

**APLIKASI PLANARITY SOLVER UNTUK GRAF PLANAR  
MENGUNAKAN STRUKTUR GRID RANDOM**

Tugas Akhir



oleh  
**NOVITA LINDAYATI WIYONO**  
**22084493**

Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
2012

# **APLIKASI PLANARITY SOLVER UNTUK GRAF PLANAR MENGUNAKAN STRUKTUR GRID RANDOM**

Tugas Akhir



Diajukan kepada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi  
Universitas Kristen Duta Wacana

Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar  
Sarjana Komputer



Disusun oleh

**NOVITA LINDAYATI WIYONO**  
**22084493**

Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi  
Universitas Kristen Duta Wacana

2012

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

### **APLIKASI PLANARITY SOLVER UNTUK GRAF PLANAR MENGUNAKAN STRUKTUR GRID RANDOM**

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 11 Juli 2012

*Novita*

NOVITA LINDAYATI WIYONO  
22084493

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. H. Gusawan Santosa, M.Si.

Arizwan Rachmat C. Sikan, M.Cs

## HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : APLIKASI PLANARITY SOLVER UNTUK GRAF  
PLANAR MENGGUNAKAN STRUKTUR GRID  
RANDOM  
Nama Mahasiswa : NOVITA LINDAYATI WIYONO  
N I M : 22084493  
Matakuliah : Tugas Akhir  
Kode : TIW276  
Semester : Genap  
Tahun Akademik : 2011/2012

Telah diperiksa dan disetujui di  
Yogyakarta,  
Pada tanggal 11 Juli 2012



Dosen Pembimbing I

Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si.

Dosen Pembimbing II

Antonius Rachmat C., SKom.,M.Cs

UCAPAN TERIMA KASIH

HALAMAN PENGESAHAN

**APLIKASI PLANARITY SOLVER UNTUK GRAF PLANAR  
MENGUNAKAN STRUKTUR GRID RANDOM**

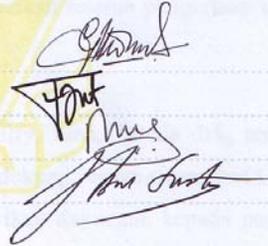
Oleh: NOVITA LINDAYATI WIYONO / 22084493

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi  
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi  
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta  
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Komputer  
pada tanggal 15 Juni 2012

Yogyakarta, 11 Juli 2012  
Mengesahkan,

Dewan Penguji:

1. Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si.
2. Antonius Rachmat C., SKom., M.Cs
3. Nugroho Agus Haryono, M.Si
4. Budi Susanto, SKom., M.T.



Dekan

(Drs. Wimmie Handiwidjojo, M.T.)

Ketua Program Studi

(Nugroho Agus Haryono, M.Si)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Aplikasi Planarity Solver untuk Graf Planar Menggunakan Struktur Grid Random dengan baik dan tepat waktu.

Penulisan laporan ini merupakan kelengkapan dan pemenuhan dari salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Komputer. Selain itu juga bertujuan melatih mahasiswa untuk dapat menghasilkan suatu karya yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, sehingga dapat bermanfaat bagi penggunaannya.

Dalam menyelesaikan pembuatan program dan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak menerima bimbingan, saran, dan masukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bpk Drs. R. Gunawan Santosa, M.Si., selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan bimbingannya dengan sabar dan baik kepada penulis.
2. Bpk Antonius Rachmat C., S.Kom., M.Cs., selaku dosen pembimbing II, atas bimbingan, petunjuk, dan masukan yang diberikan selama pengerjaan tugas ini sejak awal hingga akhir.
3. Mama yang memberi dukungan dan semangat.
4. Teman-teman terdekat: Ana, Hesti, Miebe, Elfy, Lina, Tenny dkk, teman-teman seangkatan (TI 2008) yang banyak mendukung, teman-teman kos Echo, dan teman-teman lainnya yang telah memberikan dukungan kepada penulis untuk maju.
5. Para responden program ini: Hesti, Ana, Elfy, Tenny dkk, Rita, Grisel, Fanny, Andre, Putra, dan Mibe, yang telah meluangkan waktu untuk bersusah-susah mencoba program penulis.

6. Pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang ikut memberi dorongan, doa, dan semangat, dan tidak menghambat penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa program dan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, sehingga suatu saat penulis dapat memberikan karya yang lebih baik lagi.

Akhir kata, penulis ingin meminta maaf bila ada kesalahan baik dalam penyusunan laporan maupun yang pernah penulis lakukan sewaktu membuat program Tugas Akhir. Semoga ini dapat berguna bagi kita semua.

