



## **Implementasi *Linear Congruential Generator* untuk Pengacakan Gambar Pada Permainan Puzzle**

Hadiansyah Eka Putra  
STMIK Amik Riau

[hadiansyahekaputra13@stmik-amik-riau.ac.id](mailto:hadiansyahekaputra13@stmik-amik-riau.ac.id)

Koko Harianto  
STMIK Amik Riau

[kokoharianto@stmik-amik-riau.ac.id](mailto:kokoharianto@stmik-amik-riau.ac.id)

### **Abstrak**

Permainan menyusun bagian-bagian gambar kecil menjadi satu gambar sempurna atau sering disebut dengan puzzle merupakan permainan yang keberadaannya selalu diminati oleh masyarakat. Awal mula permainan ini dihadirkan yaitu dalam bentuk kertas yang dicetak kemudian dibagi menjadi beberapa bagian, lalu diacak. Setelah gambar teracak, maka tugas pemain adalah menyusun ulang seperti sedia kala. Keberadaan komputer semakin mendukung eksistensi permainan ini, mulai dari penyajian dalam bentuk aplikasi desktop hingga perkembangan saat ini menjadi aplikasi mobile yang dapat dipasang pada telepon pintar (smartphone). Aplikasi permainan puzzle yang tersedia di toko (store) smartphone saat ini bekerja dengan cara melakukan pengacakan gambar-gambar yang sudah tersedia pada aplikasi tersebut, sehingga dimungkinkan pemain akan sering menemukan gambar yang sama jika sering memainkan permainan tersebut. Objek permainan puzzle yang berupa citra digital apabila disimpan dalam jumlah banyak pada media penyimpanan aplikasi, akan memberikan dampak pengurangan ruang kosong memory, sehingga diperlukan alternatif lain agar aplikasi dapat bekerja lebih maksimal tanpa harus menyimpan banyak gambar objek. Secara sederhana, citra digital yang tersimpan dalam komputer diambil menggunakan peralatan pencitraan digital seperti kamera digital, kemudian setiap smartphone telah dilengkapi oleh kamera digital. Permainan puzzle yang dibangun bekerja dengan memanfaatkan kamera digital yang mengirim objek tangkapan kepada aplikasi dan langsung membuat potongan-potongan gambar, kemudian dengan algoritma pengacakan

*Linear Congruential Generator*, aplikasi mengacak menjadi beberapa bagian teracak, sehingga user hanya melihat bagian gambar yang teracak. Setelah pemain berhasil menyusun dengan sempurna, maka aplikasi akan memberikan pemberitahuan keberhasilan berupa poin dan waktu. Dengan adanya aplikasi ini maka pengguna dapat memainkan permainan puzzle tanpa harus menyimpan gambar, dengan kata lain, pemain dapat menggunakan gambar secara langsung yang disukai, sehingga tidak membutuhkan ruang kosong tambahan pada memory.

**Kata Kunci :** Game, Puzzle, LGC, Kamera, Mobile

### **1. Pendahuluan**

Puzzle merupakan sebuah permainan untuk memecahkan suatu permasalahan atau soal yang menantang kecerdasan dengan cara menyusun gambar yang acak menjadi satu objek khusus, logika diperlukan untuk membentuk suatu gambar puzzle juga merupakan hiburan selain permainan matematika atau logika.

Seiring perkembangan zaman game puzzle yang dahulu nya hanya dimainkan melalui kertas yang disusun kini sudah bisa dimainkan melalui mobile, akan tetapi untuk game puzzle yang dimainkan didalam mobile saat ini hanya bisa dimainkan untuk gambar yang sudah ada atau gambar statis maka dari itu penulis tertarik membuat suatu game puzzle yang berbeda dari yang lain yaitu sebuah game puzzle yang dapat langsung dimainkan melalui kamera mobile secara real time menggunakan metode *linear congruential generator*.

Metode Linear Congruential Generator sendiri merupakan pembangkit bilangan acak yang sederhana. Metode ini sangat cocok untuk digunakan dalam pengacakan gambar yang ditampilkan oleh aplikasi puzzle.

