

**E**

**ELEKTRO**

**JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI**

**EMAS**

**MESIN**

**ARSITEKTUR**

**SIPIL**

---

Analisis dan Perancangan Integrated Circuit (IC) Jenis R-S FLIP-FLOP dengan Teknologi CMOS  
*Agung Darmawansyah*

---

Environmental Implications of Introducing Carbon Tax in Indonesia: An AIM/End-Use Application  
*Charles O. P. Marpaung*

---

Experimental Research of High Speed Machining on Cutting Temperature and Surface Roughness  
*Hadi Sutanto*

---

Analisis Gerakan Robot Humanoid Sistem Elektromekanik dan Balistik Bebas  
*Houtman P. Siregar*

---

Green Economic Principles on Building  
*Sahala Simatupang*

---

Kondisi Komponen Konstruksi Bangunan Tinggi dan Hubungannya dengan Karakteristik Serangan Rayap  
*James Rilatupa*

---

Pengaruh Penggunaan Semen Portland sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar (Subgrade) pada Konstruksi Jl. Yos Sudarsono Sunter  
*Bertinus Simanihuruk*

---

**Penerbit:**  
Fakultas Teknik  
Universitas Kristen Indonesia, Jakarta

**Redaksi Pelaksana:**  
Charles O. P. Marpaung (Ketua)  
Sahala Simatupang (Sekretaris)  
Yusuf Anggono (Anggota)

**Mitra Bestari:**  
K. Tunggul Sirait (UKI)  
Almanobudi Soebagio (UKI)  
Abraham Lomi (ITN Malang)  
B.H.W. Hadikusumo (AIT)  
Wibowo Paryatmo (U. Pancasila)  
Anyantono Martowidjojo (UKI)  
Dedi Priadi (UI)  
Uras Siahaan (UKI)  
Mediana Uguy (UKI)  
Tri Harso Karyono (BPPT)  
Laurie Wesley (Auckland U)  
Yuskar Lase (UKI)  
Risma Simanjuntak (UKI)

**Sekretariat:**  
Flaura Latumeten  
Kemo Suharsoyo

**Alamat Redaksi:**  
Sekretariat Jurnal Sains dan  
Teknologi EMAS,  
Gedung Fakultas Teknik UKI  
J. Mayjen Sutoyo,  
Cawang, Jakarta Timur 13630  
I N D O N E S I A  
Telp. +62-21 8009190/8092425  
Pes. 404  
Faks. +62-21 8094074  
Email: sahala\_ps@yahoo.com  
Homepage: www.uki.ac.id

Nama Rekening:  
Jurnal EMAS FT UKI  
No. Rek: 0783-01-000887-50-7  
a.n. Ir. Sahala Simatupang

## PENGANTAR REDAKSI

### DAFTAR ISI

Pembaca yang budiman,

Jurnal Sains dan teknologi EMAS yang ada di tangan pembaca adalah terbitan keempat atau terbitan terakhir untuk tahun 2006. Seperti biasa jurnal sains dan teknologi ini memuat tulisan-tulisan yang berkaitan dengan bidang ilmu teknik Elektro, teknik Mesin, teknik Arsitektur, dan teknik Sipil.

Dengan berakhirnya masa kerja Tim Redaksi periode 2003-2006, maka telah diangkat Tim Redaksi untuk periode 2006-2009. Tim yang baru memulai pekerjaannya dalam pengurusan terbitnya edisi ini. Di sebelah kiri kolom terlihat nama-nama Tim yang baru, terlihat ada juga anggota Tim yang lama yang ditugaskan kembali di samping nama-nama anggota yang baru. Nama Penyunting Ahli dalam Tim yang lama diganti dengan Mitra Bestari, dimana anggota Mitra Bestari bertugas untuk memeriksa tulisan yang masuk dari segi kelayakan substansi dan kualitas keilmiahannya dari masing-masing bidang ilmu. Diharapkan dengan adanya Mitra Bestari ini kualitas jurnal ini semakin meningkat.

Bersama ini juga tak lupa kami mengucapkan: Selamat Hari Natal 2006 dan Tahun Baru 2007. Semoga berkat dan pemeliharaan Nya senantiasa menyertai kehidupan kita dan pekerjaan keilmiahannya membawa manfaat bagi kemajuan bangsa dan negara kita dan juga dunia.

Selamat membaca.

Salam,  
Redaksi

Vol. 16, No. 4, November 2006, Hal. 1

**Editorial**

1. **Analisis dan Perancangan Integrated Circuit (IC) Jenis R-S FLIP-FLOP dengan Teknologi CMOS**  
*Agung Darmawansyah* ..... 01 - 22
2. **Environmental Implications of Introducing Carbon Tax in Indonesia: An AIM/End-Use Application**  
*Charles O. P. Marpaung* ..... 23 - 38
3. **Experimental Research of High Speed Machining on Cutting Temperature and Surface Roughness**  
*Hadi Sutanto* ..... 39 - 46
4. **Analisis Gerakan Robot Humanoid Sistem Elektromekanik dan Balistik Bebas**  
*Houtman P. Siregar* ..... 47 - 58
5. **Green Economic Principles on Building**  
*Sahala Simatupang* ..... 59 - 70
6. **Kondisi Komponen Konstruksi Bangunan Tinggi dan Hubungannya dengan Karakteristik Serangan Rayap**  
*James Rilatupa* ..... 71 - 86
7. **Pengaruh Penggunaan Semen Portland sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar (Subgrade) pada Konstruksi Jl. Yos Sudarsono Sunter**  
*Bertinus Simanihuruk* ..... 87 - 98

# KONDISI KOMPONEN KONTRUKSI BANGUNAN TINGGI DAN HUBUNGANNYA DENGAN KARAKTERISTIK SERANGAN RAYAP

*James Rilatupa<sup>1</sup>*

## ABSTRACT

*This research aims to know the characterization of the termite's attack in high rise building and its potential to damage the building. Procedure of research used 3 (three) steps: 1) mapping of termites in the location of building (outdoor) and in the building (indoor); 2) to assess the similarity of termite's colony in the building; and 3) examining condition of building construction component. The results shown that there were 2 (two) species of termites (*Macrotermes gilvus* and *Coptotermes curvignathus*) around the building, and *Coptotermes curvignathus* has attack until the top of building. Foraging activities of *Coptotermes curvignathus* in the building was started from water pipes/plumbing, in the meaning any potential; water source is a target because supply of constant supply of moisture is mandatory for their survival.*

