

Analisa Kombinatorial Dalam Android Pattern Safety Lock

Rizal Panji Islami (13510066)
Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia
rizal.panji@s.itb.ac.id

Abstrak—Android merupakan *Operating System* untuk telepon seluler yang berbasis Linux. Karena pengembangannya yang bersifat *Open Source*, banyak telepon seluler yang menggunakan Android sebagai OS utamanya. Salah satu fitur dari Android adalah *Pattern Lock*, yaitu sebuah fitur berupa “password”, namun direpresentasikan dalam bentuk sembilan buah titik yang dirangkai menjadi sebuah pola. Pola yang sebelumnya sudah di-set oleh user akan menjadi pola kunci untuk bisa mengakses fitur-fitur Android secara penuh. Dalam makalah ini akan dilakukan analisa kombinatorial terhadap *Pattern Lock* tersebut untuk mencari tahu berbagai kombinasi *pattern* yang mungkin dan *pattern* seperti apakah yang sulit untuk ditebak.

Kata Kunci—Android, *Pattern Lock*, kombinatorial, password

I. PENDAHULUAN

Kombinatorial, merupakan sebuah teori yang menjadi dasar ilmu peluang serta statistika yang banyak diimplementasikan dalam berbagai disiplin ilmu. Kombinatorial merupakan cabang algoritma yang mempelajari pengaturan objek-objek. Kombinatorial akan memberikan solusi berupa jumlah cara pengaturan objek-objek tertentu di dalam himpunannya.

Teori kombinatorial dapat membantu bagi kita untuk menerka berbagai kemungkinan yang terjadi dalam suatu himpunan. Sebagai contoh dalam kasus berikut :

“*Dalam tur wisata yang dilakukan oleh Perusahaan ABC, para karyawan yang akan mengikuti tur tersebut diberi keluasaan untuk memilih tempat-tempat yang akan mereka kunjungi selama tiga hari, dengan sepuluh pilihan tempat wisata, dan setiap harinya mengunjungi tempat yang berbeda. Berapa banyak kemungkinan (variasi) tur yang dapat dipilih oleh setiap karyawannya?*”

Dalam kasus tur wisata diatas, setiap karyawan diberi kesempatan untuk memilih tiga tempat dari sepuluh tempat untuk dipilih sebagai tempat wisata yang akan mereka kunjungi. Perlu diingat bahwa kasus ini memandang urutan tempat wisata sebagai sesuatu yang penting (permutasi). Maksudnya, jika seorang karyawan memilih tempat A sebagai tempat wisata hari pertama, tempat B untuk hari kedua, dan tempat C untuk hari ketiga, akan dianggap berbeda jika memilih tempat dengan urutan ACB atau BCA.

Kasus ini akan ditinjau menggunakan tabel sebagai berikut :

--	--	--

Setiap kolom pada tabel diatas merepresentasikan hari wisata, karena wisata akan dilakukan selama tiga hari, maka terdapat tiga kolom yang disediakan.

Untuk pilihan hari pertama, seorang karyawan dapat memilih satu dari sepuluh kemungkinan tempat wisata, sehingga kita masukkan sepuluh ke kolom pertama.

10		
----	--	--

Untuk pilihan hari kedua, seorang karyawan hanya dapat memilih sembilan kemungkinan pilihan tempat wisata, karena satu tempat telah dipilih dihari pertama. Sehingga sembilan dimasukkan ke kolom yang kedua.

10	9	
----	---	--

Untuk pilihan hari ketiga, seorang karyawan hanya memiliki sisa delapan pilihan tempat wisata, karena dua tempat wisata telah dipilih untuk dua hari sebelumnya. Sehingga delapan dimasukkan ke kolom yang ketiga.

10	9	8
----	---	---

Berdasarkan teorema kombinatorial :

“*Bila suatu operasi dapat dilakukan dengan n_1 cara dan bila untuk cara ini operasi kedua dapat dikerjakan dengan n_2 cara, dan bila untuk setiap kedua cara operasi tersebut operasi ketiga dapat dikerjakan dengan n_3 cara, dan seterusnya, maka deretan k operasi dapat dikerjakan dengan $n_1 n_2 \dots n_k$ ”.*

Dengan berdasarkan pada teorema tersebut, maka banyakkemungkinan pilihan hari wisata yang dapat dipilih oleh karyawan adalah $10 \times 9 \times 8 = 720$ pilihan.