## 2. Android

Android adalah sistem operasi untuk perangkat mobile berbasis Linux yang mencakup sistem operasi, middleware, dan aplikasi. Android merupakan sistem operasi yang terbuka atau open source. Dengan sumber kode yang terbuka memungkinkan setiap perangkat lunak bebas untuk memodifikasi dan disebar. Dengan pengembangan sumber kode terbuka, Android berkembang pesat mengalahkan sistem operasi yang lain.

Android diawali dengan rilis beta pada tahun 2007. Versi komersial yaitu Android 1.0 pada september 2008. Penamaan versi Android sesuai dengan urutan abjad. Urutan menurut level API (Aplikation Programming Interface) yang digunakan dalam pengembangan sistem operasi menghubungkan antar muka perangkat keras dan sistem operasi.

## 3. Android Studio

Android Studio adalah sebuah IDE untuk Android Development yang diperkenalkan google pada acara Google I/O 2013. Android Studio merupakan pengembangan dari Eclipse IDE, dan dibuat berdasarkan IDE Java populer, yaitu IntelliJ IDEA. Android Studio merupakan IDE resmi untuk pengembangan aplikasi Android.

Sebagai pengembangan dari Eclipse, Android Studio mempunyai banyak fitur-fitur baru dibandingkan dengan Eclipse IDE. Berbeda dengan Eclipse yang menggunakan Ant, Android Studio menggunakan Gradle sebagai build environment.

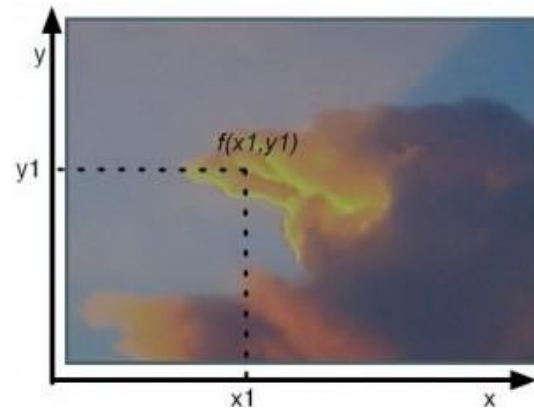
## 4. Citra Digital

Citra merupakan istilah lain untuk gambar sebagai salah satu komponen multimedia yang memegang peranan yang sangat penting sebagai bentuk informasi visual. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi.

Secara harfiah, citra (image) adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (continue) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagai dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai

(scanner), dan sebagainya. Sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam[1].

Citra atau gambar dapat didefinisikan sebagai sebuah fungsi dua dimensi,  $(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat bidang datar, dan harga fungsi  $f$  disetiap pasangan koordinat  $(x,y)$  disebut intensitas atau level keabuan (gray level) dari gambar di titik itu. Sebuah citra digital terdiri dari sejumlah elemen yang berhingga, dimana masing-masing mempunyai lokasi dan nilai tertentu. Elemen-elemen ini disebut sebagai picture element, image element, pels atau pixels[2].



Gambar 1. Citra fungsi dua variabel[3]

Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra terbagi 2 yaitu ada citra yang bersifat analog dan ada citra yang bersifat digital. Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar X, hasil CT scan dll. Sedangkan pada citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer[4].

Sebuah citra digital dapat mewakili oleh sebuah matriks yang terdiri dari  $M$  kolom  $N$  baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel (piksel= *picture element*), yaitu elemen terkecil dari sebuah citra. Piksel mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas atau warna. Nilai yang terdapat pada koordinat  $(x,y)$  adalah  $f(x,y)$ , yaitu besar intensitas atau warna dari piksel di titik itu. Oleh sebab itu, sebuah citra digital dapat ditulis dalam bentuk matriks berikut.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & \dots & \dots & f(1,M-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Berdasarkan gambaran tersebut, secara matematis citra digital dapat dituliskan sebagai fungsi intensitas  $f(x,y)$ , dimana harga  $x$  (baris) dan  $y$  (kolom) merupakan koordinat posisi dan  $f(x,y)$  adalah nilai fungsi pada setiap titik  $(x,y)$  yang menyatakan besar intensitas citra

atau tingkat keabuan atau warna dari piksel di titik tersebut. Pada proses digitalisasi (sampling dan kuantitas) diperoleh besar baris  $M$  dan kolom  $N$  hingga citra membentuk matriks  $M \times N$  dan jumlah tingkat keabuan piksel  $G$  [4].