Yogyakarta, Mei 2012

Penulis



## INTISARI

Game Planarity merupakan game yang menerapkan konsep planaritas dari sebuah graf. Cara bermain game ini sederhana, yaitu memindah-mindahkan letak titik (verteks) sehingga tidak ada garis (edge) yang berpotongan / bersilangan. Namun, jika level semakin tinggi, penyelesaian semakin rumit, sehingga dibutuhkan Solver untuk membantu pemain dalam menyelesaikan puzzle ini.

Penulis mencoba membuat game beserta penyelesaian (Solver) dari game Planarity ini. Aplikasi ditulis menggunakan bahasa Flash ActionScript 3.0. Untuk menyusun (Solve) sebuah graf, penulis mencoba menggunakan struktur grid. Penempatan titik (verteks) dilakukan secara acak, kemudian diuji dan diulang sampai terdapat penyelesaian.

Aplikasi Planarity Solver ini cukup berfungsi dengan baik, meskipun terdapat kekurangan yaitu Solver hanya berjalan pada level rendah. Program ini dapat dikembangkan dan disempurnakan lebih lanjut, untuk menghasilkan game yang memiliki kemampuan yang tinggi dan Solver yang cepat.

# DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL DEPAN .....	i	
HALAMAN SAMBUL DALAM .....	ii	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iii	
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iv	
HALAMAN PENGESAHAN .....	v	
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vi	
INTISARI .....	viii	
DAFTAR ISI .....	ix	
DAFTAR TABEL .....	xii	
DAFTAR GAMBAR .....	xiii	
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>		
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1	
1.2. Rumusan Masalah .....	2	
1.3. Batasan Masalah .....	2	
1.4. Hipotesis .....	3	
1.5. Tujuan Penelitian .....	3	
1.6. Metode .....	4	
1.7. Sistematika Penulisan .....	4	
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>		<b>6</b>
2.1. Tinjauan Pustaka .....	6	
2.2. Landasan Teori .....	7	
2.2.1. Definisi Graf .....	7	
2.2.2. Graf Planar .....	8	
2.2.3. Teorema Kuratowski .....	10	
2.2.4. Isomorfisme Dua Graf .....	10	

2.2.5. Game Planarity .....	12
2.2.6. Algoritma Planarity .....	13
2.2.7. Struktur Grid .....	15
<b>BAB 3 PERANCANGAN SISTEM .....</b>	<b>16</b>
3.1. Spesifikasi Sistem .....	16
3.1.1. Spesifikasi Perangkat Keras .....	16
3.1.2. Spesifikasi Perangkat Lunak .....	16
3.2. Diagram Alir Sistem .....	17
3.2.1. Diagram Alir .....	18
3.2.2. Use Case Diagram .....	20
3.3. Perancangan Struktur Data .....	21
3.4. Manual Sistem .....	24
3.4.1. Algoritma Planarity .....	24
3.4.2. Algoritma yang Digunakan dalam Algoritma Planarity ....	25
3.4.3. Contoh Pembuatan Graf dengan Algoritma Planarity .....	29
3.4.4. Pseudocode Planarity .....	32
3.4.5. Struktur Grid .....	37
3.4.6. Penyelesaian Game menggunakan Struktur Grid .....	38
3.5. Perancangan Antarmuka Sistem .....	39
3.6. Perancangan Pengujian Sistem .....	42
<b>BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM .....</b>	<b>44</b>
4.1. Implementasi Sistem .....	44
4.1.1. Antarmuka Aplikasi Game dan Solver .....	44
4.1.2. Pseudocode dari Aplikasi Planarity Solver .....	50
4.2. Analisis Sistem .....	54
4.2.1. Pengujian Sistem .....	54
4.2.2. Analisis terhadap Struktur Grid .....	56
4.2.3. Pengujian terhadap Pemain .....	58
4.2.4. Kelebihan dan Kekurangan Sistem .....	60

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	62
5.1. Kesimpulan .....	62
5.2. Saran .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	64

