

Penerapan Teori Graf dan Kombinatorik pada Teknologi Sandi Masuk Terkini

13513021 – Erick Chandra¹

Program Sarjana Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13513021@std.stei.itb.ac.id

Abstrak — Mengamankan perangkat digital dapat dilakukan dengan berbagai cara. Cara yang paling sederhana adalah dengan membuat Nomor Identifikasi Pribadi atau lazimnya disebut sebagai *PIN* (*Personal Identification Number*). Seiring dengan perkembangan zaman, sandi masuk dibuat semakin aman dan kuat terhadap serangan pihak yang tidak bertanggung jawab. Salah satu cara mengamankan perangkat digital masa kini dapat dikembangkan dengan Teori Graf dan Kombinatorik.

Kata Kunci — Kata Sandi, *PIN*, Sandi Gambar, Sandi Lewat, Sandi Pola.

I. PENDAHULUAN

Dari zaman dahulu hingga sekarang, manusia selalu ingin mengamankan benda berharga milik sendiri. Alat yang paling sederhana yang digunakan pada masa lampau adalah gembok dan kunci. Gembok adalah sebagai alat pengaman supaya orang lain tidak dapat dengan mudah menjangkau milik kita, sedangkan kunci adalah sebagai alat pembuka pengaman tersebut. Hanya kunci yang bersesuaian yang dapat membuka gembok itu.

Sekarang, dunia telah berkembang pesat dan sudah lebih terarah ke dunia digital. Kebanyakan orang telah memanfaatkan perangkat elektronik untuk memudahkan pekerjaan bahkan menyimpan informasi dan data penting yang dapat digunakan pada kemudian hari. Akan tetapi, jika kita menyimpan data dalam perangkat elektronik tanpa pengaman, semua data yang tersimpan dapat dijangkau dengan mudah oleh orang lain hanya dengan membaca bilangan biner yang disimpan dan kemudian menerjemahkannya ke bahasa alami yang dapat dipahami manusia. Oleh karena itu, diperlukan cara yang mutakhir untuk mengamankan semua data penting atau rahasia. Pada kenyataannya, terdapat banyak sekali teknik untuk mengamankan data yang ada pada perangkat keras. Mulai dari tingkat keamanan yang paling rendah sampai ke yang paling tinggi.

Pada makalah ini, saya akan lebih membahas ke analisis terhadap cara pengamanan dengan menggunakan teknologi sandi masuk yang berupa *PIN*, pola graf, dan pola gambar. Ketiganya memanfaatkan Teori Graf dan/atau Kombinatorik.

II. DASAR TEORI

A. Teori Graf

Graf adalah struktur diskrit yang terdiri dari simpul dan busur, yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Notasinya adalah $G = (V, E)$, dengan keterangan V adalah himpunan yang tidak kosong dari simpul-simpul. $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$, sedangkan E adalah himpunan sisi-sisi yang menghubungkan sepasang simpul. $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$.

Simpul terdiri dari berbagai jenis.

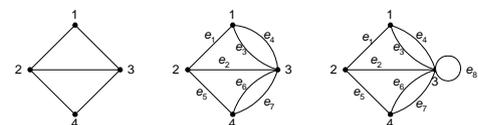
- Berdasarkan ada tidaknya kalang, graf dibagi menjadi:

1. Graf Sederhana

Graf sederhana adalah graf yang tidak mengandung kalang maupun sisi ganda. Contoh graf sederhana dapat dilihat di Gambar 1 (a).

2. Graf Tidak Sederhana

Graf tidak sederhana adalah graf yang mengandung sisi ganda atau kalang. Contoh graf tidak sederhana dapat dilihat di Gambar 1 (b) dan (c).



Gambar 1. (a) Graf sederhana, (b) Graf ganda, dan (c) Graf semu

Sumber: Munir, Rinaldi. 2008. "Diktat Kuliah IF 2091 Struktur Diskrit". Bandung: Program Studi Teknik Informatika STEI ITB.

- Berdasarkan arah pada sisi, graf dibedakan menjadi:

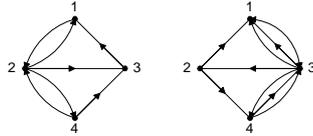
1. Graf Tidak Berarah

Graf tidak berarah adalah graf yang pada sisi-sisinya tidak memiliki anak panah (artinya tak berarah). Contoh graf tidak berarah adalah seperti pada Gambar 1 (a).