*Keywords : termites, Coptotermes curvignathus, foraging activities.*

## ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik serangan rayap pada bangunan berlantai banyak (gedung tinggi) dan potensinya terhadap kerusakan bangunan. Prosedur penelitian terdiri dari 3 (tiga) tahap, yaitu: 1) pemetaan penyebaran rayap di sekitar lokasi bangunan (bagian luar) dan di dalam bangunan; 2) pendugaan kesamaan koloni rayap di dalam bangunan; dan 3) pemeriksaan kondisi komponen konstruksi bangunan. Hasil penelitian menunjukkan pada lokasi sekitar bangunan terdapat 2 (dua) spesies rayap yaitu *Macrotermes gilvus* dan *Coptotermes curvignathus*; sementara itu *Coptotermes curvignathus* telah menyerang hingga lantai teratas bangunan. Aktivitas jelajah *Coptotermes curvignathus* ke dalam bangunan dimulai dari pipa-pipa air/plumbing, dalam hal ini adanya air sangat mendukung faktor kelembaban yang dibutuhkan dalam kehidupan rayap.*

*Kata kunci : rayap, Coptotermes curvignathus, aktivitas jelajah.*

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, Jakarta

## 1. PENDAHULUAN

Sejak pertengahan tahun 1970-an, sektor properti merupakan salah satu sektor pembangunan yang penting dan menghasilkan berbagai sarana perkotaan. Di Jakarta saat ini sudah ada lebih dari 800 bangunan tinggi (lebih dari delapan lantai) yang sebagian besar berfungsi sebagai gedung perkantoran, hotel dan apartemen; misalnya Gedung Wisma BNI, Gedung Menara Niaga, Gedung Artha Graha, Apartemen Taman Anggrek, Hotel Hilton Jakarta, dan lain-lain. Sejak awal tahun 2005 ini, pembangunan hunian berlantai banyak (jangkung) yang akrab disebut apartemen tetap menjadi primadona bisnis properti di Jakarta yang memiliki luas 66.000 hektar.

Pembangunan gedung-gedung tinggi di kota besar menimbulkan dampak buruk yaitu dengan semakin sempitnya lahan yang berakibat juga terhadap kehidupan habitat rayap (Nandika *et al*, 2003). Dampak lahan yang makin sempit ini menimbulkan perencanaan penyusupan kantong-kantong hijau (lansekap) berpindah ke atap (taman atap) pada komponen struktur gedung-gedung tinggi, sehingga merupakan area pijakan penghijauan di udara serta beresiko timbulnya habitat rayap. Keberadaan kondisi taman atap di gedung tinggi mendukung peluang hadirnya (perpindahan) habitat rayap dari bawah permukaan tanah asli ke lingkungan baru di gedung tinggi (Surjokusumo, 2005).

Permasalahan ini menjadi semakin penting seiring dengan keluarnya Undang-Undang Republik Indonesia No. 28/2002

tentang Bangunan Gedung (UUBG) [10], tertulis perlunya pengendalian serangan rayap pada bangunan, khususnya pada Pasal 37 ayat (3) beserta penjelasannya dan Pasal 37 ayat (5) beserta Rancangan Peraturan Pemerintah. Dalam kenyataannya pemeliharaan dan perawatan bangunan gedung merupakan suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga agar suatu barang atau memperbaikinya sampai pada suatu kondisi yang memungkinkan barang tersebut berfungsi dan selalu dalam keadaan siap pakai

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan pemetaan untuk golongan rayap subteran pada permukaan tanah asli dan permukaan taman terbuka pada podium lantai 5 (lima) penghubung antar tower Apartemen yang berlokasi di Jakarta Selatan
2. Mengetahui jalur dan faktor-faktor pengaruh potensi jelajah rayap tanah *Coptotermes curvignathus* didalam ruangan bangunan tinggi,
3. Memperkirakan kondisi kerusakan komponen konstruksi akibat serangan rayap tanah *Coptotermes curvignathus*.

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk mengatasi masalah-masalah yang sering timbul pada gedung pasca konstruksi akibat adanya serangan rayap dan kerusakannya pada komponen konstruksi gedung tinggi.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah denah

(master plan) dan gambar bangunan salah satu dari apartemen di Jakarta Selatan (tidak dituliskan nama apartemen, karena masalah etika), serta data visual dari 15 (lima belas) gedung/menara tersebut. Bahan denah khusus untuk Tower 1, Tower 3 dan Tower 4 yang terserang oleh rayap. Bahan lainnya yang digunakan pada tanah halaman lantai 1/ground floor tahap pertama (diluar gedung) adalah minimal 150 batang kayu umpan yang dibuat dari kayu pinus berukuran  $1 \times 2 \times 30 \text{ cm}^3$  untuk pola sebaran jenis rayap dan penentuan titik stasiun umpan rayap, minimal 3 (tiga) batang kayu pinus kering udara berukuran  $1 \times 2 \times 20 \text{ cm}^3$  (12 stasiun PVC) dan atau stasiun umpan rayap hexaflumuron 0,5%, minimal 3 (tiga) buah kertas tisu (berbentuk rol) dan atau umpan rayap hexaflumuron 0,5%. Bahan lainnya adalah pengamatan tekstur tanah asli dan tanah sisa (liang kembara) jalur rayap dan jenis vegetasi/lansekap yang terdekat dengan stasiun-stasiun rayap di halaman gedung.

Alat-alat yang digunakan adalah perekam data visual; perekam pengamatan data existing komponen struktur, subkomponen dan lain-lain; alat untuk menyimpan dan mengamati rayap; alat untuk mengetahui kelembaban dan tipe-tipe tanah pada lokasi/lingkungan (luar dan dalam) gedung; tabel kuisioner yang berhubungan dengan data kondisi teknis gedung (unit kamar), jaringan utilitas, letak dilatasi (pemisah gedung) dan data estimasi biaya pemeliharaan dan perawatan gedung secara periodik yang disebabkan serangan rayap; alat penerangan (senter), pot/tabung plastik, alkohol, kotak tisu, gergaji; pipa PVC;

kantong plastik; cawan petri, dan mikroskop.

