

Aplikasi Hamiltonian Path Pada Sistem Keamanan Telepon Pintar Berbasis Pattern Code

Luthfi Fadillah - 13515072

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

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

13515072@std.stei.itb.ac.id, luthfi.fadillah@yahoo.co.id

Abstrak—Keamanan adalah hal penting dalam hidup seseorang, karena setiap orang membutuhkan ‘ruang pribadi’ dalam hidupnya. Salah satu bentuk fisik ‘ruang pribadi’ tersebut adalah telepon genggam / telepon pintar untuk saat ini, karenanya telepon genggam yang dimiliki seseorang haruslah aman. Salah satu bentuk sistem keamanan yang dimiliki telepon genggam saat ini adalah sandi pola (*Pattern Code*). Sandi pola adalah jenis sandi yang menuntut pengguna untuk memasukkan pola tertentu yang sesuai dengan pola yang sudah diatur sebelumnya agar menjadi bukti otentikasi pengguna. Sandi pola yang baik haruslah mengikuti salah satu turunan ilmu dari teori graf, yaitu lintasan Hamilton (*Hamiltonian Path*) serta memperhatikan tingkat kerumitan pola yang dibuat.

Kata Kunci—Graf, Lintasan Hamilton, Pola, Sandi Pola, Sistem Keamanan.

I. PENDAHULUAN

Hak adalah kekuasaan untuk berbuat sesuatu (karena telah ditentukan oleh undang-undang, aturan, dan sebagainya) [1]. Salah satu hak yang termasuk kedalam Hak Asasi Manusia (HAM) adalah hak untuk merasa aman. Hal tersebut sudah tercantum dalam UUD 1945 Pasal 28G serta UU No.39 Tahun 1999 Pasal 28 s/d Pasal 35.

Aman sendiri berarti terlindung atau tersembunyi [2]. Keamanan, khususnya bagi diri sendiri, merupakan hal penting dalam hidup seseorang karena setiap orang memerlukan ‘ruang pribadi’ dalam hidupnya. ‘Ruang’ tersebut haruslah aman, sehingga tidak sembarangan orang dapat masuk kedalamnya. Jika tidak, maka akan menimbulkan ‘kebocoran’ informasi yang dapat dimanfaatkan oleh orang-orang tidak bertanggung jawab. Akibat dari ‘kebocoran’ informasi tersebut beragam, seperti penjualan informasi rahasia milik korban tanpa izin, serta tindak pemerasan (*blackmailing*) dengan ancaman berupa informasi rahasia milik korban.

Salah satu bentuk fisik ‘ruang pribadi’ tersebut ada pada telepon genggam (*handphone*). Telepon genggam pada saat ini telah menjadi ‘ruang pribadi’ bagi sebagian besar orang. Berbagai macam cara, baik dari pihak pengembang telepon genggam, pihak pengembang aplikasi, maupun pihak pengguna sendiri, dilakukan agar

telepon genggam yang digunakan dapat dikatakan aman. Salah satu bentuk pengamanannya adalah penggunaan kata sandi (*password*).

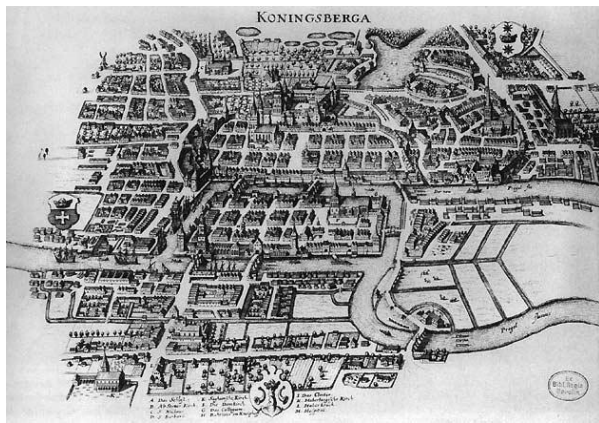
Kata sandi adalah sebuah kata rahasia yang digunakan sebagai tanda pengenal bagi seseorang [3]. Kata sandi dalam telepon genggam telah berkembang pesat, dari yang dahulu berupa kumpulan huruf dan angka, sekarang telah menjadi model kata sandi yang dapat digunakan, seperti menggunakan sebuah pola yang digambar oleh pengguna (*pattern code*) atau sistem pengenalan sidik jari (*fingerprint recognition*). Pada makalah ini, akan dibahas tentang aplikasi salah satu turunan teori graf, yaitu *Hamiltonian path*, pada penggunaan kata sandi berupa *pattern code* yang sering terdapat pada telepon pintar (*smartphone*).