2. Graf Berarah

Graf berarah adalah graf yang pada sisi-sisinya terdapat anak panah yang

menunjukkan arah dari suatu simpul ke simpul yang lain. Contoh graf berarah dapat dilihat pada Gambar 2 (a) dan (b).



Gambar 2 (a) Graf berarah, (b) Graf ganda berarah

Munir, Rinaldi. 2008. "Diktat Kuliah IF 2091 Struktur Diskrit". Bandung: Program Studi Teknik Informatika STEI ITB.

Terminologi graf adalah sebagai berikut.

- a. Ketetangaan
Dua simpul dikatakan bertetangga jika keduanya terhubung secara langsung.
- b. Bersisian
Misalkan untuk sembarang sisi $e = (v_i, v_j)$, dapat dikatakan sisi e bersisian dengan simpul v_i atau sisi e bersisian dengan simpul v_k .
- c. Simpul Terpencil
Simpul terpencil adalah simpul yang sama sekali tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya.
- d. Graf Kosong
Graf kosong adalah graf yang sisinya adalah himpunan kosong. Dengan kata lain, pada graf tersebut simpul-simpul yang dimiliki graf tidak bertetangga satu sama lain.
- e. Derajat
Derajat suatu simpul adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.
- f. Lintasan
Lintasan adalah
- g. Siklus atau Sirkuit
Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut siklus atau sirkuit.
- h. Terhubung
Dua buah simpul v_1 dan v_2 disebut terhubung jika ada lintasan dari v_1 ke v_2 .

B. Teori Kombinatorik

1. Teori Pengisian Sel (*Filling Slots*)

Teori Pengisian Sel adalah cara untuk menghitung banyaknya objek yang dapat dibuat dengan mengisi kotak-kotak yang masih tersedia dengan banyaknya jenis objek yang diperbolehkan. Kemudian, setelah semua kotak telah terisi, kalikan satu per satu kotak yang ada. Hasil dari perhitungan adalah perkalian dari semua kotak-kotak itu. Ilustrasinya adalah sebagai berikut.

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline \end{array}$$

$$n = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 = 120$$

2. Permutasi

Permutasi adalah jumlah urutan berbeda dari

penyusunan objek-objek dan merupakan bentuk khusus aplikasi dari kaidah perkalian. Permutasi r dari n elemen dapat dihitung dengan cara $P(n, r)$

$$= n \cdot (n - 1) \cdot (n - 2) \cdot \dots \cdot (n - (r - 1))$$

$$= \frac{n!}{(n-r)!}$$

3. Kombinasi

Kombinasi adalah bentuk khusus dari permutasi. Pada kombinasi, urutan penyusunan kemunculan diabaikan. Notasi kombinasi adalah $C(n, r)$, yang sering dibaca "dari n buah objek diambil r buah". Kombinasi r elemen dari n elemen, atau $C(n, r)$, adalah jumlah pemilihan tidak terurut r elemen yang diambil dari n buah elemen. Kombinasi r dari n elemen dapat dihitung dengan cara $C(n, r) = \frac{n!}{(n-r)! \cdot r!}$. Ini mirip dengan cara hitung permutasi, hanya, karena urutan penyusunan tidak diperhatikan, permutasi tersebut harus dibagi lagi sebanyak $r!$ seperti yang telah ditulis sebelumnya.

C. Jenis-jenis Sandi Masuk pada Dunia Nyata

Pada dunia nyata, terdapat beberapa macam teknik sandi lewat yang berhubungan dengan Teori Graf dan/atau Kombinatorik, yakni

1. Nomor Identifikasi Pribadi (*PIN*)

PIN adalah nomor rahasia yang diketahui oleh pengguna dan sistem pengaman saja. Biasanya, *PIN* diminta minimal sekitar 4 s.d. 6 buah nomor. *PIN* sering digunakan sebagai sandi lewat di perbankan, verifikasi transaksi, pengunci tombol dan layar ponsel pintar, dll. Lihat Ilustrasi 1.