Penganalisaan kombinatorial seperti diatas, dapat juga dilakukan dalam Android Pattern. Android Pattern memiliki sembilan buah titik yang dapat dikunjungi oleh user dengan tanpa ada titik yang dikunjungi dua kali. Terdapat begitu banyak variasi pola yang dapat dibentuk dari kunjungan-kunjungan ini, dan semua itu dapat dianalisa dengan menggunakan teorema-teorema kombinatorial yang ada. Dalam makalah ini, akan dilakukan analisa terhadap Android Pattern tersebut, untuk menganalisis jumlah variasi pattern yang dapat dibentuk, serta kesulitannya untuk ditebak.

Satu lagi kaidah yang akan digunakan dalam analisa ini adalah kaidah penjumlahan (rule of sum), yang isinya :

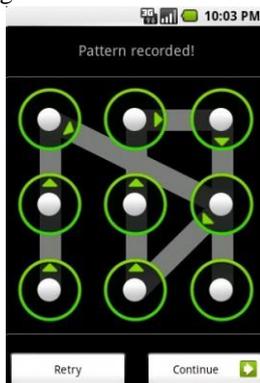
“*Bila percobaan 1 mempunyai p hasil percobaan yang*

mungkin terjadi (atau menghasilkan p kemungkinan jawaban), percobaan 2 mempunyai q hasil percobaan yang mungkin terjadi (atau menghasilkan q kemungkinan jawaban), maka bila hanya satu percobaan saja yang dilakukan (percobaan 1 atau percobaan 2), terdapat $p+q$ kemungkinan hasil percobaan (menghasilkan $p+q$ kemungkinan jawaban) yang mungkin terjadi.”

Teorema ini akan membantu untuk mengakumulasikan berbagai variasi yang mungkin terjadi dalam analisa pola yang dilakukan.

II. ANDROID PATTERN

Android Pattern merupakan bentuk *safety* yang terdapat di dalam telepon selular bersistem operasi Android. Android Pattern akan mengunci sistem selama user tidak memberikan pola yang tepat seperti yang sudah disimpan pada sistem sebelumnya. Pola merupakan representasi dari password, dan dibuat dengan menghubungkan sembilan titik yang ada.



Gambar 1 : Android Pattern

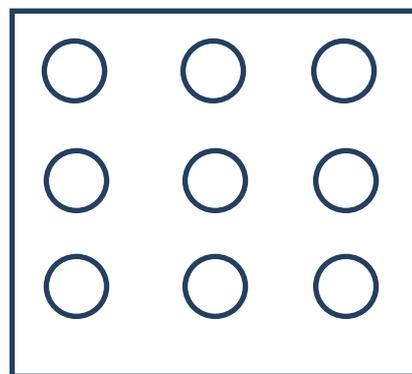
Pada tahapan awal, user haruslah membuat pola yang akan dijadikan sebagai pola “password”. Pola tersebut minimal merupakan penghubungan dari tiga buah titik, dan maksimal sembilan buah titik. Tidak ada satupun titik yang dihubungkan dua kali ataupun lebih.

Selanjutnya, setelah pola utama tersimpan, setiap kali user akan menggunakan telepon seluler tersebut, user haruslah memasukkan pola yang dibuatnya tersebut. Kesalahan dalam pemasukan pola akan menyebabkan user tidak dapat mengakses fitur-fitur yang ada dalam telepon selular tersebut, yang telah terintegrasikan dalam sistem operasi Android.

III. ANALISA KOMBINATORIAL UNTUK ANDROID PATTERN

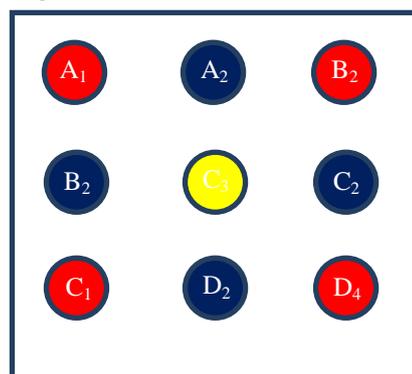
A. Analisa Pendahuluan

Dalam Android Pattern, terdapat sembilan titik dasar yang dapat dihubungkan menjadi sebuah pola. Pola tersebut minimal terbentuk dari tiga buah titik dan maksimal sembilan buah titik. Dalam langkah awal, akan dilakukan peninjauan terhadap titik-titik tersebut.