II. TEORI DASAR

A. Graf

Graf adalah salah satu struktur matematika yang digunakan untuk memodelkan relasi antar objek. Suatu graf terdiri dari satu atau lebih simpul (*vertices*) yang dihubungkan dengan sisi (*edges*) untuk menyatakan relasi antar simpul.

Teori graf berawal dari tulisan yang dibuat oleh Leonhard Euler berjudul “*Seven Bridges of Königsberg*” yang diterbitkan pada tahun 1736. Tulisan tersebut merupakan tulisan pertama tentang graf dalam sejarah teori graf [4]. Tulisan tersebut berisi sebuah permasalahan yang terdapat di kota Königsberg, sebelah timur Prussia (sekarang Jerman). Terdapat sebuah sungai yang membelah kota Königsberg menjadi 4 bagian yang dihubungkan dengan 7 buah jembatan. Permasalahan yang timbul adalah: apakah mungkin melalui seluruh jembatan masing-masing sekali, dan kembali ke tempat semula?. Euler menjawab permasalahan tersebut melalui tulisannya, dan masalah tersebut adalah masalah pertama yang dipecahkan menggunakan teori graf.



Gambar 1 Peta Kota Königsberg pada Tahun 1651, Sumber : [5]

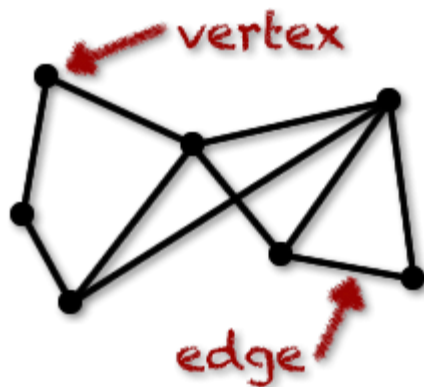
Secara matematis, sebuah graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V,E) , yang dalam hal ini:

V = himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul (*vertices* atau *node*) = $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

dan

E = himpunan sisi (*edges* atau *arcs*) yang menghubungkan sepasang simpul = $\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$

atau dapat ditulis singkat notasi $G = (V,E)$ [6]. Definisi tersebut menyatakan bahwa V tidak boleh kosong, sedangkan E boleh kosong. Jadi, sebuah graf dimungkinkan tidak mempunyai sisi satu buah pun, tetapi simpulnya harus ada (minimal satu). Graf yang seperti ini dinamakan **graf trivial** [6].



Gambar 2 Graf, Sumber : [7]

A.1 Jenis Graf

Jenis graf berdasarkan ada tidaknya gelang (*loop*, sisi yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama) atau sisi ganda (*multiple edges*, 2 sisi yang menghubungkan 2 simpul yg sama), yaitu :

1. **Graf sederhana** (*simple graph*), yaitu graf yang tidak mengandung gelang maupun sisi ganda.
2. **Graf tak sederhana** (*unsimple graph*), yaitu graf

yang mengandung sisi ganda (disebut graf ganda/*multigraph*) atau gelang (disebut graf semu/*pseudograph*).