Ilustrasi 1. Pemasukan PIN

2. Kata Sandi

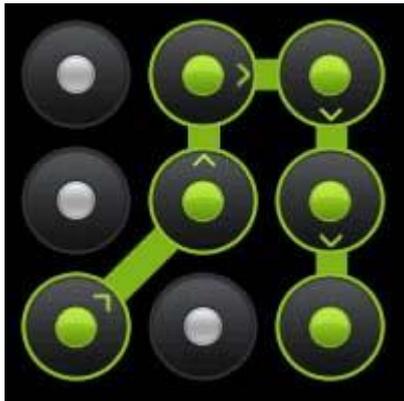
Sesuai dengan namanya, "kata" sandi adalah kombinasi dari karakter-karakter yang dapat titik dari papan tik yang terhubung ke sistem komputasi. Karakter-karakter tersebut dapat berupa angka, alfabet, dan bahkan simbol-simbol khusus seperti tanda baca. Kekuatan kata sandi tentu lebih tinggi daripada *PIN* yang hanya menerima masukan angka. Biasanya, kata sandi disarankan memiliki panjang paling sedikit 8 buah karakter. Kadang kala, untuk berbagai macam alasan keamanan, sistem mewajibkan kita untuk mengombinasikan alfabet kecil, alfabet besar, angka, dan simbol. Pada kenyataannya, kata sandi digunakan untuk masuk ke akun pribadi suatu jaringan. Yang lebih umumnya lagi, kata sandi dipakai sebagai kunci untuk *login* ke komputer, *unlock* ponsel pintar, dsb. Lihat Ilustrasi 2.



Ilustrasi 2. Pemasukan Kata Sandi

3. Sandi Pola

Sandi pola merupakan cara yang baru bagi sebuah sistem untuk memverifikasi. Berbeda dengan PIN dan kata sandi, sandi pola menyediakan sejumlah simpul yang telah tersusun rapi untuk pengguna. Pengguna cukup memberikan pola berupa garis terhubung untuk simpul-simpul tersebut. Kemudian pola yang telah pengguna masukkan dicatat oleh sistem sebagai graf terarah. Jenis penerapan sandi pola telah diadopsi oleh sistem operasi ponsel pintar, yaitu *Android OS*. Contoh sandi pola dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sandi Pola pada Sistem Operasi Android

Sumber: <http://www.2x.com/wp-content/uploads/2011/12/How-To-Secure-Your-Android-Device.jpg>, diakses tanggal 7 Desember 2014 pukul 18.00 WIB

4. Sandi Gambar

Sandi gambar sangat mirip dengan sandi pola, memiliki pola yang disimpan sebagai graf terarah oleh sistem. Akan tetapi, yang membedakan adalah, pada sandi gambar, selain menerapkan graf, ia juga memadukan teknik kombinatorik yang lebih menyusahkan para penyerang untuk membajak akun pengguna. Ketika pengguna ingin mengatur sandi gambar, pertama-tama sistem memberi kebebasan pada pengguna untuk memilih sendiri gambar yang akan digunakan sehingga memudahkan pengguna (manusia) untuk mengingat letak goresan-goresannya. Kemudian, sistem akan menerima goresan yang bertepatan pada letak gambar tersebut. Tidak hanya goresan berarah lurus yang diterima, tetapi goresan berupa kalang sempurna juga diterima oleh sistem. Ini menambah kekuatan sandi lewat. Pada saat ini, yang menerapkan sandi gambar salah satunya adalah sistem operasi *Windows 8* dan/atau versi yang lebih tinggi dan digunakan pada saat

pengguna ingin masuk ke akun pribadinya. Sebagai ilustrasi sandi gambar, Anda dapat melihat Gambar 4.



Gambar 4. Sandi Gambar pada Sistem Operasi Windows 8.1

III. ANALISIS SANDI LEWAT YANG MEMANFAATKAN TEORI GRAF DAN/ATAU KOMBINATORIK

A. Penggunaan PIN

Untuk sandi lewat yang menggunakan PIN, mayoritas adalah menggunakan Teori Kombinatorik. Kupan dan penjelasannya adalah sebagai berikut.

Pada umumnya PIN yang diminta adalah sebanyak 4 buah angka saja sehingga asumsi yang digunakan untuk menghitung banyaknya PIN yang dapat diproduksi adalah sepanjang 4 buah angka. Angka adalah karakter '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', dan '9'. Banyaknya jenis angka yang diterima adalah sebanyak 10 buah dan boleh dipakai berulang kali tanpa batas.

Sesuai dengan Teori Kombinatorik, khususnya Teori Pengisian Sel, PIN ini dapat dibangkitkan sebanyak n^r , dengan n adalah banyaknya jenis karakter yang diterima, dan r adalah banyaknya angka yang diterima untuk menjadi PIN. Sehingga, $n^r = 10^4 = 10000$ buah PIN.

