies-spesies nyamuk ini tidak berasosiasi dengan penyakit. Jenis-jenis nyamuk yang menjadi vektor utama, biasanya adalah *Aedes* spp., *Culex* spp., *Anopheles* spp., dan *Mansonia* spp (Sembel, 2009).

Penyakit demam berdarah dengue ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Nyamuk ini terinfeksi virus *Dengue* sewaktu mengisap darah orang yang sakit demam berdarah dengue atau tidak sakit tetapi didalam darahnya terdapat virus dengue. Seseorang yang didalam darahnya mengandung virus dengue merupakan sumber penularan penyakit demam berdarah. Virus dengue berada dalam darah selama 4-7 hari mulai 1-2 hari sebelum demam (Lestari, 2007).

Ketika nyamuk *Aedes aegypti* mengisap darah penderita DBD, maka virus dalam darah akan ikut terisap masuk ke dalam lambung nyamuk, selanjutnya virus akan memperbanyak diri dan tersebar di berbagai jaringan tubuh nyamuk termasuk dalam kelenjar air liurnya. Kira-kira 1 minggu setelah mengisap darah penderita, nyamuk tersebut siap menularkan kepada orang lain (masa inkubasi ekstrinsik). Oleh karena itu nyamuk *Aedes aegypti* yang telah terinfeksi virus dengue menjadi penular (*infektif*) sepanjang hidupnya. Penularan ini terjadi karena setiap kali nyamuk mengisap darah, nyamuk mengeluarkan air liur melalui saluran alat tusuknya agar darah yang diisap tidak membeku. Bersama air liur inilah virus dengue dipindahkan dari nyamuk ke manusia (Depkes, 2005).

Sebagai upaya pengendalian vektor demam berdarah, diperlukan pengetahuan tentang sifat hidup nyamuk *Aedes aegypti*. Nyamuk *Aedes aegypti* bersifat urban, hidup di perkotaan dan lebih sering hidup di dalam dan di sekitar rumah (domestik) dan sangat erat hubungannya dengan manusia. Nyamuk *Aedes*

*aegypti* meletakkan telur di dalam rumah (*indoor*) maupun di luar rumah (*outdoor*). Tempat perindukan yang ada di dalam rumah yang paling utama adalah tempat-tempat penampungan air diantaranya bak air mandi, bak air WC, tandon air minum, tempayan, gentong tanah liat, gentong plastik, ember, drum, vas tanaman hias, perangkap semut, dan lain-lain. Sedangkan tempat perindukan yang ada di luar rumah yaitu drum, kaleng bekas, botol bekas, ban bekas, pot bekas, pot tanaman hias yang terisi oleh air hujan, tandon air minum, dan lain-lain (Soegijanto, 2006).

Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk menjaga kebersihan lingkungan. Nabi Muhammad SAW telah memerintahkan supaya umat manusia untuk menjaga kebersihan, sebagaimana sabda Nabi Muhammad SAW dalam hadits sebagai berikut:

الطهور شطر الإيمان (رواه مسلم)

Artinya: “suci itu sebagian dari iman” (HR. Muslim)

Dalam hadits tersebut dijelaskan bahwa kebersihan dan kesucian merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari keimanan, oleh sebab itu orang yang tidak menjaga kebersihan dan kesucian sama halnya telah mengabaikan sebagian dari nilai-nilai keimanannya, sehingga dia belum termasuk orang yang betul-betul beriman. Islam selain menganjurkan untuk menjaga kebersihan diri, juga sangat menganjurkan untuk menjaga kebersihan lingkungan.

Islam menganjurkan manusia untuk memperhatikan kebersihan lingkungan. Karena kebersihan lingkungan akan sangat berpengaruh terhadap keselamatan manusia yang ada di sekitarnya, oleh sebab itu menjaga kebersihan

lingkungan sama pentingnya dengan menjaga kebersihan diri. Perintah Nabi Muhammad SAW untuk menjaga kebersihan lingkungan juga disebutkan dalam hadits berikut:

النبي صلى الله عليه وسلم نهى أن يبال في الماء الراكد

Artinya: “Nabi SAW melarang umatnya mengotori sumber air” (HR. Muslim)

Dalam hadits tersebut dijelaskan bahwa sumber air merupakan sumber kehidupan di bumi. Oleh karena itu sebagai khalifah di bumi, kita harus menjaga kebersihan lingkungan sekitar, termasuk menjaga kebersihan sumber air. Tetapi tidak semua orang menyadari betapa pentingnya sumber air bagi kehidupan. Masih sering dijumpai masyarakat yang membuang sampah, kaleng-kaleng bekas, bekas pecahan peralatan dapur dan barang bekas lainnya ke sungai.