Jenis graf berdasarkan jumlah simpul pada suatu graf, yaitu :

1. **Graf berhingga** (*limited graph*)
2. **Graf tak berhingga** (*unlimited graph*)

Jenis graf berdasarkan orientasi arah pada sisi, yaitu :

1. **Graf tak berarah** (*undirected graph*), yaitu graf yang tidak memiliki arah pada sisinya
2. **Graf berarah** (*directed graph*), yaitu graf yang memiliki arah pada sisinya.

A.2 Terminologi Dasar Graf

Beberapa terminologi (istilah) dasar yang sering dipakai ketika membicarakan graf, yaitu :

1. Bertetangga (*Adjacent*)

Dua buah simpul pada graf tak-berarah G dikatakan bertetangga bila keduanya terhubung langsung dengan sebuah sisi.

2. Bersisian (*Incident*)

Untuk sembarang sisi $e = (v_j, v_k)$, sisi e dikatakan bersisian dengan simpul v_j dan simpul v_k [6].

3. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)

Simpul terpencil adalah simpul yang tidak satupun bertetangga dengan simpul lainnya.

4. Graf Kosong (*Empty Graph*)

Graf kosong adalah graf yang himpunan sisinya merupakan himpunan kosong.

5. Derajat (*Degree*)

Derajat suatu simpul pada graf tak berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut. Pada graf berarah, derajat simpul v dinyatakan dengan $d_{in}(v)$ (derajat masuk) dan $d_{out}(v)$ (derajat keluar), dan

$$d(v) = d_{in}(v) + d_{out}(v) \text{ [6]}$$

6. Lintasan (*Path*)

Lintasan yang panjangnya n dari simpul awal v_0 ke simpul tujuan v_n di dalam graf G ialah barisan berselang-seling simpul-simpul dan sisi-sisi yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, v_2, \dots, v_{n-1}, e_n, v_n$ sedemikian sehingga $e_1 = (v_0, v_1)$, $e_2 = (v_1, v_2), \dots, e_n = (v_{n-1}, v_n)$ adalah sisi-sisi dari graf G [6].

7. Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)

Lintasan yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut sirkuit atau siklus.

8. Terhubung (*Connected*)

Dua buah simpul dikatakan terhubung jika terdapat lintasan diantara kedua simpul tersebut.

9. Upagraf (*Subgraph*)

Upagraf adalah graf yang merupakan himpunan bagian dari suatu graf utuh.

10. Upagraf Merentang (*Spanning Subgraph*)

Upagraf merentang adalah upagraf yang memiliki semua simpul dari graf utuh.

11. Cut-set

Cut-set dari graf terhubung G adalah himpunan sisi yang bila dibuang dari G menyebabkan G tidak terhubung.

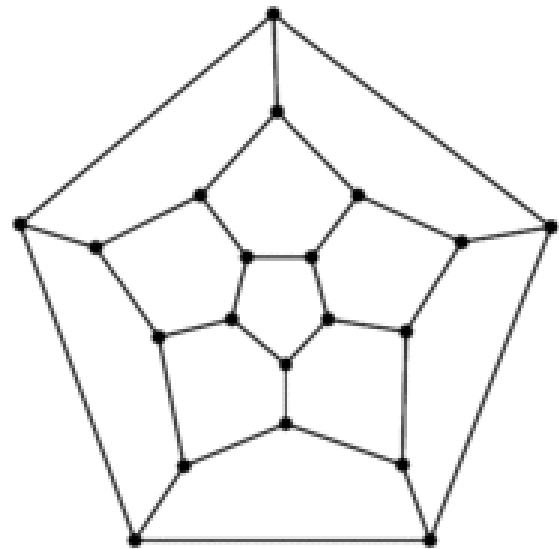
12. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)

Graf berbobot adalah graf yang setiap sisinya memiliki nilai (bobot).

