

## RESISTENSI SERANGGA TERHADAP DDT

Kartika Ishartadiati

Dosen Fakultas Kedokteran Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

### ABSTRAK

*Dichloro Diphenyl Trichloroethane* (DDT) adalah insektisida organik sintetik yang termasuk golongan organoklorin (*chlorinated hydrocarbon*). DDT disintesis oleh Othmar Zeidler pada tahun 1873, namun efek insektisidanya baru ditemukan oleh Paul Muller pada tahun 1939. Oleh karena efikasinya yang sangat baik, DDT menjadi sangat terkenal di bidang pertanian dan bidang kesehatan masyarakat, dan digunakan secara luas sejak tahun 1945. Namun pada tahun 1948 sudah mulai dilaporkan terjadinya resistensi DDT pada nyamuk dan lalat.

**Kata kunci:** resistensi, serangga, DDT (*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*)

## INSECT RESISTANCE TO DDT

Kartika Ishartadiati

Lecturer Faculty of Medicine University of Wijaya Kusuma Surabaya

### ABSTRACT

*Dichloro Diphenyl Trichloroethane* (DDT) is a synthetic organic insecticide which belongs to organochlorine (*chlorinated hydrocarbon*). DDT was synthesized by Othmar Zeidler in 1873, but the insecticide effect discovered by Paul Muller in 1939. Because of its strong efficacy, DDT became very popular in the field of agriculture and public health fields, and has been widely used since 1945. But the occurrence of DDT's resistance in mosquitoes and flies has been already reported in 1948.

**Keywords:** resistance, insect, DDT (*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*)

## PENDAHULUAN

Berkembangnya resistensi berbagai jenis serangga terhadap insektisida pada 50 tahun terakhir, merupakan masalah paling serius yang kita hadapi sejak digunakannya secara luas insektisida organik sintetik di seluruh dunia pada akhir Perang Dunia II. Meskipun resistensi serangga terhadap insektisida anorganik telah diketahui sejak tahun 1910-an, namun kasus ini meningkat nyata sejak ditemukannya insektisida organik sintetik. Resistensi serangga terhadap insektisida merupakan fenomena global yang dirasakan baik di negara-negara maju maupun negara-negara berkembang, seperti Indonesia.

DDT (*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*) adalah insektisida organik sintetik yang pertama kali ditemukan, dan digunakan secara luas sejak tahun 1945.

DDT pernah disanjung “setinggi langit” karena jasa-jasanya dalam penanggulangan berbagai penyakit yang ditularkan vektor serangga (Untung, 2004). Di India, pada tahun 1960 kematian oleh malaria mencapai 500.000 orang turun menjadi 1000 orang pada tahun 1970. *World Health Organization* memperkirakan bahwa DDT selama Perang Dunia II telah menyelamatkan sekitar 25 juta jiwa terutama dari ancaman malaria dan tifus (Tarumingkeng, 2007). Namun pada tahun 1948 sudah mulai dilaporkan terjadinya resistensi DDT pada nyamuk dan lalat (Untung, 2004).

Pada tahun 1954 *Anopheles sudaicus* dinyatakan resisten terhadap DDT (Hoedojo & Zulhasril, 2000). Uji kerentanan *Anopheles aconitus* yang dilakukan secara intensif di Jawa Tengah dan Jawa Timur, hasil yang didapat menerangkan bahwa daerah *An. Aconitus*

resisten DDT dari tahun ke tahun makin meluas, sehingga pada tahun 1985 semua daerah yang diuji kerentanan menunjukkan bahwa *An. Aconitus* telah resisten terhadap DDT, meskipun derajat resistensinya berbeda-beda (Kirnowardoyo, 1989).

Sebagian besar peningkatan resistensi insektisida disebabkan oleh tindakan manusia dalam mengaplikasikan insektisida tanpa dilandasi oleh pengetahuan yang menyeluruh tentang sifat-sifat dasar insektisida kimia termasuk pengembangan populasi resisten (Untung, 2004).