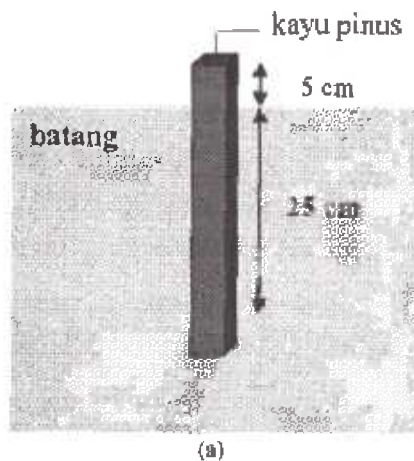
## 2.2. Prosedur Penelitian

- a. Tahap 1 : Pemasangan Titik Lokasi Umpan dan Sebaran Jenis Rayap
- b. Pengamatan di Lapangan

Kayu umpan berukuran  $1 \times 2 \times 30 \text{ cm}^3$  dicat bagian atasnya dengan warna merah untuk membantu menandai lokasi kayu umpan selama pengamatan dilakukan dan atau kayu umpan hexaflumuron 0,5%. Pemasangan kayu umpan dilakukan pada tanah yang lembab atau dekat dengan sistem perakaran tanaman di area Podium bagian atas penghubung antar 15 tower (tanah di lantai 5) dan keseluruhan Tower bagian bawah tanah asli apartemen tersebut (15 Tower), yang diperkirakan tidak terganggu oleh aktivitas di sekitar daerah tersebut. Setiap kayu umpan ditanamkan secara vertikal ke dalam tanah sedalam 25 cm; bagian kayu umpan yang muncul di permukaan tanah setinggi 5 cm. Kayu umpan tersebut dimasukkan ke dalam pipa PVC 1,25 inci yang telah dilubangi pada sekelilingnya (Gambar 1). Jarak antar kayu umpan 5 meter atau lebih. Pengamatan akan dilakukan setelah 1 (satu) bulan kayu umpan terpasang.

Analisa peta jenis rayap akan diperoleh berdasarkan pemasangan kayu umpan pada keseluruhan Tower (15 Tower) dan di area Podium penghubung antar tower (lantai 5). Sementara itu, analisa data terhadap karakteristik serangan/sebaran rayap untuk Tower 1, 3, dan 4 ini dilakukan dengan membandingkan jenis rayap yang ditemukan.





Gambar 1. Ukuran dan kedalaman kayu umpan (a) dan (b) pemasangan kayu umpan dalam pipa PVC 1,25 inci di lapangan

### c. Pengamatan di Gedung

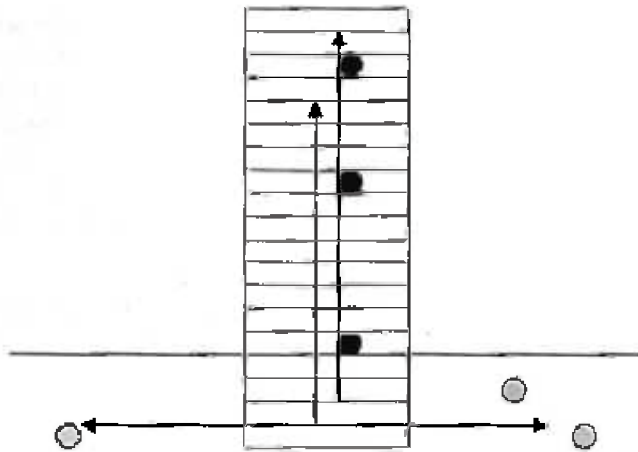
Berdasarkan laporan penghuni melalui unit pengelola dan kemampuan jarak jelajah satu koloni rayap maka dipilih Tower 1, Tower 3 dan Tower 4 sebagai obyek pengamatan khusus di gedung. Selanjutnya dengan kuisisioner yang telah diisi oleh penghuni di Tower 1, Tower 3, Tower 4 dan pihak pengelola, dilakukan pengamatan secara langsung pada unit kamar yang terdapat cacat/rusak akibat serangan rayap untuk mendapatkan pola sebaran rayap melalui saluran liang kembara pada semua lokasi. Pengamatan tersebut mencakup kerusakan komponen konstruksi akibat serangan rayap, jenis rayap, dan aksesibilitas rayap pada saluran/jaringan lokasi yang diserang.

Pengamatan juga dilakukan secara tidak langsung, yaitu melalui gambar/foto untuk mengetahui titik deteriorasi pada

jaringan utilitas, dilatasi, dan jaringan lainnya. Selain itu juga dilakukan pemasangan kertas tisu umpan rayap hexaflumuron 0,5% yang diletakkan dalam kotak sebanyak 12 (dua belas) buah yang masing-masing berfungsi sebagai stasiun dalam gedung untuk mendapatkan pola sebaran rayap serta kemungkinan sebaran rayap ke bagian luar gedung. Pemasangan tisu umpan rayap ini juga berfungsi untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara koloni rayap di dalam Tower tersebut dengan koloni rayap pada tanah di sekitar Tower.

Karakteristik serangan/sebaran rayap akan diperoleh dengan membandingkan denah arah vertikal saluran liang kembara khususnya pada Tower 1, 3, dan 4 hubungannya dengan jalur masuk rayap dari tanah sekitar Tower 1, Tower 3, dan Tower 4 (Gambar 2).





Gambar 2. Pola jalur masuk vertikal rayap dari tanah ke dalam tower

keterangan :

- : stasiun dalam gedung (Tower), ada makanan dan pada area lembab
- : stasiun di lokasi tanah sekitar gedung
- : liang kembara/jalur lintas rayap

#### d. Tahap 2 : Pendugaan Kesamaan Koloni Rayap

Pengamatan di Tower 1, 3, dan 4 untuk mengetahui sauran lalu lintas rayap dan melihat hubungan antar koloni rayap di dalam Tower dan di tanah sekitar Tower. Pada keempat Tower tersebut akan dibuat stasiun pengamatan, dengan masing-masing Tower minimal 3 (tiga) buah stasiun pengamatan, sehingga jumlah stasiun pengamatan pada keempat Tower tersebut adalah minimal 24 (dua puluh empat) buah. Pembuatan stasiun pengamatan di Tower menggunakan kertas tisu rol atau umpan hexaflumuron 0,5 % yang diletakkan dalam sebuah kotak dan dipasang di dinding lantai teratas, lantai tengah, dan lantai 1 pada masing-masing Tower.