Gambar 2 : 9 Titik Android Pattern

Jika dilihat, sebetulnya sembilan titik yang terdapat dalam Android Pattern dapat dikategorikan menjadi tiga buah kategori berdasarkan pada kemiripan lokasinya. Dalam makalah ini, penulis membagi kategori titik-titik tersebut sebagai berikut :



Gambar 3 : 3 Kelompok Titik

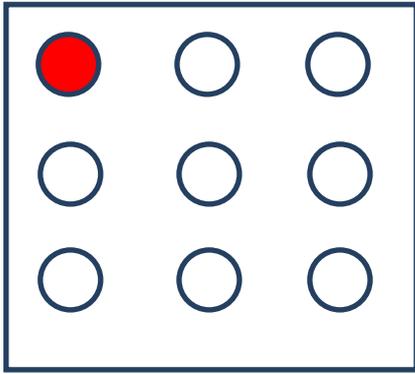
Titik-titik yang berada di sudut, memiliki kemiripan yang serupa berdasarkan lokasi titik tersebut berada. Ada empat buah titik sudut yang penulis sebut zona merah. Kemudian zona ini akan diberi kode Zona 1 dan dituliskan secara *subscript* (₁).

Berikutnya untuk titik-titik yang berada di pinggir tengah, juga memiliki kemiripan lokasi yang sama. Ada empat buah titik di pinggir tengah yang penulis sebut zona biru. Kemudian zona ini akan diberi kode Zona 2 dan dituliskan secara *subscript* (₂).

Terakhir untuk titik yang berada di tengah, penulis sebut sebagai zona kuning. Hanya ada satu titik dalam zona kuning. Zona kuning ini akan diberi kode Zona 3 dan dituliskan secara *subscript* (₃).

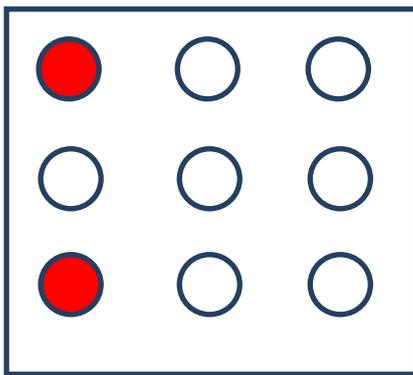
Setiap titik dalam zona yang sama diberi label dari A-D sesuai dengan urutannya dari posisi kiri atas.

Pendasaran atas pengambilan kondisi seperti di atas adalah untuk memudahkan analisa kombinatorial yang akan dilakukan dalam pembahasan yang selanjutnya. Kemiripan karakteristik titik-titik dalam zona yang sama akan memberi kemudahan dalam melakukan analisa. Penentuan zona didasarkan pada posisi titik yang akan muncul dititik yang sama jika dilakukan rotasi. Misalnya untuk penentuan zona merah :



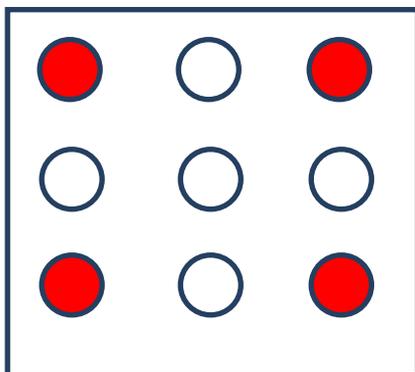
Gambar 4 : Titik Kiri Atas Sebagai Zona Merah

Terlebih dahulu penulis menentukan titik kiri atas sebagai zona merah. Selanjutnya dilakukan rotasi secara *counterclockwise* pada pola titik dan melihat titik manakah yang kemudian kembali memasuki zona merah.



Gambar 5 : Rotasi Counterclockwise Pada Pola

Ternyata titik yang memasuki zona merah selanjutnya adalah titik yang berada di kanan atas. Sehingga titik tersebut penulis kategorikan sebagai zona merah. Cara ini terus dilakukan untuk menguji seluruh kemungkinan zona merah, hingga didapat hasil sebagai berikut :



Gambar 6 : Hasil Akhir Penetapan Zona Merah

Setelah titik merah yang pertama telah kembali ke kondisi awalnya, maka penentuan zona merah berakhir. Penentuan zona biru dan kuning dilakukan dengan cara yang serupa.