© UKDW

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Masalah Jembatan Königsberg dan gambar grafnya .....	8
Gambar 2.2. Graf planar .....	9
Gambar 2.3. Contoh graf yang tidak planar .....	9
Gambar 2.4. Graf $K_5$ (kiri) dan graf bipartite $K_{3,3}$ .....	10
Gambar 2.5. Dua graf yang isomorfis .....	11
Gambar 2.6. Game Planarity, dalam situs <a href="http://www.planarity.net">www.planarity.net</a> .....	12
Gambar 2.7. Proses pemindahan edge menjadi graf planar .....	13
Gambar 2.8. Label dan setiap iterasi dari $p$ dalam kasus $n = 4$ .....	14
Gambar 2.9. Graf planar solusi menggunakan struktur grid .....	15
Gambar 3.1. Diagram alir user dalam menggunakan aplikasi Planarity Solver ..	18
Gambar 3.2. Diagram alir Solver bekerja .....	20
Gambar 3.3. Use Case Diagram untuk Planarity Solver .....	21
Gambar 3.4. Contoh graf dengan 4 garis berpotongan, menghasilkan 6 verteks dan 8 edge .....	24
Gambar 3.5. Sebuah garis .....	26
Gambar 3.6. Perpotongan garis .....	29
Gambar 3.7. Titik acak .....	30
Gambar 3.8. Membuat garis .....	31
Gambar 3.9. Perpotongan garis membentuk verteks .....	31
Gambar 3.10(a). Garis pada himpunan L .....	33
Gambar 3.10(b). Garis $p = 1$ .....	33
Gambar 3.10(c). Pembentukan edge ke 1 dan 2 .....	34
Gambar 3.10(d). Garis $p = 2$ .....	34
Gambar 3.10(e). Pembentukan edge ke 3 dan 4 .....	34
Gambar 3.10(f). Garis $p = 3$ .....	35

Gambar 3.10(g). Pembentukan edge ke 5 dan 6 .....	35
Gambar 3.10(h). Garis $p = 4$ .....	36
Gambar 3.10(i). Pembentukan edge ke 7 dan 8 .....	36
Gambar 3.10(j). Graf planar dengan 6 verteks dan 8 edge .....	36
Gambar 3.11. Struktur grid dan graf planarnya (masih ada perpotongan) .....	38
Gambar 3.12. Graf planar tanpa perpotongan edge dalam struktur grid .....	38
Gambar 3.13. Planarity, level 1 .....	40
Gambar 3.14. Pemain berhasil menang tanpa menggunakan solver .....	41
Gambar 3.15. Pemain mengklik tombol Solve .....	42
Gambar 4.1. Tampilan awal aplikasi Planarity Solver .....	45
Gambar 4.2. Level 1 permainan .....	46
Gambar 4.3. Pemain menang tanpa menggunakan Solver .....	48
Gambar 4.4. Pemain mengklik tombol Solve .....	49
Gambar 4.5. Struktur grid dalam bidang permainan Planarity Solver .....	50
Gambar 4.6. Pseudocode game dalam membuat garis acak .....	51
Gambar 4.7. Pseudocode game dalam menghitung perpotongan garis .....	51
Gambar 4.8. Pseudocode game dalam membuat verteks .....	52
Gambar 4.9. Pseudocode game dalam membuat edge .....	52
Gambar 4.10. Pseudocode game dalam mengacak verteks .....	52
Gambar 4.11. Pseudocode Solver dalam membuat grid .....	53
Gambar 4.12. Pseudocode Solver dalam menghitung perpotongan edge .....	54
Gambar 4.13. Output dari error pada Solver .....	58
Gambar 4.14. Grafik waktu penyelesaian game pada level 1 – level 6 .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jumlah garis, verteks, dan edge dalam game Planarity .....	25
Tabel 3.2. Posisi acak $x$ dan $y$ titik .....	29
Tabel 3.3. Fungsi PairIndex( $p, q$ ) pada Planarity level 1 .....	37
Tabel 3.4. Perancangan pengujian aplikasi Planarity Solver .....	43
Tabel 4.1. Jumlah pengacakan verteks dalam aplikasi level 1 dan 2 .....	55
Tabel 4.2. Hasil pengujian aplikasi Planarity Solver .....	55
Tabel 4.3. Waktu pemain menyelesaikan game level 1 – level 6 .....	59

© UKDWN

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pada bidang matematika dan ilmu komputer, teori graf adalah ilmu tentang graf, struktur matematika yang digunakan untuk memodelkan hubungan berpasangan antara objek dalam kumpulan tertentu. Graf adalah kumpulan *verteks* atau *node*, dan kumpulan dari *edge* yang menghubungkan sepasang verteks. Sedangkan, graf planar merupakan sebuah graf yang dapat digambarkan dalam bidang datar dengan suatu cara sehingga semua edge hanya berpotongan pada titik ujungnya. Dengan kata lain, graf ini dapat digambar sedemikian sehingga tidak ada edge-edge yang saling bersilangan / berpotongan.