Dijelaskan dalam (Soegijanto, 2006) bahwa tempat perindukan *Aedes aegypti* yang ada di luar rumah yaitu drum, kaleng bekas, botol bekas, ban bekas, pot bekas, pot tanaman hias yang terisi oleh air hujan, tendon air minum, dan lain-lain. Tanpa disadari bahwa aktivitas masyarakat membuang barang-barang bekas ke sungai akan menjadi peluang meningkatnya populasi nyamuk *Aedes aegypti* yang merupakan vektor penyebab penyakit demam berdarah.

Selama masa bertelur, seekor nyamuk betina mampu meletakkan 100-400 butir telur. Biasanya, telur-telur tersebut diletakkan di bagian yang berdekatan dengan permukaan air, seperti di bak yang airnya jernih dan tidak berhubungan langsung dengan tanah. Pada air-air yang tergenang dalam wadah-wadah bekas perabot rumah tangga juga menjadi tempat perkembangbiakan bagi nyamuk *Aedes aegypti* (Kardinan, 2003).

Sebuah hadits Qudsi yang diriwayatkan oleh Ahmad menjadi ilham untuk mempelajari nyamuk dalam perspektif Al-Quran dan Sunnah, sebagaimana berikut:

قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ اللَّهُ عَزَّ وَجَلَّ وَمَنْ أَظْلَمُ مِمَّنْ يَخْلُقُ كَخَلْقِي فَلْيَخْلُقُوا بَعُوضَةً أَوْ لِيَخْلُقُوا ذَرَّةً

Artinya: Rasulullah SAW bersabda: “Allah SWT berfirman: Siapa yang lebih dzalim dari seorang yang mencipta seperti ciptaan-Ku, hendaklah mereka mencipta seekor nyamuk atau hendaklah mereka menciptakan sebiji dzarrah”(HR. Ahmad 7209).

Hadits Qudsi tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan seekor nyamuk atau semisal biji *dzarrah* mempunyai tujuan masing-masing, salah satunya sebagai pelajaran bagi umat semesta alam. Misalkan nyamuk *Aedes aegypti* yang diciptakan Allah SWT di dunia ini, yang terbukti sebagai vektor penyebab penyakit demam berdarah. Semakin tinggi perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti* maka semakin besar resiko penyebaran penyakit demam berdarah. Oleh karena itu sebagai insan *Ulul Albab*, jangan meremehkan hal kecil. Dalam hal ini kita tidak boleh meremehkan nyamuk *Aedes aegypti*. Berusaha untuk menemukan cara efektif pengendalian nyamuk *Aedes aegypti*.

Dapat disimpulkan bahwa seekor nyamuk yang berukuran beberapa milimeter panjangnya, tanpa akal ataupun kecerdasan memiliki banyak keistimewaan dan peranan yang luar biasa di lingkungan. Demikian menjadi bukti kekuasaan Allah SWT.

### 4.3 Nyamuk Dalam Perspektif Al-Quran dan Sunnah

Dalam Al-Quran banyak ayat yang menyebutkan Allah memerintahkan manusia untuk memperhatikan alam dan melihat “tanda-tanda” di dalamnya. Semua makhluk hidup dan tidak hidup di alam semesta merupakan tanda-tanda yang menunjukkan bahwa mereka semua diciptakan oleh Allah SWT yang maha kuasa. Manusia bertanggung jawab untuk mengenali tanda-tanda ini dengan menggunakan akal budinya, untuk memuliakan Allah SWT. Meskipun semua makhluk hidup memiliki tanda-tanda ini, beberapa tanda dirujuk oleh Allah SWT secara khusus dalam Al-Quran. Diantaranya nyamuk yang diterangkan dalam surat Al-Baqarah ayat 26 di bawah ini:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي ۚ أَن يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ  
الْحَقُّ مِن رَّبِّهِمْ ۗ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۚ يُضِلُّ بِهِ ۚ كَثِيرًا  
وَيَهْدِي بِهِ ۚ كَثِيرًا ۗ وَمَا يُضِلُّ بِهِ ۚ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴿٢٦﴾

Artinya: "Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Rabb mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?" Dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik." (QS. Al-Baqarah/ 2: 26).