Untuk mengetahui ada tidaknya hubungan antar koloni rayap di Tower dilakukan pengamatan terhadap rayap yang terumpan dengan 3 (tiga) cara pilihan, yaitu :

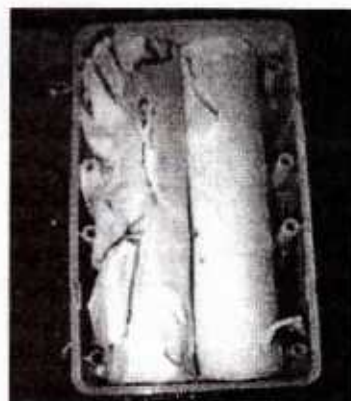
- Cara 1 : koloni rayap yang terumpan/ tertangkap dari stasiun yang berbeda dikumpulkan di satu wadah (metode kumpul), untuk mengetahui kesamaan/ perbedaan jenis dan koloni rayap.
- Cara 2 : pengamatan posisi stasiun yang diserang koloni rayap (metode makan bersama) untuk mengetahui lalu lintas suatu koloni rayap antar stasiun pengamatan di lapangan atau dengan stasiun pengamatan di dalam Tower, sehingga posisi jalur lalu lintas yang terdekat merupakan cara lain mengetahui kesamaan/perbedaan

jenis dan koloni rayap.

- Cara 3 : pengamatan melalui laporan khusus pengawas teknik yang mengetahui adanya serangan koloni rayap di unit-unit kamar dan kombinasi pengamatan di luar unit kamar dengan menggunakan salah satu cara dari ketiga cara tersebut di atas.



(a)



(b)

**Gambar 3.** Stasiun umpan kayu yang mengandung heksaflumuron 0,5% (a) di luar bangunan dan (b) di dalam bangunan

Analisa data pada pendugaan koloni rayap adalah untuk melihat hubungan koloni rayap yang ada dan karakteristik serangannya di Tower dengan koloni rayap di lokasi tanah sekitar tower pada masing-masing tower berdasarkan salah satu metode yang ada. Selain itu, dilakukan analisa penunjang dengan memperhatikan komponen konstruksi tower, jaringan utilitas tower, dan bekas saluran liang kembara.

e. Tahap 3 : Kondisi Komponen Konstruksi Bangunan

Melakukan pemeriksaan komponen

konstruksi bangunan terhadap serangan rayap dan degradasinya berdasarkan skor nilai yang telah ditentukan. Penelitian ini dilakukan pada Tower 1, Tower 3, dan Tower 4. Analisa data dilakukan dengan menggunakan model statistik Rancangan Acak Kelompok (Walpole, 1995).

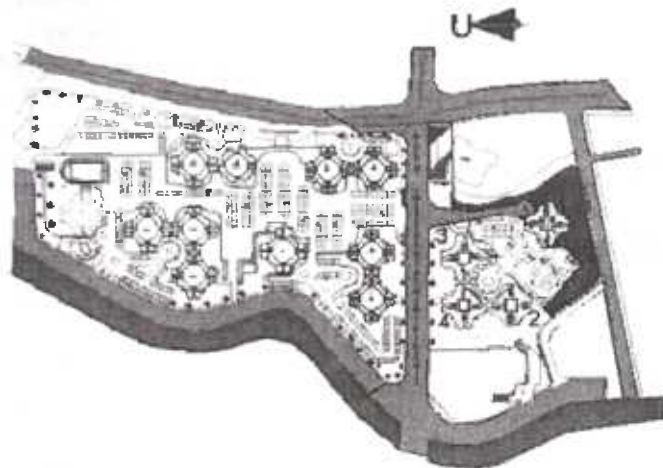
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pemetaan Jenis Koloni Rayap

Pemetaan dilakukan pada semua permukaan tanah disekitar bagian luar tower dan pemetaan pada lantai podium penghubung antar tower yang keseluruhannya berjumlah 15 Tower (Gambar 4). Maksud dari pengamatan di taman adalah untuk mendapatkan data banyaknya jenis rayap yang hidup disekitar ke-15 tower tersebut. Pengamatan secara umum dilakukan untuk 15 tower yang ada di kompleks apartemen pada bagian luar gedung yaitu pada taman-taman di area sekitar tower.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis rayap yang ada di area Apartemen adalah *Macrotermes gilvus* dan *Coptotermes curvignathus*. Rayap

*Macrotermes gilvus* terdapat di area sekitar Tower 1, Tower 7, Tower 9, Tower 11, Tower 15, dan Tower 17. Sementara itu, rayap *Coptotermes curvignathus* terdapat



Gambar 4. Peta salah satu apartemen (1, 2, 3, 4 : tower 1, 2, 3, dan 4) di Jakarta

Tabel 1. Jenis rayap pada area lokasi apartemen

Tower	Jenis Rayap	Jumlah Area Populasi
1	<i>Macrotermes gilvus</i> <i>Coptotermes curvignathus</i>	5 1
2	<i>Coptotermes curvignathus</i>	1
3	<i>Coptotermes curvignathus</i>	1
4	<i>Coptotermes curvignathus</i>	1
6	-	-
7	<i>Macrotermes gilvus</i>	1
8	-	-
9	<i>Macrotermes gilvus</i> <i>Coptotermes curvignathus</i>	1 1
10	-	-
11	<i>Macrotermes gilvus</i> <i>Coptotermes curvignathus</i>	2 1
12	-	-
14	-	-
15	<i>Macrotermes gilvus</i> <i>Coptotermes curvignathus</i>	1 1
16	-	-
17	<i>Macrotermes gilvus</i>	3

di area sekitar Tower 1, Tower 2, Tower 3, Tower 4, Tower 9, Tower 11, dan Tower 15 (Tabel 1). Pada area sekitar Tower 1, Tower 9, Tower 11, dan Tower 15 ditemukan kedua jenis rayap tersebut, yaitu *Macrotermes gilvus* dan *Coptotermes curvignathus*; sedangkan di area sekitar Tower 6, Tower 8, Tower 10, Tower 12, Tower 14, dan Tower 16 tidak ditemukan adanya koloni rayap.

Pemetaan jenis koloni rayap ini juga berguna untuk mengetahui wilayah jelajah koloni rayap itu sendiri. Definisi wilayah jelajah adalah daerah yang dikunjungi organisme secara tetap karena dapat menyediakan makanan, minuman serta mempunyai fungsi sebagai tempat berlindung atau bersembunyi, tempat istirahat dan tempat reproduksi. Setiap jenis organisme bergerak dalam suatu wilayah, yang luasnya dipengaruhi oleh sifat-sifat khas dari setiap jenis organisme dan kualitas habitatnya. Organisme yang hidup pada habitat yang baik, wilayah jelajahnya cenderung lebih sempit; sebaliknya apabila kualitas habitatnya rendah, maka organisme tersebut harus memperluas wilayah jelajahnya. Ketersediaan makanan, variasi mikro iklim, kondisi fisik habitat, resiko perjumpaan dengan pemangsa atau risiko terserang penyakit merupakan faktor yang mempengaruhi luas wilayah jelajah.