Satu lagi analisa pendahuluan yang akan penulis lakukan adalah mengenai variasi kemungkinan pattern

atau pola yang dapat dibentuk dengan Android Pattern.

Dalam Android Pattern, pola paling ringkas yang dapat user buat adalah pola yang terdiri dari tiga buah titik. Dan pola maksimum hanya boleh terdiri dari sembilan buah titik. Tidak ada satupun titik yang boleh dihubungkan sebanyak dua kali ataupun lebih. Sifat ini merepresentasikan graf berarah yang tidak mengandung sirkuit, namun masih dimungkinkan terdapat simpul yang terpercil. Atas dasar probabilitas pola yang dapat mengandung mulai dari tiga titik hingga sembilan titik, maka dalam makalah ini penulis akan melakukan analisa satu persatu terhadap jumlah titik-titik tersebut. Mulai dari analisa untuk tiga titik, hingga sembilan titik.

B. Analisa Untuk Pola 3 Titik

Dalam pola tiga titik, penulis akan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Variasi total} = a \times b \times c$$

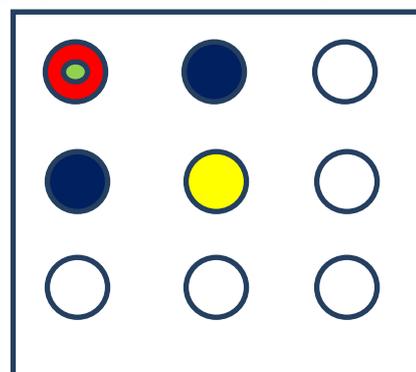
Rumus ini penulis gunakan berdasarkan pada teorema kombinatorial yang telah disebutkan diatas. Variabel "a" merupakan variabel yang merepresentasikan variasi kemungkinan titik awal pola. Variabel "b" merepresentasikan variasi kemungkinan titik kedua pola, berdasarkan pada titik awal pola. Variabel "c" merepresentasikan titik terakhir pola berdasarkan pada titik kedua. Karena pada tahap pendahuluan penulis telah membagi titik-titik tersebut sebagai zona merah, biru, dan kuning, maka penganalisaan akan dilakukan perzona.

Untuk zona merah sebagai titik pertama :

Ada empat buah titik dalam zona merah, yang keempat-empatnya memiliki peluang yang sama untuk digunakan sebagai pengisi variabel a, sehingga variabel a diisikan dengan nilai 4.

$$\text{Variasi total} = 4 \times b_1 \times c_1$$

Untuk pengisian variabel b, ditinjau gambar berikut:



Gambar 7 : Titik Merah Sebagai Titik Awal

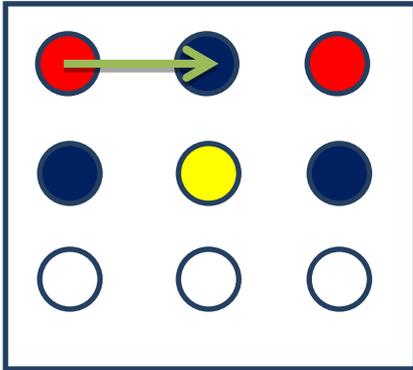
Ket. Simbol bulatan hijau merepresentasikan titik yang digunakan sebagai titik awal.

Dapat dilihat dari gambar, jika pengambilan titik awal

dimulai dari zona merah, akan terdapat tiga buah titik yang dapat digunakan sebagai titik kedua (variabel b). Karena tiga titik tersebut terbagi dalam dua zona (zona merah dan zona biru), maka perhitungan akan dibagi dalam dua zona tersebut.

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona biru)} &= 4 \times 2 \times c_{12} \\ \text{Variasi total (zona kuning)} &= 4 \times 1 \times c_{13} \end{aligned}$$

Laluditinjau zona biru dalam kondisi titik kedua.



Gambar 8 : Titik Biru Sebagai Titik Kedua

Ket. Tanda panah menggambarkan arah pola yang dilalui.