B. Hamiltonian Path

Lintasan Hamilton (*Hamiltonian Path*) merupakan salah satu turunan ilmu dalam teori graf. Lintasan Hamilton adalah lintasan pada graf berarah maupun graf tak berarah yang mengunjungi setiap simpul pada graf tepat satu kali. Sirkuit Hamilton (*Hamiltonian Circuit*) adalah lintasan Hamilton yang membentuk sirkuit atau siklus. Suatu graf yang mempunyai sirkuit Hamilton disebut graf Hamilton (*Hamiltonian Graph*), sedangkan graf yang hanya mempunyai lintasan Hamilton disebut graf semi-Hamilton (*Semi-Hamiltonian Graph*).

Lintasan Hamilton berawal dari sebuah permainan matematika bernama *Icosian Game* (atau dikenal dengan *Hamilton's Puzzle*) yang diciptakan oleh William Rowan Hamilton pada tahun 1857 [8]. Tujuan dari permainan tersebut adalah untuk mencari sirkuit Hamilton pada struktur *dodecahedron*. Solusi dari permainan tersebut mengandung 20 (*icosa*¹) sisi yang membentuk sirkuit Hamilton.



(a)



(b)

Gambar 3 (a) Struktur graf Dodecahedron, dan (b) Salah satu solusi Hamilton's Puzzle, solusi yang didapat berbentuk seperti sirkuit Hamilton, Sumber : [9]

Terdapat beberapa cara untuk melihat apakah pada suatu graf memiliki lintasan Hamilton atau sirkuit Hamilton, salah satunya adalah dengan melihat karakteristik derajat pada simpul-simpul suatu graf. Salah satu Teorema yang melihat hal tersebut saat ini adalah Teorema Chvátal pada tahun 1972, yang merupakan hasil generalisasi dari Teorema Dirac (1952) dan Teorema Ore (1960).

1. Teorema Chvátal (1972)

Teorema Chvátal berbunyi “sebuah graf G dengan urutan derajat $d_1 \leq \dots \leq d_n$ memiliki sirkuit Hamilton jika $d_1 \geq i + 1$ atau $d_{n-i} \geq n - i \quad \forall i < n/2$ ” [10].

2. Teorema Dirac (1952)

¹ 20, bahasa Yunani.

Teorema Dirac berbunyi “graf sederhana dengan n simpul ($n \geq 3$) adalah graf Hamilton jika setiap simpul mempunyai derajat $\geq n/2$ ”.

3. Teorema Ore (1960)

Teorema Ore berbunyi “sebuah graf dengan n simpul ($n \geq 3$) adalah graf Hamilton jika, untuk setiap pasangan dari simpul-simpul yang tidak bertetangga, jumlah dari derajat simpul-simpul tersebut $\geq n$ ”.

Graf lengkap adalah graf Hamilton. Untuk graf berarah, terdapat teorema-teorema untuk membuktikan adanya graf Hamilton pada suatu graf berarah.

1. Teorema Ghouila-Houiri (1960)

Teorema Ghouila-Houiri berbunyi “sebuah graf berarah sederhana yang terhubung kuat (strongly connected) dengan n simpul adalah graf Hamilton jika setiap simpul mempunyai derajat penuh $\geq n$ ” [10].

2. Teorema Meyniel (1973)

Teorema Meyniel berbunyi “sebuah graf berarah sederhana yang terhubung kuat dengan n simpul adalah graf Hamilton jika jumlah derajat penuh dari setiap pasangan dari simpul-simpul tidak bertetangga yang berbeda $\geq 2n - 1$ ” [11].

B. Pattern Code

Sandi pola (*Pattern Code*) merupakan salah satu jenis sistem keamanan pada telepon pintar saat ini. Sandi pola adalah jenis sandi yang menuntut pengguna untuk menggambarkan suatu pola sebagai tanda pengenalan bagi orang tersebut. Sandi pola termasuk jenis sistem pengamanan tingkat menengah, dikarenakan jumlah kombinasi pola yang mungkin untuk sandi tersebut lebih sedikit dibandingkan menggunakan PIN (*Personal Identification Number*²) atau *password*. Terdapat banyak jenis sandi pola, namun yang paling umum digunakan adalah sandi pola dengan 9 titik (*dot*). Sandi pola dengan 9 titik mengharuskan pengguna menggambarkan suatu pola pada 9 titik dengan cara menghubungkan titik-titik tersebut. Untuk mengaktifkan fitur tersebut, pengguna dapat masuk ke menu Settings - Lock Screen - Screen Lock - Pattern.