Nyamuk sering dianggap sebagai serangga biasa dan tidak penting. Tetapi pernyataan: “Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu” semestinya mendorong kita untuk

memikirkan keistimewaan binatang ini. Nyamuk sangat penting untuk diteliti dan dipikirkan, karena di dalamnya terdapat tanda-tanda kebesaran Allah SWT.

Lafad “ما” pada ayat tersebut adalah *Maa Mausulah* yang mengindikasikan segala hal yang harus diperhatikan dari seekor nyamuk, bukan hanya keberadaannya secara utuh, melainkan apa saja yang ada pada seekor nyamuk. Misalnya siklus hidup, tempat perkembangbiakan dan beberapa penyakit yang disebabkan oleh nyamuk.

Seekor nyamuk jantan dewasa yang siap kawin akan menggunakan antenanya menemukan nyamuk betina. Fungsi antena nyamuk jantan berbeda dengan antena nyamuk betina. Bulu tipis di ujung antenanya sangat peka terhadap suara yang dipancarkan nyamuk betina. Tepat di sebelah organ seksual nyamuk jantan, terdapat anggota tubuh yang membantunya mencengkeram nyamuk betina ketika mereka melakukan perkawinan di udara. Nyamuk jantan terbang berkelompok, sehingga terlihat seperti awan. Ketika seekor betina memasuki kelompok tersebut, nyamuk jantan yang berhasil mencengkeram nyamuk betina akan melakukan perkawinan selama penerbangan. Perkawinan tidak berlangsung lama dan nyamuk jantan akan kembali ke kelompoknya setelah perkawinan. Sejak saat itu, nyamuk betina memerlukan darah untuk perkembangan telurnya.

Pada umumnya, nyamuk dikenal sebagai pengisap darah. Hal ini tidak terlalu tepat, karena yang mengisap darah hanya nyamuk betina. Nyamuk betina mengisap darah untuk perkembangan telurnya sehingga kelangsungan hidup spesiesnya tetap terpelihara. Sedangkan nyamuk jantan memakan nektar tumbuhan.

Proses perkembangan nyamuk merupakan salah satu aspek yang paling mengesankan dan mengagumkan. Berikut ini adalah kisah singkat tentang metamorfosis nyamuk dari seekor larva melalui beberapa tahap menjadi seekor nyamuk. Ketika nyamuk betina menemukan tempat yang cocok untuk bertelur, maka nyamuk betina itupun meletakkan telurnya. Telur-telur tersebut panjangnya kurang dari satu milimeter, tersusun dalam satu baris, secara berkelompok atau satu-satu. Beberapa spesies bertelur dalam bentuk tertentu, saling menempel. Sebagian kelompok telur ini bisa terdiri atas 300 telur. Telur-telur berwarna putih yang disusun rapi ini segera menjadi gelap warnanya, lalu menghitam dalam beberapa jam. Warna hitam ini memberikan perlindungan bagi telur, agar tidak terlihat oleh burung atau serangga lain. Selain telur, warna kulit sebagian larva juga berubah sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan. Larva berubah warna dengan memanfaatkan faktor-faktor tertentu melalui berbagai proses kimia yang rumit. Baik telur, larva ataupun nyamuk tersebut tidak mengetahui proses-proses di balik perubahan warna dalam tahap metamorfosis. Tidak mungkin nyamuk bisa melakukannya sendiri. Tidak mungkin pula perubahan warna dalam tahapan metamorfosis ini terjadi secara kebetulan. Tetapi Allah SWT lah yang menciptakan nyamuk dengan tahapan metamorfosis yang nyamuk telah diciptakan oleh Allah SWT dengan perjalanan metamorfosis yang luar biasa.

Pernyataan yang disebutkan di atas sesuai dengan literatur yang menjelaskan bahwa, telur *Aedes aegypti* yang diletakkan di dalam air akan menetas selama 1-3 hari pada suhu 30°C, tetapi jika diletakkan pada suhu 16°C membutuhkan waktu 7 hari. Larva mengalami 4 kali pergantian kulit (instar) dan