Pengolahan citra digital adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik), melakukan pemilihan citra ciri (feature images) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek atau pengenalan objek yang terkandung pada citra, melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data. Input dari pengolahan citra adalah citra, sedangkan outputnya adalah citra hasil pengolahan[4]

## 5. Permainan

Permainan atau *game* adalah kata berbahasa Inggris yang berarti permainan atau pertandingan, atau bisa diartikan sebagai aktifitas terstruktur yang biasanya dilakukan untuk bersenang-senang. Akan tetapi tidak semua game hanya untuk bersenang-senang melainkan ada juga yang untuk melatih kemampuan seperti game puzzle, game cerdas-cermat, teka-teki dan lain-lain[5].

## 6. Puzzle

Puzzle merupakan salah satu jenis permainan yang biasanya menggunakan potongan (piece), dan pemain diminta memindahkan potongan (piece) secara bebas. Umumnya puzzle memiliki potongan (piece) dengan bentuk yang kompleks sehingga selama kita berusaha mencocokkan gambar, kita juga harus mencocokkan bentuk sambungannya. Permainan puzzle ini akan menampilkan berbagai jenis gambar yang sudah menjadi beberapa potongan secara acak, dan tugas pemain mengembalikan potongan gambar tersebut menjadi gambar utuh [6].

## 7. Linear Congruential Generator (LCG)

Linear Congruential Generator atau jika diubah kedalam bahasa Indonesia menjadi Pembangkit Bilangan Acak Kongruen-Lanjar merupakan pembangkit bilangan acak yang sederhana, mudah dimengerti teorinya, dan juga mudah untuk diimplementasikan. LCG didefinisikan dalam relasi berulang berikut:

$$X_n = (aX_{n-1} + b) \text{ mod } m$$

Dimana :

$X_n$  = bilangan acak ke- $n$  dari deretnya

$X_{n-1}$  = bilangan acak sebelumnya

$a$  = faktor pengali

$b$  = increment

$m$  = modulus

$X_0$  adalah kunci pembangkit atau disebut juga umpan (seed). LCG mempunyai periode tidak lebih besar dari  $m$ , dan pada kebanyakan kasus periodenya kurang dari itu. LCG mempunyai periode penuh ( $m - 1$ ) jika memenuhi syarat berikut:

$b$  relatif prima terhadap  $m$ .

$a - 1$  dapat dibagi dengan semua faktor prima dari  $m$

$a - 1$  adalah kelipatan 4 jika  $m$  adalah kelipatan 4

$m > \max(a, b, X_0)$

$a > 0, b > 0$

Contoh:

Membangkitkan bilangan acak sebanyak 8 kali dengan  $a = 2, c = 7, m = 10, \text{ dan } X_0 = 2$

$$Z_1 = (2 \cdot 2 + 7) \text{ mod } 10 = 1$$

$$Z_2 = (2 \cdot 1 + 7) \text{ mod } 10 = 9$$

$$Z_3 = (2 \cdot 9 + 7) \text{ mod } 10 = 5$$

$$Z_4 = (2 \cdot 5 + 7) \text{ mod } 10 = 7$$

$$Z_5 = (2 \cdot 7 + 7) \text{ mod } 10 = 1$$

$$Z_6 = (2 \cdot 1 + 7) \text{ mod } 10 = 9$$

$$Z_7 = (2 \cdot 9 + 7) \text{ mod } 10 = 5$$

$$Z_8 = (2 \cdot 5 + 7) \text{ mod } 10 = 7$$

Bilangan acak yang dibangkitkan adalah :

1 9 5 7 1 9 5 7 jadi terjadi pengulangan bilangan secara periodik.