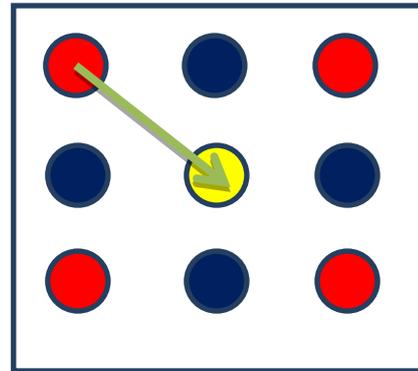
Jika dilihat pada gambar diatas, jika zona biru digunakan sebagai titik yang kedua, akan terdapat dua kemungkinan zona biru, satu kemungkinan zona kuning, dan satu kemungkinan zona merah yang dapat digunakan sebagai titik ketiga. Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona biru)} &= 4 \times 2 \times c_{121} \\ \text{Variasi total (zona biru)} &= 4 \times 2 \times c_{122} \\ \text{Variasi total (zona biru)} &= 4 \times 2 \times c_{123} \end{aligned}$$

Nilai variabel c dimasukkan, lalu variasi total untuk zona biru dijumlahkan, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona biru)} &= (4 \times 2 \times 2) + (4 \times 2 \times 1) + (4 \\ &\quad \times 2 \times 1) \\ &= 16 + 8 + 8 \\ &= 32 \text{ variasi} \end{aligned}$$

Lalu dilakukan peninjauan zona kuning sebagai titik kedua :



Gambar 9 : Zona Kuning Sebagai Titik Kedua

Jika zona kuning digunakan sebagai titik kedua, maka terdapat kemungkinan empat titik di zona biru, tiga titik di zona merah yang dapat digunakan sebagai titik ketiga.

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona kuning)} &= 4 \times 1 \times c_{131} \\ \text{Variasi total (zona kuning)} &= 4 \times 1 \times c_{132} \end{aligned}$$

Sehingga total variasi dalam zona kuning adalah :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona kuning)} &= (4 \times 1 \times 3) + (4 \times 1 \times 4) \\ &= 12 + 16 \\ &= 28 \text{ variasi} \end{aligned}$$

Sehingga total variasi tiga titik yang dapat dibentuk jika zona merah digunakan sebagai titik pertama adalah :

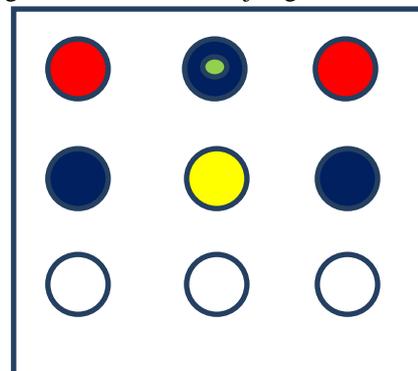
$$\text{Variasi total} = 32 + 28 = 60 \text{ variasi total}$$

Untuk zona biru sebagai titik pertama :

Ada empat buah titik dalam zona biru yang dapat digunakan sebagai titik pertama, dengan peluang yang sama. Sehingga rumus yang digunakan :

$$\text{Variasi total} = 4 \times b_2 \times c_2$$

Untuk pengisian variabel b, ditinjau gambar berikut:

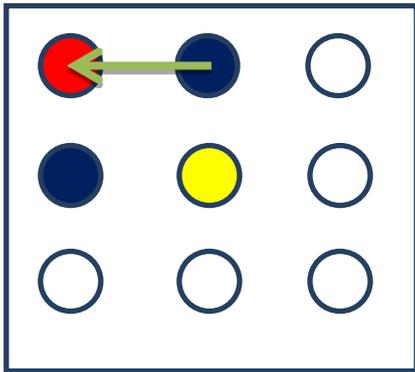


Gambar 10 : Titik Biru Sebagai Titik Awal

Terdapat dua kemungkinan titik zona merah, dua kemungkinan titik zona biru, dan satu kemungkinan titik zona kuning yang dapat digunakan sebagai titik kedua. Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona merah)} &= 4 \times 2 \times c_{21} \\ \text{Variasi total (zona biru)} &= 4 \times 2 \times c_{23} \\ \text{Variasi total (zona kuning)} &= 4 \times 1 \times c_{23} \end{aligned}$$

Lalu ditinjau zona merah sebagai titik kedua :