B. Penggunaan Kata Sandi

Kata sandi yang sering digunakan sekarang adalah yang memiliki panjang minimal 8 buah karakter. Karakter harus dalam alfabet (baik huruf kecil maupun huruf besar), angka, dan simbol-simbol khusus. Pada kata sandi, yang digunakan adalah Teori Kombinatorik juga.

Untuk menghitung jumlah kata sandi yang dapat dibangkitkan, kita perlu asumsi. Anggapan yang digunakan adalah, alfabet dan angka yang dimasukkan dalam perhitungan sesuai dengan penjelasan paragraf sebelumnya, dan simbol-simbol yang digunakan adalah karakter yang lazim terdapat pada papan tik standar, yakni ~, ` , ! , @ , # , \$, % , ^ , & , * , (,) , - , _ , = , + , [,] , { , } , | , \ , / , ? , ' , " , ; , : , , , . , < , dan > . Banyaknya adalah 32 buah. Jumlah karakter total yang diterima adalah yang minimal, yaitu 8 buah karakter.

Setelah itu, kita hitung banyaknya sandi lewat yang dapat dibangkitkan sesuai dengan asumsi dengan menggunakan Teori Kombinatorik, khususnya Teori

Pengisian Sel. Sebelumnya, kita perlu menghitung banyaknya jenis karakter yang diterima, yaitu n . n = banyaknya karakter angka + banyaknya karakter alfabet (huruf besar dan kecil) + banyaknya simbol. Sehingga,

$$n = 10 + (2 \times 26) + 32 = 94$$

Maka, seluruh kata sandi yang dapat dibangkitkan adalah

$$n^r = 94^8 \approx 6.096 \times 10^{15}$$

C. Penggunaan Sandi Pola

Untuk sandi pola, banyaknya pola yang dapat dibangkitkan dapat dihitung dengan menggunakan paduan Teori Graf dan Kombinatorik. Tetapi, sekarang, tidak ada lagi masukan karakter dari papan tik, melainkan garis saja.

Untuk mengalkulasi, kita perlu membuat asumsi bahwa simpul tersebut hanya dapat dilalui sekali dan untuk menghubungkan simpul tersebut dari awal sampai akhir, harus sekali jalan (tidak boleh terputus di tengah penghubungan garis). Pada keadaan nyata yang sering kita temukan adalah sebanyak 9 buah simpul. Tetapi, untuk tujuan analisis, perhitungan yang dilakukan adalah untuk jumlah simpul dari 2 buah sampai dengan 4 buah.

Untuk $v = 2$, diperoleh 2 buah kemungkinan sandi pola yang dapat dibuat, yaitu satu berarah dari v_1 ke v_2 , dan yang satunya lagi berarah dari v_2 ke v_1 .

Untuk $v = 3$, diasumsikan letak ketiga simpul adalah tidak segaris. Maka, jika ketiga simpul dilewati, diperoleh jumlah sandi pola yang dapat dibangkitkan adalah $3 \cdot 2 + 3 \cdot 2 = 12$ buah. Apabila dijumlahkan dengan yang hanya memakai 2 dari 3 buah simpul, diperoleh $12 + 3 \cdot 2 = 18$ buah.

Untuk $v = 4$, diasumsikan letak keempat simpul adalah tidak segaris. Maka, jika keempat simpul dilewati, diperoleh jumlah sandi pola yang dapat dibangkitkan adalah $4 \cdot 2 + 4 \cdot 2 + 4 \cdot 2 + 4 \cdot 2 = 32$ buah. Apabila dijumlahkan dengan yang tidak memakai keempat simpul semuanya, diperoleh $32 + 4 \cdot 18 + 4 \cdot 2 \cdot 2 = 120$ buah.

Cara perhitungan di atas adalah dengan mendaftar semua kemungkinan pola yang dapat dibuat, kemudian dikali 2 karena graf tersebut berarah. Sehingga, untuk $v > 4$, dapat dibayangkan jumlah pola yang dapat dibuat oleh pengguna dapat bertambah berkali lipat secara dramatis.

D. Penggunaan Sandi Gambar

Sandi gambar termasuk teknik yang sangat baru di dunia teknologi keamanan. Cara kerja verifikasi dengan sandi gambar dapat dianalisis dan diuraikan sebagai berikut.