## 8. Keunggulan Metode Linear Congruential Generator LCG

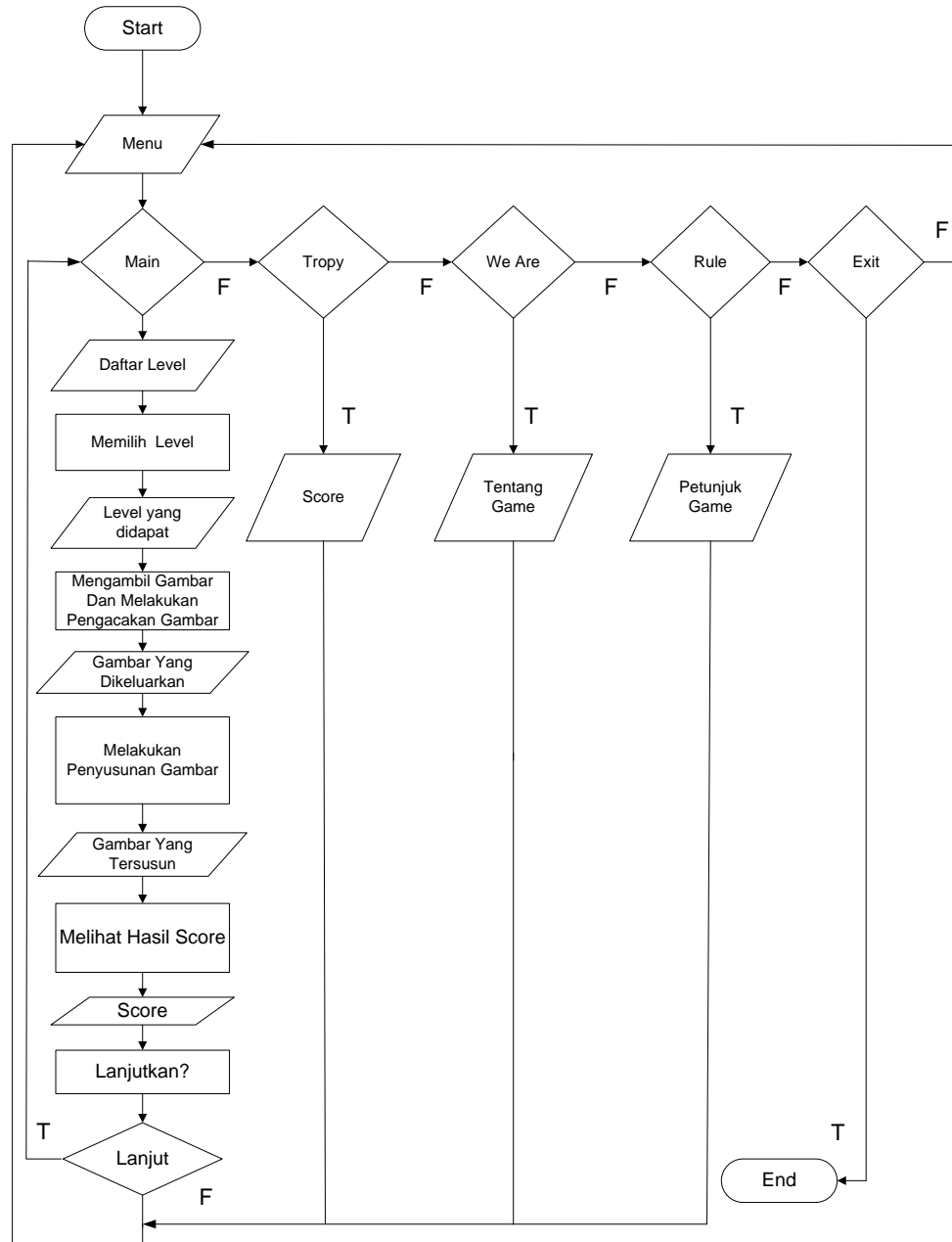
Keunggulan LCG terletak pada kecepatannya dan hanya membutuhkan sedikit operasi bit. Sayangnya, LCG tidak dapat digunakan untuk kriptografi karena bilangan acaknya dapat diprediksi urutan kemunculannya. Oleh karena itu LCG tidak aman digunakan untuk kriptografi. Namun demikian, LCG tetap berguna untuk aplikasi non-kriptografi seperti simulasi, sebab LCG memperlihatkan sifat statistik yang bagus dan sangat tepat untuk uji-uji empirik[7]

## 9. Analisa Sistem Yang Dibangun

Pada prosesnya aplikasi yang akan dibangun dimulai dari percobaan pengambilan gambar oleh kamera kemudian hasil pengambilan gambar akan dilakukan pengacakan yang dipotong layaknya puzzle menjadi beberapa bagian kemudian diacak menggunakan metode LCG (linear congruential generator). Pada pengambilan proses pengambilan gambar akan dilakukan selama 3 detik dan otomatis melakukan pengacakan. Setelah gambar teracak maka

selanjutnya pengguna mengurutkan gambar sehingga menjadi sempurna gambar yang diambil. Penerapan metode LCG dalam aplikasi ini akan disematkan pada proses pengacakan karena metode LCG merupakan

metode pengacakan yang membangkitkan bilangan acak yang sederhana. Berikut ini adalah gambaran flowchart dari proses analisa sistem yang akan dibangun.