² PIN atau *Personal Identification Number* adalah sandi yang berbentuk numerik yang digunakan untuk mengotentikasi pengguna ke suatu sistem.



Gambar 4 (kiri) Sandi Pola dengan 9 Titik, dan (kanan) Salah satu contoh gambar pola yang dapat dibentuk, Sumber : [12]

Terdapat beberapa peraturan untuk membentuk gambar pola agar dapat digunakan sebagai sandi. Peraturan tersebut, yaitu :

1. Pengguna harus membentuk pola dengan menggunakan paling sedikit 4 titik dari 9 titik yang ada.
2. Setiap titik hanya dapat dilalui tepat sekali.
3. Pengguna dapat memulai untuk membentuk suatu pola dari titik manapun.
4. Pola harus terhubung.
5. Tidak diperbolehkan membentuk siklus.
6. Jika ingin dihubungkan ke titik yang mengharuskan melewati titik lain, maka titik yang dilewati harus lebih dulu dilewati sebelumnya (berada pada bagian pola).

Dengan peraturan tersebut, dapat dibentuk gambar pola sebanyak :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Pola} &= \text{jumlah pola 4 titik} + \text{jumlah pola 5 titik} \\ &+ \text{jumlah pola 6 titik} + \text{jumlah pola 7 titik} + \text{jumlah pola 8 titik} \\ &+ \text{jumlah pola 9 titik} = 1.624 + 7.152 + 26.016 + 72.912 \\ &+ 140.704 + 140.704 = 389.112 \text{ pola [13]} \end{aligned}$$

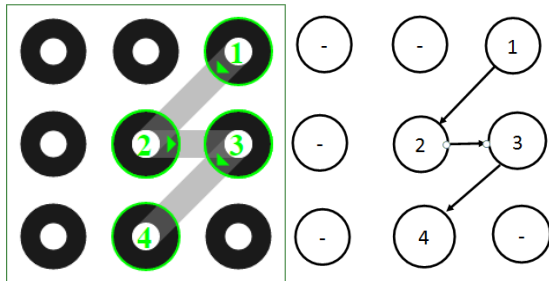
Selain sandi pola dengan 9 titik, terdapat beragam jenis sandi pola lain yang dapat diunduh via *Store*. Pada makalah ini akan dibahas untuk jenis sandi pola dengan 9 titik saja, dikarenakan jenis sandi pola ini sudah menjadi fitur yang umum dimiliki oleh telepon pintar saat ini.

III. APLIKASI

A. Hubungan antara Hamiltonian Path dengan Pattern Code

Jika diperhatikan kembali pada peraturan dalam membuat gambar pola, dapat dilihat bahwa ada beberapa peraturan yang mirip dengan lintasan Hamilton, yaitu peraturan nomor 2 (Setiap titik hanya dapat dilalui tepat sekali) dan nomor 5 (Tidak diperbolehkan membentuk siklus). Hal ini sesuai dengan ciri-ciri lintasan Hamilton

yang mengharuskan setiap simpul hanya dapat dilalui tepat sekali dan tidak membentuk siklus (bukan sirkuit Hamilton). Oleh karena itu, sandi pola dapat direpresentasikan dengan menggunakan graf. Pada sandi pola, titik-titik tersebut dapat direpresentasikan sebagai simpul-simpul pada graf, sedangkan garis yang menghubungkan titik-titik dapat direpresentasikan sebagai sisi pada graf. Jenis graf yang paling cocok untuk representasi sandi pola adalah jenis graf berarah, dikarenakan sandi pola hanya dapat bergerak sekali jalan dan tidak dapat bergerak mundur.