Teknik pengenalan pola pada gambar tersebut diasumsikan menggunakan petak-petak daerah yang sama ukurannya dan membagi secara semu gambar tersebut menjadi beberapa bagian. Kemudian, petak-petak tersebut diterjemahkan sebagai simpul-simpul. Khusus untuk kasus sandi gambar, dengan sengaja sistem memperbolehkan garis atau kalang yang dibuat boleh terputus. Akan tetapi, setiap kali putus dihitung sebagai satu kali memasukkan pola dan masukan selanjutnya akan diterjemahkan sebagai

graf setelahnya.

Agar dapat lebih mudah memahaminya, asumsikan bahwa petak yang digunakan adalah sebanyak 9 petak, yang tersusun dengan baris \times kolom-nya adalah 3×3 . Kemudian, anggapan tambahannya adalah masukan dapat berupa garis (dari satu daerah petak ke daerah yang lain) dan dapat berupa kalang (dengan cara membuat lintasan dari suatu petak daerah, kemudian kenakan pada beberapa daerah lain dan pada akhirnya harus kembali pada daerah asalnya). Selanjutnya, hanya dibatasi 3 buah masukan goresan. Untuk perhitungannya, kita dapat menjumlahkan semua kemungkinan pola yang dimasukkan pada daerah petak.

Untuk goresan garis, dapat dilakukan sebanyak $C(9,2) = \frac{9!}{(9-2)! \cdot 2!} = 36$ kemungkinan. Digunakan kombinasi karena petaknya berjumlah 9 buah dan kita ingin menghubungkan 2 buah petak. Ibarat mengambil 2 buah objek dari 9 buah objek dari keseluruhan yang ada. Karena graf yang digunakan adalah berarah, jumlah kemungkinan menjadi $2 \times 36 = 72$ buah kemungkinan pola graf.

Untuk goresan kalang, dapat dilakukan sebanyak 4 kalang kecil + 1 kalang besar = 5 kalang. Kalang diasumsikan harus bulat sempurna (bukan berbentuk seperti elips) sehingga perhitungannya adalah pada petak-petak yang membentuk persegi. Kemudian, seperti yang sebelumnya, kita perlu mengalikan kemungkinan dari graf berarah, sehingga pada akhirnya didapat $2 \times 5 = 10$ kalang secara keseluruhan.

Untuk semua kemungkinan dari 3 buah langkah, dapat dipilih secara bebas untuk masing-masing langkah menggunakan goresan garis atau kalang. Sehingga diperoleh jumlah keseluruhannya, sesuai dengan prinsip Pengisian Sel, adalah $(72 + 10)^3 = 551368$ buah kemungkinan sandi gambar.

IV. KEUNGGULAN DAN KELEMAHAN MASING-MASING TEKNIK SANDI LEWAT

A. PIN

Pada penerapan dalam bentuk *PIN*, sebelumnya pada bagian analisis, didapat bahwa kombinasi sandi yang dapat dibangkitkan adalah tergolong sedikit sehingga mempermudah penyerang untuk melakukan aksi pembajakan. Keunggulan sandi lewat yang menggunakan *PIN* adalah bahwa sandi yang menggunakan angka saja cenderung lebih mudah diingat oleh pengguna, dengan batasan panjang nomornya tidak terlalu banyak. Sebagai akibatnya, nomor-nomor itu menjadi rentan dibajak. Apalagi bila pengguna menggunakan tanggal lahir atau nomor rumah atau nomor telepon sebagai *PIN*-nya. Ada baiknya, untuk meningkatkan kekuatan sandi, sangat disarankan tidak menggunakan nomor yang dapat dijangkau oleh pihak lain. Akan tetapi, dipandang dari sisi yang lain, misalnya di perbankan, Mesin Anjungan Tunai Mandiri menggunakan sistem *PIN* karena

untuk memudahkan nasabah untuk segera melakukan transaksi. Adapun keamanan yang harus ditambahkan yaitu dengan memasang *alarm* dan kamera tersembunyi serta mengupahi petugas keamanan.

B. Kata Sandi

Setelah dianalisis, kata sandi ternyata lebih kuat daripada metode *PIN*. Didapat bahwa dengan kombinasi angka, alfabet, dan simbol saja sudah memberikan bangkitan sandi yang melimpah banyaknya. Kelebihan menggunakan metode Kata Sandi adalah mempersulit penyerang untuk melakukan pembajakan karena kombinasi yang harus dicoba terlalu banyak (jika menggunakan metode *brute-force*). Kekurangannya adalah pengguna dapat dengan mudah lupa dengan sandinya sendiri sehingga mempersulit proses verifikasi. Selain itu, dalam sudut pandang yang berbeda, pengguna sering tidak mengikuti saran untuk pembuatan kata sandi yang kuat. Pengguna cenderung menggunakan sebuah patah kata untuk membuat kata sandi, misalnya dengan nama orang, nama jalan, atau bahkan nama penggunanya sendiri. Beberapa pengguna yang lain cenderung menggunakan angka saja untuk mempermudah mengingat *PIN* dan kata sandinya sekaligus.