segera berubah menjadi pupa. Bentuk pupa merupakan fase tanpa makan, sangat sensitif terhadap pergerakan air, serta sangat aktif jungkir balik di air. Pupa menjadi dewasa di atas permukaan air yang tenang. Stadium ini hanya berlangsung dalam waktu 2-3 hari, tetapi dapat diperpanjang sampai 10 hari pada suhu rendah, pada suhu di bawah 10°C pupa tidak akan berkembang. Siklus hidup nyamuk dipengaruhi suhu, makanan, spesies, dan faktor lain. Pada saat menetas (ekslosi), kulit pupa tersobek oleh adanya gelembung udara dan oleh kegiatan nyamuk dewasa yang melepaskan diri. Nyamuk jantan dewasa umumnya hanya mampu bertahan hidup 6 sampai 7 hari dan makanannya adalah cairan tumbuhan atau nektar, sedangkan yang betina dapat mencapai 2 minggu lebih di alam dan bisa mengisap darah berbagai jenis hewan dan manusia. Nyamuk betina memerlukan (mengisap) darah untuk produksi telur-telurnya. Nyamuk-nyamuk di laboratorium yang dipelihara dengan cukup karbohidrat dalam kelembapan yang tinggi, dapat mencapai usia beberapa bulan (Sigit *et al.*, 2006).

Berikutnya hal yang bisa dijelaskan dari “ما” *Maa Mausulah* adalah nyamuk sebagai vektor atau penular utama dari penyakit-penyakit arbovirus (demam berdarah, chikungunya, demam kuning, encephalitis, dan lain-lain), serta penyakit-penyakit nematoda (filariasis), riketsia, dan protozoa (malaria). Di seluruh dunia terdapat lebih dari 2500 spesies nyamuk meskipun sebagian besar dari spesies-spesies nyamuk ini tidak berasosiasi dengan penyakit. Jenis-jenis nyamuk yang menjadi vektor utama, biasanya adalah *Aedes* spp., *Culex* spp., *Anopheles* spp., dan *Mansonia* spp (Sembel, 2009).

Penyakit demam berdarah dengue ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Nyamuk ini terinfeksi virus *Dengue* sewaktu mengisap darah orang yang sakit demam berdarah dengue atau tidak sakit tetapi didalam darahnya terdapat virus dengue. Seseorang yang didalam darahnya mengandung virus dengue merupakan sumber penularan penyakit demam berdarah. Virus dengue berada dalam darah selama 4-7 hari mulai 1-2 hari sebelum demam (Lestari, 2007).

Ketika nyamuk *Aedes aegypti* mengisap darah penderita DBD, maka virus dalam darah akan ikut terisap masuk ke dalam lambung nyamuk, selanjutnya virus akan memperbanyak diri dan tersebar di berbagai jaringan tubuh nyamuk termasuk dalam kelenjar air liurnya. Kira-kira 1 minggu setelah mengisap darah penderita, nyamuk tersebut siap menularkan kepada orang lain (masa inkubasi ekstrinsik). Oleh karena itu nyamuk *Aedes aegypti* yang telah terinfeksi virus dengue menjadi penular (*infektif*) sepanjang hidupnya. Penularan ini terjadi karena setiap kali nyamuk mengisap darah, nyamuk mengeluarkan air liur melalui saluran alat tusuknya agar darah yang diisap tidak membeku. Bersama air liur inilah virus dengue dipindahkan dari nyamuk ke manusia (Depkes, 2005).

Sebagai upaya pengendalian vektor demam berdarah, diperlukan pengetahuan tentang sifat hidup nyamuk *Aedes aegypti*. Nyamuk *Aedes aegypti* bersifat urban, hidup di perkotaan dan lebih sering hidup di dalam dan di sekitar rumah (domestik) dan sangat erat hubungannya dengan manusia. Nyamuk *Aedes aegypti* meletakkan telur di dalam rumah (*indoor*) maupun di luar rumah (*outdoor*). Tempat perindukan yang ada di dalam rumah yang paling utama adalah tempat-tempat penampungan air diantaranya bak air mandi, bak air WC, tandon

air minum, tempayan, gentong tanah liat, gentong plastik, ember, drum, vas tanaman hias, perangkap semut, dan lain-lain. Sedangkan tempat perindukan yang ada di luar rumah yaitu drum, kaleng bekas, botol bekas, ban bekas, pot bekas, pot tanaman hias yang terisi oleh air hujan, tendon air minum, dan lain-lain (Soegijanto, 2006).

Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk menjaga kebersihan lingkungan. Nabi Muhammad SAW telah memerintahkan supaya umat manusia untuk menjaga kebersihan, sebagaimana sabda Nabi Muhammad SAW dalam hadits sebagai berikut:

الطهور شطر الإيمان (رواه مسلم)

Artinya: “suci itu sebagian dari iman” (HR. Muslim)

Dalam hadits tersebut dijelaskan bahwa kebersihan dan kesucian merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari keimanan, oleh sebab itu orang yang tidak menjaga kebersihan dan kesucian sama halnya telah mengabaikan sebagian dari nilai-nilai keimanannya, sehingga dia belum termasuk orang yang betul-betul beriman. Islam selain menganjurkan untuk menjaga kebersihan diri, juga sangat menganjurkan untuk menjaga kebersihan lingkungan.