Gambar 5 (kiri) Contoh gambar pola dengan 4 titik, dan (kanan) representasi dari gambar pola dengan graf, angka pada simpul menyatakan urutan titik-titik yang dikunjungi, tanda '-' menyatakan bahwa simpul tersebut tidak memiliki sisi kedalam maupun keluar (derajat = 0), Sumber : Dokumentasi Pribadi.

B. Kondisi Pattern Code dan Representasinya

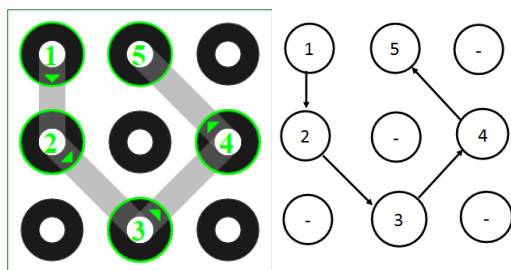
Terdapat beberapa macam kondisi yang dapat digambarkan dengan sandi pola berdasarkan jumlah titik yang digunakan. Berikut adalah kondisi-kondisi saat menggambar sandi pola beserta representasinya menggunakan graf.

1. Sandi pola 4 titik

Contoh sandi pola dan representasinya dapat dilihat pada Gambar 5.

2. Sandi pola 5 titik

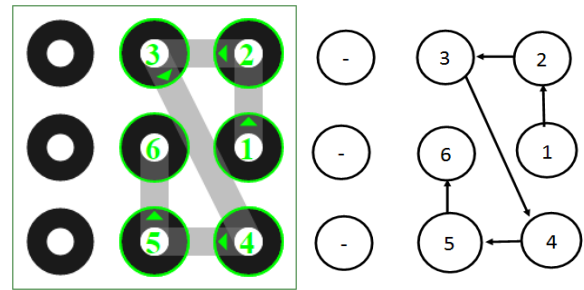
Contoh sandi pola dan representasinya :



Gambar 6 (kiri) Contoh gambar pola dengan 5 titik, dan (kanan) representasi dari gambar pola dengan graf, Sumber : Dokumentasi Pribadi.

3. Sandi pola 6 titik

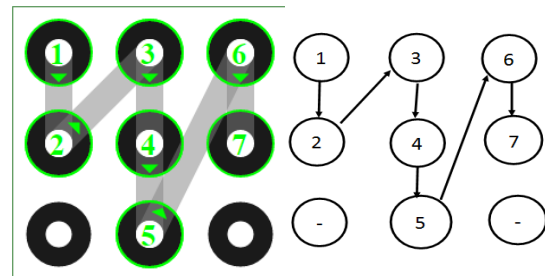
Contoh sandi pola dan representasinya :



Gambar 7 (kiri) Contoh gambar pola dengan 6 titik, dan (kanan) representasi dari gambar pola dengan graf, Sumber : Dokumentasi Pribadi.

4. Sandi pola 7 titik

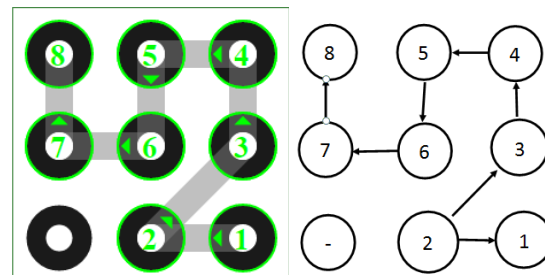
Contoh sandi pola dan representasinya :



Gambar 8 (kiri) Contoh gambar pola dengan 7 titik, dan (kanan) representasi dari gambar pola dengan graf, Sumber : Dokumentasi Pribadi.