Berdasarkan hasil penelitian, jenis rayap *Macrotermes gilvus* dan *Coptotermes curvignathus* memiliki wilayah jelajah yang cukup luas untuk masing-masing koloninya. Secara umum diduga wilayah jelajah koloni rayap

*Coptotermes curvignathus* lebih luas dibandingkan dengan koloni rayap *Macrotermes gilvus*. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan laporan Rismayadi (1999) yang menjelaskan bahwa luas jelajah koloni rayap *Coptotermes curvignathus* lebih luas bila dibandingkan dengan luas jelajah koloni rayap *Macrotermes inspiratus*. Sementara itu, dari hasil pemetaan juga dapat diduga bahwa kualitas habitat di area sekitar Apartemen diduga lebih baik untuk jenis rayap *Macrotermes gilvus* dibandingkan dengan jenis rayap *Coptotermes curvignathus*. Hasil tersebut juga menunjukkan pendugaan bahwa jenis rayap *Coptotermes curvignathus* memiliki ukuran populasi yang lebih besar dalam setiap koloninya dibandingkan dengan *Macrotermes gilvus*.

Menurut Nandika *et al.* (2003) jenis rayap *Macrotermes gilvus* dan *Coptotermes curvignathus* memang ditemukan di seluruh wilayah DKI Jakarta. Jenis rayap *Macrotermes gilvus* memiliki daya serang terbatas sebagai hama perusak bangunan, sedangkan *Coptotermes curvignathus* memiliki daya serang yang paling tinggi sebagai hama perusak bangunan. Jenis rayap *Coptotermes* dapat menyerang hingga lantai ke-26 gedung bertingkat.

### 3.2. Jalur Jelajah Rayap di Tower 1, Tower 3, dan Tower 4

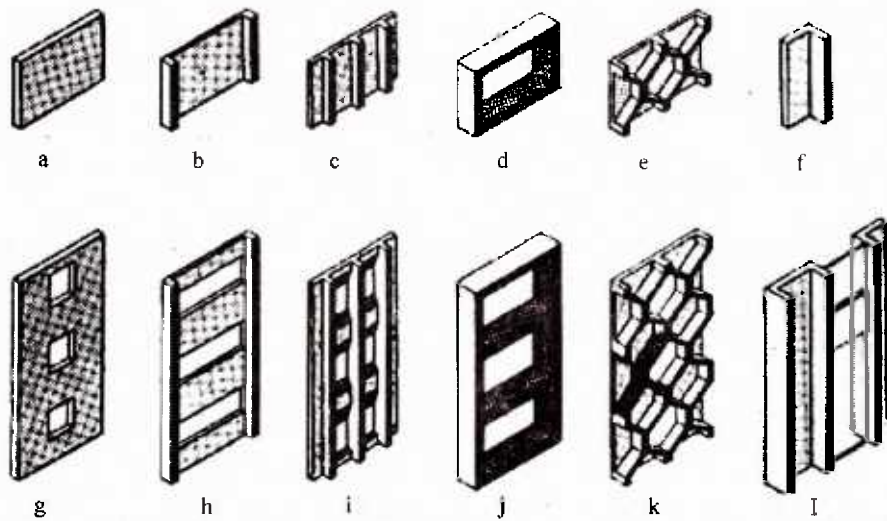
Saat ini bangunan tower dirancang dan terbangun dengan pemilihan material bangunan dengan konsep produksi massal dan pemasangannya kedalam unit-unit

bangunan. Lebih lanjut perwujudan dari konsep tersebut dilaksanakan dengan sistem prefabrikasi yang mempunyai kelebihan dalam hal penghematan waktu. Produksi komponen material rakitan yang mempunyai konstruksi dalam (*internal*) dapat berbentuk padat dan kosong berongga (Schueller, 1989). Secara umum pilihan menggunakan sistem panel dinding pendukung beban pada dinding fasade. Dalam hal ini perancang harus menyelesaikan tidak hanya kualitas pengendalian lingkungan dan struktur, tetapi juga penampilan luar bangunan. Pada pemilihan sistem panel prefabrikasi tersebut dapat memuat insulasi, *finishing interior*, dan jendela. Sistem tersebut dapat memuat utilitas seperti penerangan, dan sistem pengkondisian udara. Bentuk dinding yang terbuat dari blok atau panel-panel kecil yang mempunyai sambungan di dalam dinding ruangan sehingga dibutuhkan banyak sambungan-sambungan komponen struktur (Gambar 5). Detail sambungan komponen struktur ini dapat merupakan area yang aman serta jalur (akses) koloni rayap mencari makanan kearah vertical dan kearah horizontal di dalam gedung.

Sambungan yang terjadi dan bentuk material yang terbuat dari panel tersebut merupakan media yang baik untuk jalur jelajah rayap serta habitat rayap hidup membuat sarang dan atau area jalur liang kembara yang berbentuk terowongan pipih di celah-celah sambungan panel beton dengan hambatan relatif kecil. Pendugaan area lain untuk hidup habitat rayap adalah fasilitas operasional suatu utilitas bangunan (kelengkapan fasilitas

bangunan) yang digunakan untuk menunjang tercapainya unsur-unsur kenyamanan, kesehatan, keselamatan, kemudahan komunikasi dan mobilitas dalam bangunan. Peralatan yang berfungsi adalah dinding *core* transportasi vertical (*lift*), pekerjaan pipa dan sanitasi plambing (*plumbing*), tata udara (*air condiotioning*), pipa instalasi listrik dalam bangunan, pipa kabel pencahayaan listrik, pipa instalasi penangkal petir serta pencegahan dan penanggulangan bahaya kebakaran. Permasalahan lain akan timbul apabila pada saat pelaksanaan pembangunan gedung yaitu pekerjaan pembersihan bekisting (wadah cetak beton) di area khusus basement tidak tuntas. Hal tersebut mengakibatkan sisa-sisa material bekisting, khususnya yang terletak pada seluruh bagian luar pekerjaan basement dapat merupakan persediaan makanan dan pembentukan sarang habitat rayap yang baru baik pada bagian luar maupun pada bagian dalam basement untuk selanjutnya koloni rayap tersebut menjelajah/mengembara kearah vertical dan arah horizontal di dalam bangunan.

Pemasangan tisu umpan untuk rayap terdapat di bagian dalam bangunan yang terpasang pada area bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah setiap bangunan tower, serta seluruh bagian luar sekitar bangunan. Pemasangan tisu umpan ini bertujuan untuk melihat daya jelajah rayap di dalam bangunan Tower 1, Tower 3, dan Tower 4 apartemen yang diteliti. Hal ini juga bertujuan untuk melihat ada atau tidaknya kesamaan koloni rayap di area sekitar bangunan dengan di dalam bangunan.