C. Sandi Pola

Sandi Pola cocok digunakan untuk perangkat masukan yang menggunakan teknologi layar sentuh. Keunggulannya ada pada kekuatan sandi terhadap penyerangan karena pada sandi pola, sistem hanya menerima masukan dari layar (sentuh) sehingga para penyerang tidak dapat lagi menggunakan mesin atau alat komputer untuk membajak dengan cara memasukkan karakter-karakter. Selain itu, sandi tersebut sangat sulit untuk diberi tahu secara lisan. Sedangkan, kekurangannya adalah jika sensitivitas layar sentuhnya kurang, akan mempersulit pengguna untuk memasukkan pola. Pengguna juga tidak diperbolehkan menggambar pola secara terputus atau terpisah.

D. Sandi Gambar

Penggunaan Sandi Gambar juga sangat cocok untuk perangkat yang memiliki fungsi layar sentuh atau yang memiliki penunjuk atau tetikus. Keunggulan dari sandi gambar adalah bahwa kemungkinan yang dihasilkan dari pola yang dapat dibangkitkan adalah sangat banyak. Biasanya para pemrogram membuat petak-petak daerah yang lebih banyak lagi untuk menambah detil dari goresan serta meningkatkan keamanan sandi tersebut. Dapat dilihat bahwa dari 9 buah petak saja dapat dibangkitkan sekitar setengah juta buah sandi. Jika petaknya lebih banyak, kemungkinan sandinya bertambah berkali lipat. Kekurangannya adalah ketika pengguna

memasukkan pola pada gambar, kadang kala tidak terlalu tepat pada posisinya sehingga menimbulkan galat pada sistem pada saat membaca. Salah satu penyebabnya juga adalah jari yang besar. Oleh karena itu, pemrogram juga harus memperhatikan petak-petak daerah yang dirancang supaya tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil.

V. KESIMPULAN

Setelah menganalisis dan mengupas segala keunggulan dan kelemahan masing-masing teknik sandi lewat yang menggunakan Teori Graf dan Kombinatorik, dapat disimpulkan bahwa teknik berdasarkan urutan keamanan (dengan kemungkinan pembangkitan sandi) paling tinggi sampai dengan yang paling rendah adalah Sandi Gambar, Sandi Pola, Kata Sandi, dan *PIN*. Akan tetapi, pada dunia nyata, semua penggunaan teknik-teknik ini masih tetap ada karena pertimbangan terhadap aspek kemudahan untuk pengguna yang harus terjaga.

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala yang diberikan-Nya sehingga makalah ini dapat selesai tepat waktu. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya yang telah membesarkan dan mendidik saya sehingga saya dapat menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Bandung. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen-dosen mata kuliah IF2120 tercinta, yaitu Bapak Dr. Ir. Rinaldi Munir dan Ibu Dra. Harlili, M.Sc. atas segala ilmu yang telah dibagikan melalui mata kuliah ini sehingga saya mampu menyelesaikan makalah ini. Saya juga ingin berterima kasih kepada teman-teman seperjuangan saya atas semangat dan dukungan yang diberikan selama penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munir, Rinaldi. "Diktat Kuliah IF2120 Matematika Diskrit", edisi keempat, Program Studi Teknik Informatika STEI ITB, 2006.
- [2] Kenneth H. Rosen. "Discrete Mathematics and Its Application", 7th Edition, Mc Graw-Hill, New York, 2012.
- [3] "Personalize your PC - Windows Tutorial", URL: <http://windows.microsoft.com/en-id/windows-8/personalize-pc-tutorial>, diakses tanggal 7 Desember 2014 pukul 11.00 WIB.
- [4] "How to Enable PINs, Passwords and Pattern Locks on Android", URL: http://www.tomsguide.com/us/pin-pattern-locks-android_news-17756.html, diakses tanggal 7 Desember 2014 pukul 11.30 WIB.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 7 Desember 2013



Erick Chandra
NIM: 13513021