Gambar 11 : Titik Merah Sebagai Titik Kedua

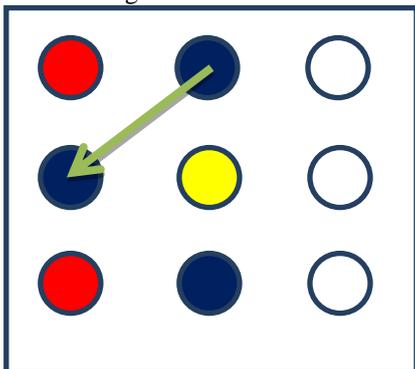
Jika zona merah dijadikan titik kedua, terdapat satu titik zona biru dan satu titik zona kuning yang dapat digunakan sebagai titik ketiga, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona merah)} &= 4 \times 2 \times c_{212} \\ \text{Variasi total (zona merah)} &= 4 \times 2 \times c_{213} \end{aligned}$$

Nilai variabel c dimasukkan, lalu variasi total untuk zona merah dijumlahkan, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona merah)} &= (4 \times 2 \times 1) + (4 \times 2 \times 1) \\ &= 8 + 8 \\ &= 16 \text{ variasi} \end{aligned}$$

Untuk zona biru sebagai titik kedua :



Gambar 12 : Titik Biru Sebagai Titik Kedua

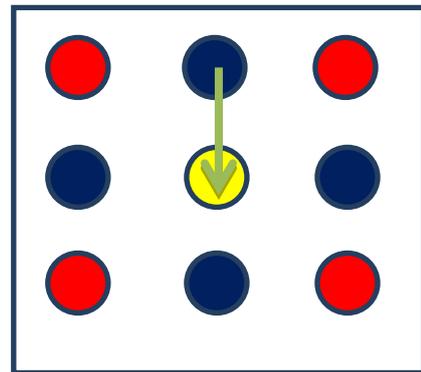
Zona biru akan memberikan dua buah titik zona merah, satu buah titik zona kuning, dan satu buah titik zona biru sebagai titik ketiga, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona biru)} &= 4 \times 2 \times c_{221} \\ \text{Variasi total (zona biru)} &= 4 \times 2 \times c_{222} \\ \text{Variasi total (zona biru)} &= 4 \times 2 \times c_{223} \end{aligned}$$

Nilai variabel c dimasukkan lalu variasi total untuk zona biru dijumlahkan, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona biru)} &= (4 \times 2 \times 2) + (4 \times 2 \times 1) + \\ &\quad (4 \times 2 \times 1) \\ &= 16 + 8 + 8 \\ &= 32 \text{ variasi} \end{aligned}$$

Untuk zona kuning sebagai titik kedua :



Gambar 13 : Titik Kuning Sebagai Titik Kedua

Jika zona kuning digunakan sebagai titik kedua, terdapat empat titik zona merah, tiga titik zona biru yang dapat digunakan sebagai titik ketiga. Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona kuning)} &= 4 \times 1 \times c_{231} \\ \text{Variasi total (zona kuning)} &= 4 \times 1 \times c_{232} \end{aligned}$$

Nilai variabel c dimasukkan, lalu variasi total dijumlahkan, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona kuning)} &= (4 \times 1 \times 4) + (4 \times 1 \times 3) \\ &= 16 + 12 \\ &= 28 \text{ variasi} \end{aligned}$$

Sehingga total variasi tiga titik yang dapat dibentuk jika zona biru digunakan sebagai titik pertama adalah :

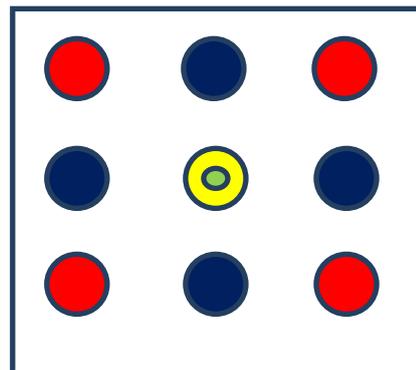
$$\text{Variasi total} = 16 + 32 + 28 = 76 \text{ variasi total}$$

Untuk zona kuning sebagai titik pertama :

Hanya ada satu buah titik dalam zona kuning yang dapat digunakan sebagai titik pertama, sehingga :

$$\text{Variasi total} = 4 \times b_3 \times c_3$$

Untuk pengisian variabel b, ditinjau gambar berikut:

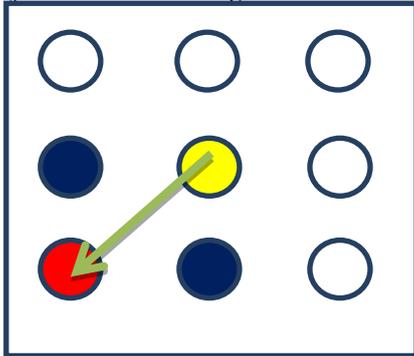


Gambar 13 : Titik Kuning Sebagai Titik Awal

Terdapat empat titik zona merah dan empat titik zona biru yang dapat digunakan sebagai titik kedua, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona merah)} &= 1 \times 4 \times c_{31} \\ \text{Variasi total (zona biru)} &= 1 \times 4 \times c_{32} \end{aligned}$$

Lalu ditinjau zona merah sebagai titik kedua:



Gambar 14 : Titik Merah Sebagai Titik Kedua

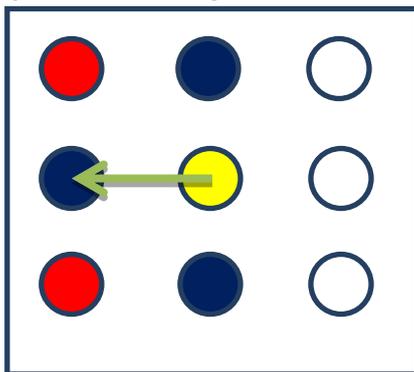
Jika zona merah digunakan sebagai titik kedua, terdapat dua titik zona biru yang dapat digunakan sebagai titik ketiga. Sehingga :

$$\text{Variasi total (zona merah)} = 1 \times 4 \times c_{313}$$

Nilai variabel c dimasukkan :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona merah)} &= 1 \times 4 \times 2 \\ &= 8 \text{ variasi} \end{aligned}$$

Lalu ditinjau zona biru sebagai titik kedua :



Gambar 15 : Titik Biru Sebagai Titik Kedua

Jika zona biru digunakan sebagai titik kedua, terdapat dua titik zona merah dan dua titik zona biru yang dapat digunakan sebagai titik ketiga. Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Variasi total (zona biru)} &= 1 \times 4 \times c_{321} \\ \text{Variasi total (zona biru)} &= 1 \times 4 \times c_{322} \end{aligned}$$

Nilai variabel c dimasukkan, lalu variasi total dijumlahkan, sehingga :

$$\text{Variasi total (zona biru)} = (1 \times 4 \times 2) + (1 \times 4 \times 2)$$

$$\begin{aligned} &= 8 + 8 \\ &= 16 \text{ variasi} \end{aligned}$$

Sehingga, variasi total yang dapat dibuat dengan pola tiga buah titik adalah $60 + 76 + 16 = 152$ variasi. Dari banyaknya variasi yang dapat dibentuk, variasi tiga buah titik dengan titik awal berasal dari titik biru memberikan jumlah variasi yang terbanyak. Sehingga titik biru dapat memberikan keamanan yang lebih baik jika digunakan sebagai titik awal pola tiga titik.

C. Analisa Untuk Pola 4 Titik

Untuk analisa pola empat titik, akan dihitung dengan menambahkan variabel “d” pada persamaan untuk pola tiga titik, untuk merepresentasikan titik ke empat pada pola.

$$\text{Variasi total} = a \times b \times c \times d$$

Untuk zona merah sebagai titik pertama

Karena dalam perhitungan pola tiga titik dengan titik awal adalah titik merah, telah didapat persamaan sebagai untuk tiga titik.

Dengan metode perhitungan yang mirip dengan metode tiga titik, serta dengan memperhitungkan variabel “d”, didapat hasil variasi sebanyak 184 variasi.

Untuk zona biru sebagai titik pertama

Untuk perhitungan zona biru, telah diperoleh persamaan untuk tiga titik.

Dengan metode penghitungan yang sama seperti pada perhitungan pola tiga titik, diperoleh variasi total sebanyak 240 variasi.

Untuk zona kuning sebagai titik pertama

Untuk perhitungan zona kuning, telah diperoleh persamaan untuk tiga titik.

Dengan metode penghitungan yang sama seperti pada perhitungan pola tiga titik, diperoleh variasi total sebanyak 56 variasi.