4. Sandi pola 8 titik

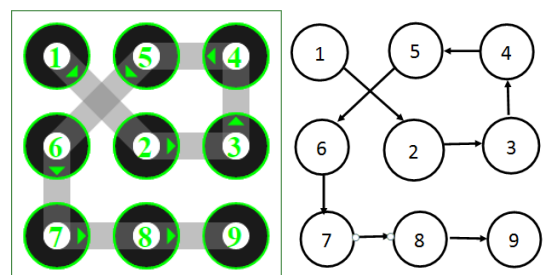
Contoh sandi pola dan representasinya :



Gambar 9 (kiri) Contoh gambar pola dengan 8 titik, dan (kanan) representasi dari gambar pola dengan graf, Sumber : Dokumentasi Pribadi.

5. Sandi pola 9 titik

Contoh sandi pola dan representasinya :



Gambar 10 (kiri) Contoh gambar pola dengan 9 titik, dan (kanan) representasi dari gambar pola dengan graf, Sumber : Dokumentasi Pribadi.

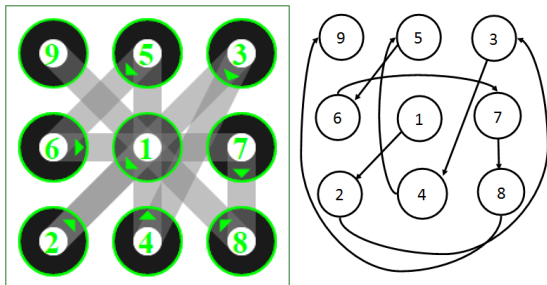
Jika dilihat, sandi pola dengan menggunakan 9 titik merupakan aplikasi dari lintasan Hamilton, dikarenakan terdapat lintasan Hamilton pada representasi graf pada sandi pola tersebut.

C. Aplikasi Hamiltonian Path Pada Pattern Code : Strategi Membuat Pola yang Baik

Untuk membuat pola pada sandi pola yang memiliki tingkat keamanan yang baik, ada beberapa hal yang harus diperhatikan.

1. Pola yang dibentuk harus menggunakan prinsip lintasan Hamilton, yaitu pola yang menggunakan 9 titik. Hal ini perlu karena pola yang menggunakan 9 titik memiliki tingkat keragaman pola yang tinggi (140.704 pola) sehingga pola tidak mudah ditebak. Selain itu, pola yang menggunakan 9 titik merupakan pola yang jarang digunakan orang awam.

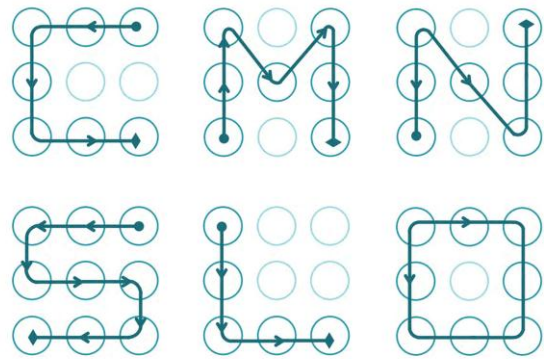
2. Pola sebaiknya dibentuk dengan sistem *hard-to-enter patterns*, yaitu pola yang dibuat termasuk susah untuk dibentuk dikarenakan berbagai faktor, seperti bentuk fisik telepon pintar, bentuk fisik dari tangan pengguna, tingkat kerumitan pola, dan sebagainya. Salah satu contoh pola yang *hard-to-enter* :



Gambar 11 (kiri) Contoh gambar pola yang *hard-to-enter*, dan (kanan) representasi dari gambar pola dengan graf, Sumber : Dokumentasi Pribadi.

Pola diatas termasuk *hard-to-enter* dikarenakan kerumitan pola yang didapat serta tidak nyaman dibuat dengan ponsel pintar berdimensi kecil atau jemari pengguna yang terlalu besar, sehingga memungkinkan terjadinya *slips* pada jemari ketika menggambarkan pola. Pola tidak harus mengikuti sistem *hard-to-enter patterns*, asalkan pola yang dibuat tidak mudah ditebak.