### **SEJARAH DICHLORO DIPHENYL TRICHLOROETHANE**

Pencarian senyawa-senyawa sintetik secara sistematis baru dimulai sejak ditemukannya efek insektisida dari DDT (singkatan dari nama trivialnya; 4,4-*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*). Penemuan DDT juga merupakan awal dari pengembangan senyawa kimia dari kelompok atau kelas hidrokarbon berklor (*chlorinated hydrocarbon*) (Djojsumarto, 2006). *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* disintesis oleh Othmar Zeidler pada tahun 1873. Namun, efek insektisidanya baru ditemukan oleh Paul Muller pada tahun 1939 di Swiss (Djojsumarto, 2006; Tarumingkeng, 2007). Pada tahun 1946, untuk pertama kalinya resistensi DDT pada lalat rumah diteliti di Swedia.

Sebelum diuji secara resmi di Research Station for Fruit Growing, Viticulture, and Horticulture di Wadenswil (Jerman), uji efikasi DDT telah dilakukan oleh Paul Muller terhadap *Calliphora vomitoria* dan beberapa spesies serangga lainnya. Selanjutnya, DDT dikembangkan oleh R. Weismann dari perusahaan J.R. Geigy.

Oleh karena efikasinya yang sangat baik, DDT menjadi sangat terkenal di bidang pertanian dan bidang kesehatan masyarakat. *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* sempat dijuluki *the wonder chemical*, bahan kimia ajaib yang menyelamatkan ribuan hektar tanaman dari serangan hama serangga (Djojsumarto, 2006).

*Dichloro Diphenyl Trichloroethane* adalah insektisida paling ampuh yang pernah ditemukan dan digunakan manusia dalam membunuh serangga, tetapi juga paling berbahaya bagi umat manusia, sehingga dijuluki "*The Most Famous and Infamous Insecticide*".

Pada tahun 1962, Rachel Carson dalam bukunya yang terkenal, *Silent Spring* menjuluki DDT sebagai obat yang membawa kematian bagi kehidupan di bumi. Demikian berbahayanya DDT bagi kehidupan di bumi, sehingga atas rekomendasi EPA (*Environmental Protection Agency*) Amerika Serikat pada tahun 1972, DDT dilarang digunakan terhitung 1 Januari 1973. Pengaruh buruk DDT terhadap lingkungan sudah mulai tampak sejak awal penggunaannya pada tahun 1940-an, dengan menurunnya populasi burung elang sampai hampir punah di Amerika Serikat. Dari pengamatan ternyata elang terkontaminasi DDT dari makanannya (terutama ikan sebagai mangsanya) yang tercemar DDT. *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* menyebabkan cangkang telur elang menjadi sangat rapuh sehingga rusak jika dierami. Dari segi bahayanya, oleh EPA DDT digolongkan dalam bahan racun PBT (*persistent, bioaccumulative, and toxic*) material.

Walaupun di negara-negara maju (khususnya di Amerika Utara dan Eropa Barat) penggunaan DDT telah dilarang, di negara-negara berkembang terutama India,

RRC, dan negara-negara Afrika dan Amerika Selatan, DDT masih digunakan. Banyak negara telah melarang penggunaan DDT kecuali dalam keadaan darurat terutama jika muncul wabah penyakit seperti malaria, demam berdarah, dsb. (Tarumingkeng, 2007). Ijin untuk menggunakan DDT dalam keadaan darurat oleh karena insektisida alternatif lebih mahal, lebih toksik, dan tidak seefektif DDT (Sadasivaiah *et al.*, 2007). Departemen Pertanian RI telah melarang penggunaan DDT di bidang pertanian, sedangkan larangan penggunaan DDT di bidang kesehatan dilakukan pada tahun 1995. Komisi Pestisida RI juga sudah tidak memberi perijinan bagi penggunaan pestisida golongan hidrokarbon berklor (*chlorinated hydrocarbon*) atau organoklorin (golongan insektisida di mana DDT termasuk) (Tarumingkeng, 2007).