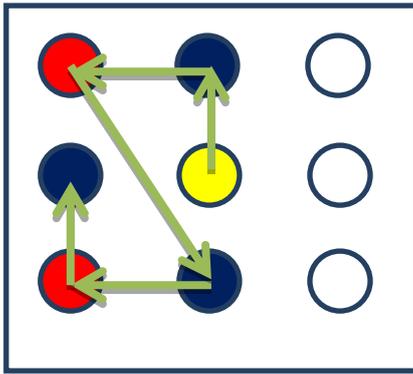
Sehingga total variasi keseluruhan untuk pola empat titik adalah $184 + 240 + 56 = 480$ variasi. Pola empat titik jelas memberikan variasi titik yang lebih banyak daripada pada pola tiga titik, dan variasi terbanyak kembali diperoleh saat titik mulai awal berasal dari zona biru.

D. Analisa Untuk Pola 5, 6, 7, 8, 9 Titik

Untuk analisa pola 5,6,7,8 dan 9 titik sudah cukup diwakilkan dengan analisa pada 3 dan 4 titik. Dapat dipastikan, variasi tertinggi akan terjadi pada pola 9 titik. Variasi tertinggi kemungkinan besar akan kembali terjadi pada pola yang berawal dari zona biru, sebagaimana yang terjadi pada pola 3 dan 4 titik.

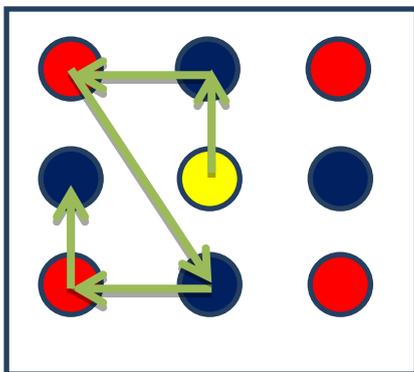
Untuk kondisi 5-9 titik, ada kondisi baru yang diamati, yaitu kondisi saat titik “mati”. Di sistem operasi Android, jika titik “mati” tersebut terjadi, titik yang sebelumnya berada diseborang dapat dihubungkan sebagai titik

selanjutnya. Sebagai contoh pada kasus berikut :



Gambar 16 : Kondisi Titik “Mati”

Dalam kondisi diatas, setelah terjadi penghubungan sebanyak enam titik, terjadi titik “mati” pada zona biru, jika user ingin melanjutkan membuat pola dengan lebih dari enam titik, user dapat menggunakan tiga buah titik yang ada di pinggir kanan, yang belum digunakan. Hal ini akan membuka peluang baru bagi ketiga titik tersebut, sehingga kondisinya menjadi seperti berikut :



Gambar 17 : 3 Peluang Titik yang Muncul Saat Titik “Mati”

Tiga titik yang baru saja muncul akan menambah kemungkinan variasi pola yang dapat dibentuk, namun secara umum penghitungan masih dapat dilakukan sebagaimana pada pola tiga dan empat titik.

IV. SIMPULAN

1. Kombinatorial merupakan teori yang dapat digunakan untuk menghitung banyaknya variasi yang mungkin dibentuk oleh suatu himpunan, termasuk dalam menghitung variasi pola pada Android Pattern.
2. Kompleksitas variasi pola pada Android Pattern semakin tinggi seiring dengan bertambahnya jumlah titik yang digunakan untuk membuat pola tersebut.
3. Pembuatan pola yang berawal dari zona biru, memberikan hasil kompleksitas variasi yang lebih tinggi daripada pembuatan pola yang berawal dari

zona merah dan kuning. Sehingga pola yang berawal dari zona biru akan lebih sulit untuk ditebak (berdasarkan tingginya variasi pola).

REFERENSI

- [http://id.wikipedia.org/wiki/Android_\(sistem_operasi\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Android_(sistem_operasi)) diunduh tanggal 8 Desember 2011 pukul 20.00
- Munir, Rinaldi. 2010. *Matematika Diskrit Revisi Keempat*. Bandung : Informatika
- Walpole, Ronald E dan Raymond H Myers. 1995. *Probabilitas dan Statistika Untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung : Penerbit ITB

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, 10 Desember 2011

Handwritten signature of Rizal Panji Islami.

Rizal Panji Islami (13510066)