Gambar 5. Macam sistem panel yang digunakan sebagai komponen dinding (Schueller, 1989)

Hasil penelitian dari pemasangan kayu umpan di daerah sekitar lokasi Tower 1, Tower 3, dan Tower 4 dari apartemen tersebut menunjukkan adanya jenis koloni rayap *Coptotermes curvignathus*. Hal ini terbukti dengan tidak terjadinya saling menyerang antar kelompok rayap yang disatukan/dikumpulkan pada suatu wadah setelah memakan umpan. Sementara itu, hasil pemasangan tisu umpan di dalam bangunan Tower 1, Tower 3, dan Tower 4 juga menunjukkan bahwa jenis rayap yang ada adalah *Coptotermes curvignathus*. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara koloni rayap pada tanah di sekitar Tower 1, Tower 3, dan Tower 4 dengan koloni rayap di dalam gedung Tower 1, Tower 3, dan Tower 4 (Tabel 2).

Sebelum terbangun gedung apartemen yang diteliti digunakan sebagai tapak untuk rumah tinggal dan sisanya sebagian besar untuk kompleks pe-

mukiman area Menteng Pulo untuk warga DKI. Berdasarkan hal tersebut dapat diduga bahwa rayap *Macrotermes gilvus* dan *Coptotermes curvignathus* sudah berada di tapak lokasi apartemen tersebut. Seperti diketahui, umumnya rayap tanah membangun sarangnya dalam tanah, namun bila habitat aslinya diganggu maka koloni rayap akan mempertahankan kan hidupnya dengan menggunakan sisa-sisa kayu, kayu-kayu terbakar dan tonggak-tonggak kayu sebagai bahan makanannya. Bahkan rayap *Coptotermes* dapat berubah menjadi 'rayap rumah' bila wilayah jelajahnya diubah menjadi pemukiman (French *et al.*, 1997). Rayap tersebut dapat masuk ke dalam bangunan melalui galian pondasi, teras, jalur air, dan tanaman yang dekat dengan bangunan tersebut.

Aktifitas jelajah (*foraging*) rayap dalam mencari sumber makanan di lapangan terjadi secara acak. Rayap

pekerja akan menyebar dari pusat sarang sampai menemukan sumber makanan yang sesuai dan kembali ke pusat sarang (Rismayadi, 1999). Pada rayap tanah proses penemuan sumber makanan tidak melalui proses visual mengingat rayap memiliki mata yang vestigial (tidak berkembang). Oleh karena itu setelah rayap pekerja menemukan sumber makanan, rayap pekerja mulai melakukan proses penerimaan sumber makanan. Menurut Rismayadi (1999) tingkat konsumsi kayu oleh koloni rayap yang dihitung di lapangan cenderung lebih kecil dari tingkat kebutuhan nutrisi rayap yang sebenarnya. Hal ini terjadi karena disamping mengkomsumsi kayu yang di umpankan, rayap juga akan mengkomsumsi sumber makanan lain.

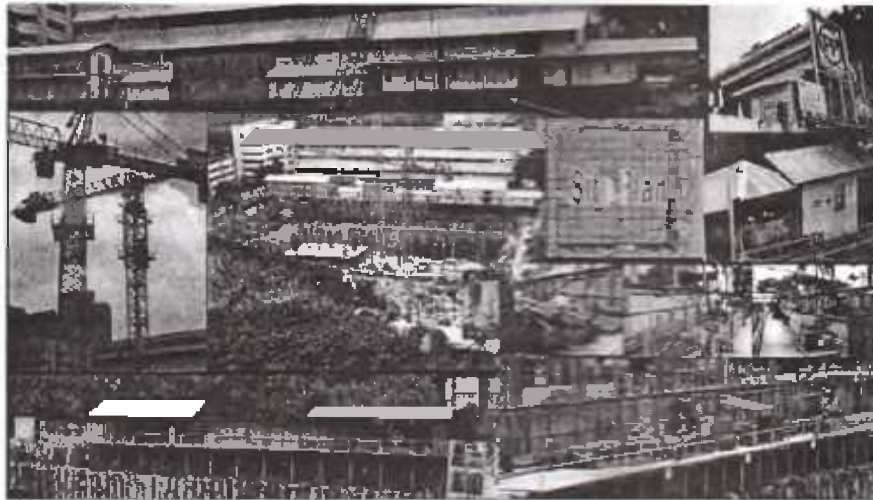
Jalur jelajah koloni rayap pada gedung apartemen ini dimulai/ awalnya dari lubang saluran pemipaan/plumbing air bersih yang masuk menembus melalui lantai basement 1 yang tingkat kelembabannya tinggi dan kondisi ruangnya gelap. Hal ini sesuai dengan tulisan Harris (2001) dan Watt (1999) yang menjelaskan bahwa rayap bawah tanah memiliki akses ke dalam bangunan dengan adanya kelembaban yang cukup memadai dan ketersediaan air

memenuhi syarat untuk hidupnya suatu habitat rayap; misalnya pengembunan pada pipa AC, adanya saluran air bersih dan air kotor, talang air yang bocor, atau saluran air lainnya Untuk menjangkau seluruh Tower apartemen per lantai (8 unit apartemen), koloni rayap dapat langsung masuk ke bagian ruangan yang lembab seperti kamar mandi/WC dan sekitarnya.

Aktivitas jelajah rayap tersebut dapat masuk ke ruang sebelahnya melalui plint kayu yang terpasang di koridor penghubung antar apartemen tiap lantai. Selain kelembaban yang tinggi serta suasana gelap, hal lain yang mendukung terjadinya serangan rayap adalah aktifitas penghuni cenderung relatif rendah (waktu tinggal selama sehari di tiap apartemen rata-rata untuk maksimal 8 jam) sehingga sumber getaran yang menghambat serangan rayap juga rendah Selain itu retakan kecil pada pondasi, celah dinding semen atau beton, celah pada lantai ubin atau keramik, kabel, adanya bagian kayu yang berhubungan dengan tanah, menembus penghalang fisik seperti plat logam atau plastik juga merupakan akses masuknya rayap *Coptotermes curvignathus* ke dalam suatu bangunan (Prasetyo dan Yusuf, 2004).