#### PENGGOLONGAN INSEKTISIDA

Insektisida adalah bahan yang mengandung persenyawaan kimia yang digunakan untuk membunuh serangga. Menurut Hoedojo (2000) dan Tarumingkeng (2001), insektisida berdasarkan macam bahan kimianya dibagi dalam:

1. Insektisida sintetik
  - 1) Anorganik: garam-garam beracun seperti arsenat, flourida, tembaga sulfat, dan garam merkuri.
  - 2) Organik:
    - a. Organoklorin:
      - a) Seri DDT: DDT, DDD, metoksiklor.
      - b) Seri klorden : klorden, dieldrin, aldrin, endrin, heptaklor, toksafen.
      - c) Seri BHC: BHC, linden.
    - b. Heterosiklik: kepone, mirex, dll.

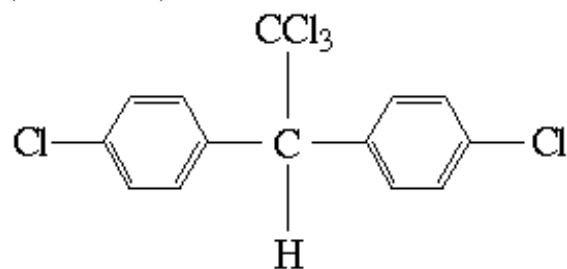
- c. Organofosfat: malathion, biothion, diazinon, dll.
- d. Karbamat: furadan, sevin, dll.
- e. Dinitrofenol: dinex, dll.
- f. Thiosianat: lethane, dll.
- g. Sulfonat, sulfida, sulfon.
- h. Lain-lain: methylbromide, dll.

2. Hasil alam: nikotinoida, piretroida, rotenoida, dll.

Sumber: Hoedojo & Zulhasril (2000); Tarumingkeng (2001).

#### SIFAT KIMIWI DAN FISIK DDT

Senyawa yang terdiri atas bentuk-bentuk isomer dari *1,1,1-trichloro-2,2-bis-(p-chlorophenyl) ethane* yang secara awam disebut juga *Dichloro Diphenyl Trichloroethane (DDT)* diproduksi dengan menyampurakan *chloralhydrate* ( $\text{CCl}_3\text{CHO}$ ) dengan *chlorobenzene* ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ ), yang dikatalisasi oleh asam belerang (WHO, 1979; Tarumingkeng, 2007). Nama dagang DDT yang pernah ada di pasaran antara lain Anofex, Cezarex, Chlorophenothane, Clofenotane, Dicophane, Dinocide, Gesarol, Guesapon, Guesarol, Gyron, Ixodex, Neocid, Neocidol, dan Zerdane (WHO, 1979).



Struktur kimia DDT.

*Dichloro Diphenyl Trichloroethane* terdiri atas campuran tiga bentuk isomer DDT (65-80% p,p'-DDT, 15-21% o,p'-DDT, dan 0-4% o,o'-DDT), dan dalam jumlah yang kecil sebagai kontaminan juga terkandung DDE [*1,1-dichloro-2,2-bis-(p-chlorophenyl) ethylene*] dan DDD [*1,1-dichloro-2,2-bis-(p-chlorophenyl) ethane*]. *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* ini berupa tepung kristal putih, tak berasa dan

tak berbau. Daya larutnya sangat tinggi dalam lemak dan sebagian besar pelarut organik, tak larut dalam air, tahan terhadap asam keras dan tahan oksidasi terhadap asam permanganat.

Menurut Tarumingkeng (2007), dua sifat buruk yang menyebabkan DDT sangat berbahaya terhadap lingkungan hidup adalah:

1. Sifat apolar DDT: ia tak larut dalam air, tetapi sangat larut dalam lemak. Makin larut suatu insektisida dalam lemak (semakin lipofilik) semakin tinggi sifat apolarnya. Hal ini merupakan salah satu faktor penyebab DDT sangat mudah menembus kulit.
2. Sifat DDT yang sangat stabil dan persisten. Ia sukar terurai sehingga cenderung bertahan dalam lingkungan hidup, masuk rantai makanan (*foodchain*) melalui bahan lemak jaringan mahluk hidup. Itu sebabnya DDT bersifat bioakumulatif dan biomagnifikatif.

Karena sifatnya yang stabil dan persisten, DDT bertahan sangat lama di dalam tanah, bahkan DDT dapat terikat dengan bahan organik dalam partikel tanah.