Graf planar dimanfaatkan untuk bermacam-macam penyelesaian masalah. Salah satunya yaitu dalam game Planarity. Game ini dibuat menggunakan algoritma *planarity*. Algoritma yang diciptakan oleh John Tantalos ini dapat menciptakan graf yang pasti merupakan graf planar. Sedangkan game planarity merupakan game yang menerapkan konsep planaritas dari sebuah graf. Pemain diharuskan mengubah graf planar yang telah diacak verteksnya sehingga *edge*-nya saling berpotongan, menjadi graf planar tanpa ada perpotongan edge. Caranya dengan memindah letak verteks sedemikian rupa dalam bidang permainan. Pemain memenangkan game jika berhasil membuat graf planar tanpa edge yang berpotongan. Dalam game ini, diperlukan penyelesaian (*Solver*) dari game pada setiap levelnya.

Maka, penulis akan membuat aplikasi penyusun planarity (*Planarity Solver*). Aplikasi ini akan dapat membantu pemain dalam menyelesaikan *puzzle* planarity.

Solver ini akan dibuat menggunakan struktur grid. Struktur grid merupakan cara penggambaran graf planar dengan menempatkan verteks-verteksnya dalam posisi yang beraturan, yaitu persegi / persegi panjang dengan jarak yang tetap. Graf menggunakan struktur ini memiliki jumlah penyelesaian yang terbatas sehingga memudahkan perhitungan pembuatan graf planar tanpa perpotongan (graf solusi). Metode penempatan verteks yaitu acak (random), dengan perulangan pada setiap penyusunannya sampai ditemukan solusi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Masalah yang dihadapi yaitu perlunya pembuatan aplikasi Planarity Solver untuk membantu menyelesaikan game planarity. Diperlukan graf jawaban yang benar untuk membantu pemain. Struktur grid dipakai dalam penyelesaian (Solver) untuk penempatan verteks dan pengujian planaritas. Dalam aplikasi ini, akan dibuktikan bahwa struktur grid dapat dipakai untuk menempatkan verteks agar terbentuk graf planar tanpa perpotongan edge.

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam pembuatan aplikasi pengujian planarity ini yaitu:

- a. Di dalam game planarity, graf planar awal yang akan diacak verteksnya dibentuk oleh algoritma planarity dan dibuat oleh aplikasi game.
- b. Aplikasi ini tidak menerima masukan graf dari pengguna, untuk memastikan bahwa graf yang ada adalah graf planar sehingga memiliki penyelesaian.
- c. Sebuah graf dapat memiliki banyak bentuk penyelesaian, sehingga hasil dari *solver* dapat bermacam-macam bentuk, tidak selalu sama.
- d. Penyelesaian dari graf planar acak dalam aplikasi dibentuk menggunakan struktur grid, dengan penempatan verteks secara acak (random). Ukuran panjang dan lebar grid menyesuaikan jumlah verteks dalam level tersebut.

- e. Batas maksimum dalam aplikasi Planarity Solver ini yaitu *level* 10 untuk game Planarity, dengan 78 verteks dan 143 edge. Sedangkan, Solver dari Planarity hanya dibuat sampai *level* 2.

#### **1.4. Hipotesis**

Di dalam pembuatan aplikasi pengujian planarity ini, terdapat beberapa hipotesis yang dapat diungkapkan:

- a. Sebuah graf planar yang telah diacak verteksnya, jika akan dikembalikan menjadi graf planar tanpa perpotongan edge, akan memiliki bermacam-macam bentuk.
- b. Penyelesaian dapat dibuat menggunakan *grid*, dengan penempatan verteks tepat pada gridnya, sehingga kemungkinan pembuatan graf planar solusi menjadi terbatas.
- c. Struktur grid memudahkan pembuatan graf solusi karena membatasi kemungkinan graf planar solusi.
- d. Hasil dari penempatan verteks secara acak dalam grid dapat berbeda-beda, bergantung pada level maupun ukuran grid yang dibentuk.

#### **1.5. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian dalam membuat aplikasi ini adalah:

- a. Membuat solusi dari graf dalam game planarity.
- b. Membuktikan bahwa penyelesaian dapat terbentuk dengan menempatkan titik-titik verteks pada *grid* sedemikian hingga graf yang dihasilkan planar.
- c. Mengetahui peran struktur grid dalam pembuatan Solver, untuk memudahkan penyelesaian.
- d. Mengetahui pengaruh ukuran grid dan metode random dalam penempatan verteks terhadap keberhasilan aplikasi membuat solusi.