Tabel 2. Jenis rayap yang ditemukan pada tanah di sekitartower 1, tower 3, dan tower 4; serta di dalam gedung tower 1, tower 3, dan tower 4 apartemen

Tower	Tanah Sekitar		Dalam Gedung	
	Jenis Rayap	Jumlah Koloni	Jenis Rayap	Jumlah Koloni
1	<i>Coptotermes curvignathus</i>	1	<i>Coptotermes curvignathus</i>	-
3	<i>Coptotermes curvignathus</i>	1	<i>Coptotermes curvignathus</i>	1
4	<i>Coptotermes curvignathus</i>	1	<i>Coptotermes curvignathus</i>	1



Gambar 6. Akses rayap ke tapak gedung selama masa konstruksi

Lingkungan sekitar tower/gedung seperti tipe vegetasi yang senantiasa dirawat dengan menyiram maupun pemeliharaan taman di setiap unit apartemen, cukup untuk mendukung hidupnya habitat rayap, baik di area sekitar gedung maupun di dalam gedung. Selain itu, faktor pembentukan koloni dapat terjadi melalui proses migrasi. Hal ini terjadi bila rayap tersebut dibasmi, maka sebagian koloni rayap termasuk kasta reproduktif bergerak (pindah) ke suatu tempat baru, dan sebagian koloni yang tertinggal mengembangkan kasta reproduksi suplementer (neoten). Neoten ini merupakan alternatif siklus kehidupan rayap sehingga mampu untuk mempertahankan habitatnya di area yang lama (Harris, 1991). Sementara itu, degradasi kerusakan terbesar ditemukan pada komponen konstruksi permukaan lantai teratas pada Tower 3, maka dapat diduga bahwa peluang masuknya aktivitas jelajah rayap dari bawah tanah ke

permukaan dinding basement dapat disebabkan oleh penyelesaian akhir (*finishing*) dari pekerjaan sub-struktur (basement dan pondasi) yang tidak optimal.

### 3.3. Kondisi Komponen Konstruksi Bangunan

Hasil pemeriksaan pada Tower 1 dan Tower 3 menunjukkan serangan rayap banyak ditemukan pada komponen konstruksi permukaan lantai, ruang utilitas, penutup/pelapis dinding, dan perlengkapan penunjangnya. Sementara itu serangan rayap dalam jumlah kecil di Tower 1 ditemukan pada dinding massif dan sistem rangka konstruksinya. Sedangkan di Tower 3 jumlah serangan rayap terkecil ditemukan pada dinding luar, pintu dan jendela, dinding massif, penyekat dinding bagian dalam, dan sistem rangka konstruksinya. Untuk Tower 4, hampir semua komponen konstruksinya hanya



terkena serangan rayap dalam jumlah kecil; kecuali pintu dan jendela, permukaan lantai, ruang utilitas, dan sistem perlengkapan penunjangnya (Tabel 3).

Serangan rayap secara vertikal sudah mencapai lantai ke-25 dari 31 lantai pada Tower 1, di Tower 3 serangan rayap mencapai lantai ke-33 (*top floor*), sedangkan pada Tower 4 serangan rayap mencapai lantai ke-10 dari 31 lantai. Dilihat dari Tabel 3 serangan rayap banyak ditemukan pada 4 (empat) kelompok area yaitu : 1) area pintu dan jendela, 2) area bawa permukaan lantai, 3) area ruang utilitas, dan 4) penutup/pelapis dinding bagian dalam.

Area pintu dan jendela menggunakan material dari bahan kayu, sedangkan area pelapis dinding menggunakan material dari bahan gipsum. Pelapis dinding yang berbahan gipsum merupakan sumber makanan koloni rayap yang mengandung

selulosa. Sementara itu area utilitas (pipa air bersih) dan area lapisan bawah lantai yang berbahan keramik merupakan jalur lalu lintas, tempat persinggahan (*halte*) sekaligus tempat reproduktif suplementer (*neoten*). Pada Tabel 3 keseluruhan area komponen konstruksi (11 area) dapat merupakan habitat rayap yang baik, karena menghadapi musuh alaminya (semut) relatif kecil. Persyaratan lingkungan untuk habitat rayap pada ketiga area diatas memenuhi yaitu kelembaban 70 - 75 persen serta tersedia makanan mengandung selulosa

Bobot persentase komponen konstruksi yang mengandung selulosa sebagai sumber makanan koloni rayap adalah mendekati 10 persen dari keseluruhan biaya komponen konstruksi. Perhitungan tersebut mempunyai dampak pada biaya pemeliharaan gedung, serta keamanan dan kenyamanan tinggal

Tabel 3. Serangan rayap (SR) dan degradasi (D) pada elemen konstruksi di tower 1, tower 3, dan tower 4 apartemen

No	Komponen Konstruksi	Tower 1		Tower 3		Tower 4	
		SR	D (%)	SR	D (%)	SR	D (%)
1	Dinding luar	sedang	16,9	sedikit	4,0	sedang	16,9
2	Atap gedung	-	32,0	-	32,0	-	32,0
3	Pintu dan jendela	sedang	34,2	sedikit	24,0	sedang	34,2
4	Permukaan lantai	banyak	35,0	banyak	35,0	banyak	35,0
5	Ruang utilitas	banyak	16,5	banyak	16,5	sedang	2,0
6	Dinding massif	sedikit	-	sedikit	-	sedikit	-
7	Atap datar	sedang	-	sedang	-	sedikit	-
8	Penyekat dinding bagian dalam	sedang	6,4	sedikit	1,0	sedikit	1,0
9	Penutup/pelapis dinding	banyak	14,8	banyak	14,8	sedikit	4,0
10	System rangka struktur	sedikit	-	sedikit	-	sedikit	-
11	Perlengkapan penunjang	banyak	0,5	banyak	0,5	banyak	0,5

penghuni apartemen. Menurut Juwana (2005), besar biaya operasional dan perawatan bangunan secara sederhana dapat di perhitungkan sekitar 25 persen dari jumlah penerimaan; sehingga bobot kerusakan langsung komponen konstruksi dan dampak kerusakannya cukup berpengaruh pada tingkat penurunan nilai bangunan pertahun. Kondisi ini semakin nyata pengaruhnya dengan keberadaan atau adanya serangan koloni rayap terhadap komponen konstruksi di dalam gedung dengan waktu yang berlangsung relatif singkat apabila dibandingkan dengan selang waktu pasca konstruksi dengan masa pakai gedung sampai saat ini, yaitu 5 - 8 tahun.