### **CARA KERJA DDT**

Toksisitas DDT adalah sedang, dengan LD<sub>50</sub> oral (tikus) 113 mg/kg (WHO, 2005). Insektisida ini bekerja melalui kontak kulit terhadap berbagai jenis serangga (Soedarto, 2008). *Dichloro Diphenyl Trichloroethane* mempengaruhi keseimbangan ion-ion K dan Na dalam neuron (sel saraf) dan merusak selubung saraf sehingga fungsi saraf terganggu (Tarumingkeng, 2001). Serangga dengan mutasi tertentu pada gen kanal sodiumnya resisten terhadap DDT dan insektisida sejenis lainnya (Denholm *et al.*, 2002).

### **PROSES TERJADINYA RESISTENSI DAN MEKANISME RESISTENSI**

Serangga dikatakan telah resisten terhadap suatu insektisida jika dengan dosis yang biasa digunakan, serangga tersebut tidak dapat dibunuh (Soedarto, 2008). Resistensi yang kadangkala diindikasikan oleh menurunnya efektivitas suatu teknologi pengendalian tidak terjadi dalam waktu singkat (Untung, 2004). Lamanya proses resistensi pada serangga terhadap insektisida sangat bervariasi, dari hanya satu sampai dua tahun, hingga puluhan tahun. Sebagai contoh, senyawa arsenik yang digunakan untuk mengendalikan kumbang kolorado pada kentang di Long Island (Amerika Serikat) sejak tahun 1880, baru menampakkan gejala resistensi pada tahun 1940-an, tetapi fenvalerat telah menyebabkan resistensi hanya dalam waktu tiga tahun, bahkan karbofuran tidak lagi efektif setelah dua tahun digunakan (Djojosemarto, 2006). Resistensi insektisida berkembang setelah adanya proses seleksi yang berlangsung selama banyak generasi. Resistensi merupakan suatu fenomena evolusi yang diakibatkan oleh seleksi pada serangga yang diberi perlakuan insektisida secara terus menerus.

Di alam frekuensi alel individu rentan lebih besar dibandingkan frekuensi alel individu resisten, dan frekuensi alel homositot resisten (RR) berkisar antara  $10^{-2}$  sampai  $10^{-13}$ . Karena adanya seleksi yang terus menerus jumlah individu yang peka dalam suatu populasi semakin sedikit. Individu resisten kawin satu dengan lainnya, sehingga menghasilkan keturunan yang resisten pula. Populasi yang tetap hidup pada aplikasi insektisida permulaan akan menambah proporsi individu yang tahan terhadap senyawa dan meneruskan sifat ini pada keturunan mereka (Untung, 2004).

Beberapa serangga telah resisten terhadap DDT. Setelah DDT ditemukan,

serangga yang tidak memiliki resistensi bawaan dan terkena zat kimia ini akan punah dari populasinya. Sejalan dengan waktu, serangga resisten yang sebelumnya sedikit menjadi bertambah banyak. Akhirnya, seluruh spesies tersebut menjadi populasi dengan anggota-anggota yang resisten terhadap DDT. Ketika ini terjadi DDT menjadi tidak efektif lagi terhadap spesies serangga tersebut (Yahya, 2004).

Pengguna insektisida sering menganggap bahwa serangga yang tetap hidup belum menerima dosis letal, sehingga mereka meningkatkan dosis dan frekuensi aplikasi. Tindakan ini yang mengakibatkan semakin menghilangnya proporsi serangga yang peka dan meningkatkan proporsi serangga yang tahan dan tetap hidup. Dari generasi ke generasi proporsi individu resisten dalam suatu populasi akan semakin meningkat dan akhirnya populasi tersebut akan didominasi oleh individu yang resisten. Resistensi tidak akan menjadi masalah sampai suatu populasi didominasi oleh individu-individu yang resisten, sehingga pengendalian serangga menjadi tidak efektif lagi.

Salah satu faktor yang mempengaruhi laju perkembangan resistensi adalah tingkat tekanan seleksi yang diterima oleh suatu populasi serangga. Pada kondisi yang sama, suatu populasi yang menerima tekanan yang lebih keras akan berkembang menjadi populasi yang resisten dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan populasi yang menerima tekanan seleksi yang lemah.