Gambar 2. Flowchart Sistem

Pada Flowchart di atas digambarkan bahwa ketika pertama kali pemain membuka aplikasi, akan dihadapkan dengan tampilan menu. Apabila tombol menu dipilih, selanjutnya pemain akan diarahkan kepada 5 pilihan submenu, berupa (1) Main, artinya memilih untuk memainkan permainan; (2) Tropy, adalah peringkat yang pernah diraih oleh pemain-pemain sebelumnya; (3) We Are, adalah submenu

untuk menjelaskan tentang permainan yang dirancang; (4) Rule, adalah submenu yang memberitahu pemain tentang aturan-aturan yang harus diikuti oleh pemain; dan (5) Exit, submenu untuk keluar dari aplikasi.

**10. LCG (Linier Conruental Generator)**

Pada penerapan LCG untuk game puzzle android ini adalah sebagai berikut:

**A. Level Easy**

1. Membangkitkan bilangan acak sebanyak 3 kali dengan  $a = 2, c = 3, m = 2$ , dan  $Z_0 = 2$   
 $Z_1 = (2.2+3) \bmod 4 = 3$   
 $Z_2 = (2.1+3) \bmod 4 = 1$   
 $Z_3 = (2.3+3) \bmod 4 = 5$   
 Bilangan acak yang dibangkitkan adalah :  
 3 1 5

2. Membangkitkan bilangan acak sebanyak 3 kali dengan  $a = 4, c = 7, m = 15$ , dan  $Z_0 = 12$   
 $Z_1 = (4.3+7) \bmod 15 = 4$   
 $Z_2 = (4.5+7) \bmod 15 = 3$   
 $Z_3 = (4.12+7) \bmod 15 = 2$   
 Bilangan acak yang dibangkitkan adalah :  
 4 3 2

→ Tidak terjadi pengulangan bilangan secara periodik  
 Maka frame yang dihasilkan adalah :

4	3
2	

**Gambar 3. Frame LCG Level Easy**

Setelah tidak terjadi pengulangan maka gambar frame yang di acak akan di tampilkan menurut hasil pengacakan dengan LCG.

**B. Level Medium**

1. Membangkitkan bilangan acak sebanyak 8 kali dengan  $a = 2, c = 7, m = 10$ , dan  $Z_0 = 9$   
 $Z_1 = (2.2+7) \bmod 10 = 1$   
 $Z_2 = (2.1+7) \bmod 10 = 9$   
 $Z_3 = (2.9+7) \bmod 10 = 5$   
 $Z_4 = (2.5+7) \bmod 10 = 7$   
 $Z_5 = (2.7+7) \bmod 10 = 1$   
 $Z_6 = (2.1+7) \bmod 10 = 9$

$Z_7 = (2.9+7) \bmod 10 = 5$   
 $Z_8 = (2.5+7) \bmod 10 = 7$   
 Bilangan acak yang dibangkitkan adalah :  
 1 9 5 7 1 9 5 7  
 → Terjadi pengulangan bilangan secara periodik.

2. Membangkitkan bilangan acak sebanyak 8 kali dengan  $a = 4, c = 7, m = 15$ , dan  $Z_0 = 12$   
 $Z_1 = (4.3+7) \bmod 15 = 4$   
 $Z_2 = (4.4+7) \bmod 15 = 8$   
 $Z_3 = (4.8+7) \bmod 15 = 5$   
 $Z_4 = (4.5+7) \bmod 15 = 3$   
 $Z_5 = (4.12+7) \bmod 15 = 2$   
 $Z_6 = (4.10+7) \bmod 15 = 1$   
 $Z_7 = (4.2+7) \bmod 15 = 6$   
 $Z_8 = (4.0+7) \bmod 15 = 7$

Bilangan acak yang dibangkitkan adalah :  
 4 8 5 3 2 1 6 7  
 → Tidak terjadi pengulangan bilangan secara periodik  
 Maka frame yang dihasilkan adalah :

4	8	5
3	2	1
6	7	

**Gambar 4. Frame LCG Level Medium**

Setelah tidak terjadi pengulangan maka gambar frame yang di acak akan di tampilkan menurut hasil pengacakan dengan LCG.