Dari Tabel 3 tersebut, memang terlihat adanya pengaruh serangan rayap terhadap degradasi komponen konstruksi yang sama pada setiap bangunan. Hal ini dapat terlihat jika dibandingkan untuk komponen konstruksi yang sama, misalnya dinding luar di Tower 1 dan Tower 4 yang tingkat serangan rayapnya sedang; maka degradasi kerusakan yang terjadi adalah 16,9 persen; tetapi untuk Tower 3 yang tingkat serangan rayapnya sedikit, degradasi yang terjadi hanya 4,0 persen.

Analisis sidik ragam dari tingkat serangan rayap terhadap komponen konstruksi juga menunjukkan hubungan yang sangat signifikan (nyata hingga taraf 99 persen, lihat Tabel 4). Dari Tabel 3 tersebut juga terlihat bahwa tidak semua penyebab terbesar degradasi komponen konstruksi disebabkan oleh rayap, dalam hal ini terdapat pengaruh faktor lingkungan lainnya.

#### 4. KESIMPULAN

Pada area lokasi sekitar apartemen yang diteliti ditemukan 2 (dua) jenis rayap, yaitu: *Macrotermes gilvus* dan *Coptotermes curvignathus*. Kedua jenis rayap tersebut merupakan rayap tanah yang dapat menyerang bagian dalam bangunan. Jenis rayap *Coptotermes curvignathus* mampu menjelajah mencapai lantai teratas Tower 3. Akses masuk koloni rayap kedalam tower melalui pipa saluran air bersih di area basement yang menyatu dengan bekas kayu-kayu bekisting sebagai makanan rayap. Jalur akses juga membuktikan kesamaan koloni rayap jenis *Coptotermes curvignathus* pada tanah di luar tower dengan koloni rayap di dalam tower. Pembasmian rayap yang tidak

Tabel 4. Analisis sidik ragam faktor rayap pada komponen konstruksi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F tabel	
					5%	1%
Lokasi	2	1,66	0,83			
Komponen konstruksi	10	16,71	1,67	7,26**	2,38	3,43
Galat	19	4,33	0,23			
Total	31	23,70				

\*\* : nyata pada taraf  $\alpha = 0,01$

memenuhi standar operasional menimbulkan dampak adanya kehidupan reproduktif suplementer (neoten) pada sambungan komponen panel dinding sekaligus sebagai sarang baru koloni rayap didalam gedung. Kemudahan untuk hadirnya habitat rayap didukung oleh kurangnya musuh alami (semut) serta kelembaban ruang aksesnya yang memadai 70 - 75 persen.

Perlunya sistem perawatan dan pemeliharaan bangunan sesuai Undang-Undang RI No.28/2002 oleh Kantor Tata Bangunan dan Gedung Pemda DKI 2005 dilaksanakan oleh pihak manajemen pengelola. Adanya 4 (empat) kelompok area rawan serangan koloni rayap yang menjadi sumber makanan, sehingga diperlukan sistem pengendalian dan pencegahan serangan rayap pada bangunan tinggi. Permasalahan ini dapat diatasi dengan melaksanakan pekerjaan pemeliharaan struktur oleh bagian Tata Graha (*house keeping*) gedung, yaitu pekerjaan *termites control*.

Penggunaan material komponen konstruksi yang mengandung selulosa mendekati 10 persen dengan siklus waktu serangan rayap 4 - 5 tahun tentunya berdampak pada biaya pengelolaan dengan timbulnya kerusakan langsung dan kerusakan tidak langsung, yaitu memperbesar biaya operasional.

#### DAFTAR PUSTAKA

**Anonim.** (2003), *Undang-Undang Republik Indonesia No.28/2002 tentang Bangunan Gedung beserta*

*Penjelasannya*, Citra Umbara. Bandung.

**French, J.R.J., R.A. Rasmussen, D.M. Ewart, and M.A.K. Khalil.** (1997), "The Gaseous Environment of Mound Colonies of the Subterranean Termite *Coptotermes lacteus* (Isoptera: Rhinotermitidae) Before and After Feeding on Mirex Treated Decayed Wood Bait Blocks", *Bulletin of Entomological Research*, No. 87:145-149. Australia.

**Harris.** (1971), *Termite: Their Recognition and Control. Second Edition*, Longmans and Holdt. London

**Harris, S.Y.** (2001), *Building Pathology: Deterioration, Diagnostics and Intervention*, John Wiley & Sons, Inc. New York.

**Hudson, W.R., R. Hass, and W. Uddin.** (1997), *Infrastructure Management: Design, Construction, Maintenance, Rehabilitation, Renovation*, McGraw-Hill Co. New York.

**Juwana, J.S.** (2005), *Panduan Sistem Bangunan Tinggi*, Erlangga, Jakarta.

**Leicester, R.H., C.H. Wang, L. Cookson dan J. Creffield.** (2002), A Model of Termite for Hazard in Australia, *CSIRO Building, Construction and Engineering. Australia.* ([www.landfood.unimelb.edu.au](http://www.landfood.unimelb.edu.au))

**Lippsmeier, G.** (1994), *Bangunan Tropis*, Erlangga, Jakarta

**Molnarka, G.** (2000), *Expert System in Building Pathology*. Paper in Medzinarodny Seminar.

**Nandika, D., Y. Rismayadi dan F. Diba.**

- (2003), *Rayap : Biologi dan Pengendaliannya*, Muhammadiyah University Press, Surakarta.
- Prasetyo, K.W. dan S. Yusuf.** (2005), *Mencegah dan Membasmi Rayap Secara Ramah Lingkungan dan Kimiawi*, Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Ratay, R.T.(ed.).** (2000), *Forensic Structural Engineering Handbook Part I*, McGraw Hill New York.
- Rismayadi, Y.** (1999), *Penelaahan Daya Jelajah dan Ukuran Populasi Koloni Rayap Tanah Schedorhinotermes javanicus Kemner Serta Microtermes Inspiratus Kemner*. Program Pascasarjana, IPB (tidak dipublikasikan). Bogor.
- Schodek, D.L.** (1991), *Struktur*, PT Eresco. Bandung.
- Schueller, Wolfgang.** (1989), *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*
- Sebastian, A.** (2003), *Construction Pathology*, A. Sebastian Engineering and Investigation Services. Seattle.
- Surjokusumo, S.** (2005), *Perkembangan Aspek Regulasi Pengendalian Serangan Rayap pada Bangunan Gedung*, Seminar Nasional. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Walpole, R.E.** (1995), *Pengantar Statistika*, PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Watt, D.S.** (1999), *Building Pathology : Principles and Practice*, Blackwell Sciences, Ltd. Oxford.