Menurut Untung (2004), mekanisme resistensi suatu serangga terhadap insektisida dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Peningkatan detoksifikasi insektisida oleh karena bekerjanya enzim-enzim tertentu.  
*Dichloro Diphenyl Trichloroethane* didetoksifikasi menjadi DDE, DDA, atau kelthane oleh karena bekerjanya enzim dehidroklorinase (Beament & Treherne, 2003).
2. Penurunan kepekaan tempat sasaran insektisida pada tubuh serangga. Diperkirakan bahwa kepekaan terhadap DDT di tempat sasaran dapat berubah oleh karena perubahan suhu. Pada penelitian menggunakan neuron sensori pada kaki lipas menunjukkan bahwa DDT lebih efektif merangsang sel sensori pada suhu rendah (16<sup>0</sup>C) dari pada suhu tinggi (30<sup>0</sup>C) (Beament & Treherne, 2003).
3. Penurunan laju penetrasi insektisida melalui kulit atau integumen. Dalam bentuk suspensi, DDT bekerja lebih kuat terhadap larva nyamuk pada suhu rendah dari pada suhu tinggi. Namun, jika diinjeksikan pada larva, DDT bekerja lebih kuat pada suhu tinggi dari pada suhu rendah. Berdasarkan pengamatan tersebut, disimpulkan bahwa DDT diabsorpsi lebih banyak pada suhu rendah dari pada suhu tinggi (Beament & Treherne, 2003).

Selain faktor-faktor tersebut di atas, faktor lain yang dapat mempengaruhi terjadinya resistensi serangga terhadap insektisida adalah stadium serangga, *generation time* serangga dan kompleks genetik (*genetic complex*) serangga. Insektisida yang bekerja terhadap semua stadium serangga, artinya dapat membunuh stadium telur, larva, pupa, maupun dewasa, akan lebih cepat terjadi resistensi terhadapnya dibandingkan dengan insektisida yang hanya bekerja terhadap satu stadium dari serangga. Serangga-

serangga yang mempunyai siklus hidup pendek sehingga dalam setahun terdapat banyak generasi, akan lebih cepat menjadi resisten terhadap insektisida dibandingkan dengan serangga-serangga yang hanya mempunyai satu generasi dalam setahun (siklus hidupnya panjang). Dalam hal kompleksitas dari gen, semakin banyak gen yang mengatur kemampuan resistensi serangga terhadap insektisida, semakin lambat terjadi resistensi. Jika jumlah gen pengatur resistensi sedikit, serangga cepat resisten terhadap insektisida (Soedarto, 2008).

## PEMBAGIAN RESISTENSI

Menurut Soedarto (2008), resistensi dibagi menjadi resistensi bawaan (*natural resistancy*) dan resistensi yang didapat (*acquired resistancy*).

### 1. Resistensi bawaan

Serangga yang secara alami sensitif terhadap suatu insektisida akan menghasilkan secara alami keturunan yang juga sensitif terhadap insektisida tersebut. Sedangkan serangga yang secara alami sudah resisten terhadap suatu insektisida, keturunannya juga akan resisten terhadap insektisida bersangkutan. Selain itu, serangga yang sensitif terhadap suatu insektisida jika mengalami mutasi (yang terjadi satu kali setiap beberapa ratus atau ribu tahun) dapat berkembang menjadi serangga yang resisten terhadap insektisida tersebut.

### 2. Resistensi didapat

Akibat pemberian dosis insektisida yang di bawah dosis lethal dalam waktu yang lama, serangga target yang sebelumnya sensitif dapat menyesuaikan diri berkembang menjadi resisten terhadap insektisida tersebut.

Berdasar atas jenis insektisida yang tidak lagi peka terhadap serangga, resistensi dibedakan menjadi resistensi silang (*cross resistance*) dan resistensi ganda (*double resistance*) (Hoedoyo & Zulhasril, 2000; Soedarto, 2008).

### 3. Cross resistance

Resistensi serangga yang terjadi terhadap dua insektisida yang satu golongan atau satu seri, misalnya resisten terhadap malathion dan diazinon (satu golongan) atau kebal terhadap DDT dan metoksiklor (satu seri).