Islam menganjurkan manusia untuk memperhatikan kebersihan lingkungan. Karena kebersihan lingkungan akan sangat berpengaruh terhadap keselamatan manusia yang ada di sekitarnya, oleh sebab itu menjaga kebersihan lingkungan sama pentingnya dengan menjaga kebersihan diri. Perintah Nabi Muhammad SAW untuk menjaga kebersihan lingkungan juga disebutkan dalam hadits berikut:

النبي صلى الله عليه وسلم نهى أن يبال في الماء الراكد

Artinya: “Nabi SAW melarang umatnya mengotori sumber air” (HR. Muslim)

Dalam hadits tersebut dijelaskan bahwa sumber air merupakan sumber kehidupan di bumi. Oleh karena itu sebagai khalifah di bumi, kita harus menjaga kebersihan lingkungan sekitar, termasuk menjaga kebersihan sumber air. Tetapi tidak semua orang menyadari betapa pentingnya sumber air bagi kehidupan. Masih sering dijumpai masyarakat yang membuang sampah, kaleng-kaleng bekas, bekas pecahan peralatan dapur dan barang bekas lainnya ke sungai.

Dijelaskan dalam (Soegijanto, 2006) bahwa tempat perindukan *Aedes aegypti* yang ada di luar rumah yaitu drum, kaleng bekas, botol bekas, ban bekas, pot bekas, pot tanaman hias yang terisi oleh air hujan, tendon air minum, dan lain-lain. Tanpa disadari bahwa aktivitas masyarakat membuang barang-barang bekas ke sungai akan menjadi peluang meningkatnya populasi nyamuk *Aedes aegypti* yang merupakan vektor penyebab penyakit demam berdarah.

Selama masa bertelur, seekor nyamuk betina mampu meletakkan 100-400 butir telur. Biasanya, telur-telur tersebut diletakkan di bagian yang berdekatan dengan permukaan air, seperti di bak yang airnya jernih dan tidak berhubungan langsung dengan tanah. Pada air-air yang tergenang dalam wadah-wadah bekas perabot rumah tangga juga menjadi tempat perkembangbiakan bagi nyamuk *Aedes aegypti* (Kardinan, 2003).

Sebuah hadits Qudsi yang diriwayatkan oleh Ahmad menjadi ilham untuk mempelajari nyamuk dalam perspektif Al-Quran dan Sunnah, sebagaimana berikut:

قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ اللَّهُ عَزَّ وَجَلَّ وَمَنْ أَظْلَمُ مِمَّنْ يَخْلُقُ كَخَلْقِي فَلْيَخْلُقُوا بَعُوضَةً أَوْ لِيَخْلُقُوا  
ذَرَّةً

Artinya: Rasulullah SAW bersabda: “Allah SWT berfirman: Siapa yang lebih dzalim dari seorang yang mencipta seperti ciptaan-Ku, hendaklah mereka mencipta seekor nyamuk atau hendaklah mereka menciptakan sebiji dzarrah”(HR. Ahmad 7209).

Hadits Qudsi tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan seekor nyamuk atau semisal biji *dzarrah* mempunyai tujuan masing-masing, salah satunya sebagai pelajaran bagi umat semesta alam. Misalkan nyamuk *Aedes aegypti* yang diciptakan Allah SWT di dunia ini, yang terbukti sebagai vektor penyebab penyakit demam berdarah. Semakin tinggi perkembangbiakan nyamuk *Aedes aegypti* maka semakin besar resiko penyebaran penyakit demam berdarah. Oleh karena itu sebagai insan *Ulul Albab*, jangan meremehkan hal kecil. Dalam hal ini kita tidak boleh meremehkan nyamuk *Aedes aegypti*. Berusaha untuk menemukan cara efektif pengendalian nyamuk *Aedes aegypti*.

Dapat disimpulkan bahwa seekor nyamuk yang berukuran beberapa milimeter panjangnya, tanpa akal ataupun kecerdasan memiliki banyak keistimewaan dan peranan yang luar biasa di lingkungan. Demikian menjadi bukti kekuasaan Allah SWT.