3. Jangan membuat pola yang memiliki bentuk yang banyak dikenal orang awam, seperti bentuk seperti huruf, sebab pola tersebut termasuk mudah ditebak, sehingga memiliki tingkat keamanan yang rendah. Contoh pola yang membentuk huruf :



Gambar 12 Contoh pola yang membentuk seperti huruf, Sumber : [13].

Selain pembuatan pola yang baik, ada beberapa faktor keamanan lain yang harus diperhatikan, seperti faktor fisik telepon pintar, frekuensi pemakaian, dan sebagainya.

V. KESIMPULAN

Sandi yang baik adalah sandi yang dibuat rumit dan tak berpola agar tidak mudah ditebak. Pada dasarnya sandi pola juga termasuk sandi yang baik, namun tak sebaik PIN atau *password*, sehingga pemilihan sistem keamanan sebaiknya sesuai dengan tingkat keamanan yang diperlukan.

VII. SAMBUTAN

Puji dan Syukur dipanjatkan kehadiran Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan makalah ini. Terima kasih kepada kedua orang tua saya yang selalu mendukung saya dalam hal-hal positif, termasuk membuat makalah ini, Terima kasih juga kepada Bapak Rinaldi Munir dan Ibu Harlili yang telah membantu saya untuk memahami mata kuliah Matematika Diskrit sehingga saya dapat menuangkan ilmu yang saya dapat melalui makalah ini.

REFERENSI

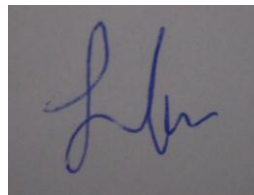
- [1] <http://kbbi.web.id/hak> diakses tanggal 4 Desember 2016 pk. 21.11 WIB
- [2] <http://kbbi.web.id/aman> diakses tanggal 4 Desember 2016 pk. 21.22 WIB
- [3] <http://kbbi.web.id/sandi> diakses tanggal 4 Desember 2016 pk. 22.12 WIB
- [4] Biggs, N., Lloyd, E., Wilson, R., *Graph Theory, 1736-1936*, Oxford University Press, 1986.
- [5] http://www.preussenchronik.de/bild_jsp/key=bild_kathe2.html diakses tanggal 5 Desember 2016 pk. 21.03 WIB
- [6] Munir, Rinaldi, *Matematika Diskrit, Revisi Keenam*, Penerbit Informatika Bandung, 2016.
- [7] http://world.mathigon.org/Graph_Theory diakses tanggal 7 Desember 2016 pk. 11.00 WIB
- [8] http://www.daviddarling.info/encyclopedia/I/Icosian_Game.html diakses tanggal 5 Desember 2016 pk. 23.53 WIB
- [9] <http://www3.cs.stonybrook.edu/~algorithm/files/hamiltonian-cycle.shtml> diakses tanggal 5 Desember 2016 pk. 23.48 WIB
- [10] <http://web.mat.bham.ac.uk/~treglowa/berlin.pdf> diakses tanggal 7 Desember 2016 pk. 18.16 WIB

- [11] http://ac.els-cdn.com/0095895673900579/1-s2.0-0095895673900579-main.pdf?_tid=6c5d19fa-bd3b-11e6-8ff7-00000aab0f02&acdnt=1481197540_d5966065f603e7dc5d4f0382eabde5a2 diakses tanggal 8 Desember 2016 pk. 18.43 WIB
- [12] <http://www.gudtechtricks.com/2014/11/how-to-unlock-password-or-pattern-on-Android-device-withoiut-losing-data.html> diakses tanggal 8 Desember 2016 pk. 19.49 WIB
- [13] <https://blog.kaspersky.com/lock-screen-patterns-predictability/9528/> diakses tanggal 8 Desember 2016 pk. 22.29 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, 8 Desember 2016

A square image showing a handwritten signature in blue ink on a dark background. The signature is stylized and appears to be 'Luthfi'.

Luthfi Fadillah - 13515972