### 4. Double resistance

Resistensi serangga yang terjadi terhadap dua insektisida yang berbeda golongannya atau serinya, misalnya resisten terhadap malathion dan DDT (beda golongan) atau DDT dan dieldrin (beda seri).

Jika satu jenis serangga telah resisten terhadap suatu insektisida, maka dosis insektisida harus dinaikkan. Jika dosis insektisida terus-menerus dinaikkan, maka pada dosis tertentu akan dapat membahayakan kesehatan manusia dan hewan serta berdampak buruk pada lingkungan hidup. Karena itu, insektisida harus diganti dengan jenis atau golongan lain atau diciptakan insektisida baru untuk memberantas serangga tersebut (Soedarto, 2008). Saat ini laju penemuan insektisida baru sangat lambat, hal ini dapat disebabkan antara lain: 1) peningkatan biaya penelitian untuk menemukan insektisida baru yang memenuhi syarat, 2) peningkatan biaya dan persyaratan registrasi insektisida yang semakin ketat, 3) peningkatan biaya produksi, serta 4) semakin ketatnya kompetisi antar produsen insektisida (Untung, 2004).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Saat ini terjadi resistensi beberapa serangga terhadap DDT yang disebabkan oleh "ulah" pengguna DDT yang tidak mengerti akan mekanisme terbentuknya populasi serangga yang resisten. Penggunaan insektisida untuk pengendalian atau pemberantasan serangga, sebaiknya tidak terus menerus menggunakan satu jenis atau satu golongan insektisida tertentu saja, tetapi diselingi dengan penggunaan insektisida dari jenis atau golongan lainnya, sehingga menghambat atau memperlambat terjadinya resistensi serangga terhadap insektisida tertentu..

## DAFTAR PUSTAKA

- Beament, J.W.L., Treherne, J.E., 2003. *Advances in Insect Physiology*, Volume 8. Academic Press.
- Denholm, I., Devine, G.J., Williamson, M.S., 2002. *Evolutionary genetics. Insecticides resistance on the move*. Science 297 (5590): 2222-3.
- Djojosumarto, P., 2006. *Pestisida & Aplikasinya*. Agromedia, Jakarta.
- Hoedjo, Zulhasril, 2000. *Insektisida dan resistensi*. Dalam: *Parasitologi Kedokteran*, Edisi Ketiga. Balai Penerbit FKUI, Jakarta, hlm. 248-255.
- Kirnowardoyo, S., 1989. *Tinjauan Penyelidikan Entomologi Malaria yang Dilakukan oleh Dit. P2B2, Dit Jen PPM & PLP, Dep. Kes. R.I*. Maj. Cermin Dunia Ked. 54: 16-18.
- Sadasivaiah, S., Tozan, Y., Breman, J.G., 2007. *Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) for Indoor Residual Spraying in Africa: How Can It Be Used for Malaria Control?*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 77 (Suppl 6): 249-263.
- Soedarto, 2008. *Parasitologi Klinik*. Airlangga University Press, Surabaya, hlm. 288-291.
- Tarumingkeng, R.C., 2001. *Pestisida dan Penggunaannya*. <http://tumoutou.net/TOX/PESTISIDA.htm>, diakses pada tanggal 26 Desember 2008.
- Tarumingkeng, R.C., 2007. *DDT dan Permasalahannya di abad 21*. [http://tumoutou.net/dethh/9\\_DDT\\_and\\_its\\_problem.htm](http://tumoutou.net/dethh/9_DDT_and_its_problem.htm), diakses pada tanggal 26 Desember 2008.
- Untung, K., 2004. *Manajemen Resistensi Pestisida Sebagai Penerapan Pengelolaan Hama Terpadu*. <http://kasumbogo.staff.ugm.ac.id/?satoewarna=index&winoto=base&ac...>, diakses pada tanggal 26 Desember 2008.
- WHO, 1979. *Environmental Health Criteria 9: DDT and its derivatives*. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc009.htm>, diakses pada tanggal 26 Desember 2008.
- WHO, 2005. *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard*. [http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides\\_haza](http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_haza), diakses pada tanggal 26 Desember 2008.
- Yahya, H., 2004. *Keruntuhan Teori Evolusi*. <http://www.harunyahya.com>, diakses pada tanggal 26 Desember 2008.