## 1.6. Metode

Hal-hal yang akan penulis lakukan untuk menerapkan algoritma ini dalam pembuatan aplikasi Planarity Solver:

- a. Memahami pengertian graf planar dalam algoritma graf.
- b. Memahami algoritma planarity dan *pseudocode*-nya untuk membuat graf planar.
- c. Memahami cara kerja game planarity.
- d. Memahami penggambaran graf menggunakan struktur grid random dalam pembuatan penyelesaian game.
- e. Membuat aplikasi untuk membantu menyelesaikan permasalahan planarity (*Planarity Solver*) dengan menggunakan struktur grid random.

## 1.7. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, tujuan penelitian, metode / pendekatan, serta sistematika penulisan.

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan pustaka dari jurnal dan artikel yang sudah pernah dibuat oleh orang lain. Dalam bab ini, juga dibahas mengenai dasar-dasar teori graf, graf planar sebagai salah satu jenis graf, game planarity sebagai contoh game berdasarkan graf planar, algoritma dan pseudocode planarity, aplikasi penyusun planarity (*planarity solver*) menggunakan *grid*, dan metode pengacakan (random) yang diterapkan dalam grid.

### BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

Dalam bab ini diuraikan kebutuhan yang dipakai untuk membangun aplikasi, diagram-diagram yang menggambarkan aplikasi yang akan dibuat, struktur data, penjelasan yang lebih mendalam disertai dengan contoh, perancangan antarmuka, dan perancangan pengujian aplikasi.

### BAB 4 IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SISTEM

Bab ini menampilkan pembahasan dari hasil program aplikasi Planarity Solver yang dibuat. Pembahasan meliputi implementasi, penggunaan aplikasi yang telah selesai dibuat, pengujian, dan analisis.

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan hasil pembahasan program aplikasi planarity solver tersebut, dan saran-saran agar aplikasi Planarity Solver bisa menjadi lebih baik.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Setelah aplikasi Planarity Solver dibuat, diuji, dan dianalisis, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, sebagai berikut:

- a. Graf planar acak dapat dibentuk dengan berbagai cara sehingga graf tersebut tidak memiliki perpotongan edge.
- b. Setiap graf planar yang dibentuk dengan algoritma Planarity pasti dapat digambarkan dengan struktur grid.
- c. Struktur grid memudahkan proses penyelesaian (Solve), karena membatasi kemungkinan bentuk graf planar tanpa perpotongan edge.
- d. Solver dengan pengacakan verteks menggunakan struktur grid akan membutuhkan waktu yang cukup lama, bergantung pada hasil acakan, dengan melihat ada tidaknya perpotongan pada graf hasil acakan.
- e. Jika level semakin tinggi, proses penyusunan graf hasil acakan menjadi graf planar tanpa perpotongan memerlukan waktu yang semakin lama, bahkan sampai tidak bisa diselesaikan oleh Solver, karena semakin kecil kemungkinan graf planar tersebut edgenya tidak saling berpotongan.

## 5.2. Saran

Hal yang dapat diterapkan untuk penyempurnaan aplikasi ini yaitu:

- a. Perlu adanya algoritma untuk mempercepat proses solving dalam grid, misalnya melakukan pertukaran ataupun pergeseran verteks penyebab perpotongan edge graf planar.
- b. Dimungkinkan adanya Planarity Solver menggunakan bentuk lain selain struktur grid, yang lebih efektif dan bisa menyelesaikan game dengan level yang lebih tinggi.

© UKDW

## DAFTAR PUSTAKA

- Adobe® Systems. *Programming ADOBE® ACTIONSCRIPT® 3.0*. (2008).  
California: Adobe Systems Inc.
- Agnarsson, Geir dan Greenlaw, Raymond. (2007). *Graph Theory: modeling, Applications, and Algorithms*. Upper Saddle River: Pearson Education, Inc.
- Chrobak, M., dan Payne, T. H. (1995). *A Linear-time Algorithm for Drawing a Planar Graph on a Grid*. California: University of California.
- Chung, Fan dan Radcliffe, Mary. (2011). *On the Spectra of General Random Graphs*, dalam *Electronic Journal of Combinatorics* 18(1). California: University of California.
- Denise, Alain; Vasconcellos, Marcio, dan Welsh, Dominic J. A. (1996). *The Random Planar Graph*.
- Gross, Jonathan L. *Graph Theory and Its Applications*. 2<sup>nd</sup>.ed. (1998). New York: CRC Press.
- Peters, Keith. (2007). *Foundation Actionscript 3.0 Animation: Make Things Move!* Berkeley: Apress.
- West, Douglas B. (2001). *Introduction to Graph Theory*. 2<sup>nd</sup>.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, Inc.