**C. Level Hard**

1. Membangkitkan bilangan acak sebanyak 15 kali dengan  $a = 2, c = 7, m = 10$ , dan  $Z_0 = 16$   
 $Z_1 = (2.2+7) \bmod 10 = 1$   
 $Z_2 = (2.1+7) \bmod 10 = 9$   
 $Z_3 = (2.9+7) \bmod 10 = 5$

$$\begin{aligned} Z_4 &= (2.5+7) \bmod 10 = 7 \\ Z_5 &= (2.7+7) \bmod 10 = 1 \\ Z_6 &= (2.1+7) \bmod 10 = 9 \\ Z_7 &= (2.9+7) \bmod 10 = 5 \\ Z_8 &= (2.5+7) \bmod 10 = 7 \\ Z_9 &= (2.2+7) \bmod 10 = 1 \\ Z_{10} &= (2.1+7) \bmod 10 = 9 \\ Z_{11} &= (2.9+7) \bmod 10 = 5 \\ Z_{12} &= (2.5+7) \bmod 10 = 7 \\ Z_{13} &= (2.7+7) \bmod 10 = 1 \\ Z_{14} &= (2.1+7) \bmod 10 = 9 \\ Z_{15} &= (2.9+7) \bmod 10 = 5 \end{aligned}$$

Bilangan acak yang dibangkitkan adalah :  
1 9 5 7 1 9 5 7 1 9 5 7 1 9 5

→ Terjadi pengulangan bilangan secara periodik

2. Membangkitkan bilangan acak sebanyak 15 kali dengan  $a = 1$ ,  $c = 0$ ,  $m = 13$ , dan  $Z_0 = 16$

$$\begin{aligned} Z_1 &= (1.27+0) \bmod 13 = 14 \\ Z_2 &= (1.25+0) \bmod 13 = 12 \\ Z_3 &= (1.22+0) \bmod 13 = 9 \\ Z_4 &= (1.15+0) \bmod 13 = 2 \\ Z_5 &= (1.28+0) \bmod 13 = 15 \\ Z_6 &= (1.14+0) \bmod 13 = 1 \\ Z_7 &= (1.26+0) \bmod 13 = 13 \\ Z_8 &= (1.24+0) \bmod 13 = 11 \\ Z_9 &= (1.18+0) \bmod 13 = 6 \\ Z_{10} &= (1.21+0) \bmod 13 = 8 \\ Z_{11} &= (1.18+0) \bmod 13 = 5 \\ Z_{12} &= (1.17+0) \bmod 13 = 4 \\ Z_{13} &= (1.16+0) \bmod 13 = 3 \\ Z_{14} &= (1.20+0) \bmod 13 = 7 \\ Z_{15} &= (1.29+0) \bmod 13 = 16 \end{aligned}$$

Bilangan acak yang dibangkitkan adalah :  
14 12 9 2 15 1 13 11 6 8 5 4 3 7 16

→ Tidak terjadi pengulangan bilangan secara periodik, Maka frame yang dihasilkan adalah :

14	12	9	2
15	1	13	11
6	8	5	4
3	7	16	

Gambar 5. Frame LCG Level Hard

Setelah tidak terjadi pengulangan maka gambar frame yang di acak akan di tampilkan menurut hasil pengacakan dengan LCG.

## 11. Hasil Implementasi Perangkat Lunak

Berikut ini penjelasan hasil implementasi perangkat lunak yang telah dibuat pada penelitian ini:

- 1 Halaman Home

Berikut ini adalah tampilan dari halaman home dari sistem yang diusulkan.



Gambar 6. Halaman Utama

Pada halaman utama terdapat 5 (lima) menu yang dapat dipilih oleh pemain sebagaimana yang dirancang pada *flowchart*, yaitu (1) Main, artinya memilih untuk memainkan permainan; (2) Tropy, adalah peringkat yang pernah diraih oleh pemain-pemain sebelumnya; (3) We Are, adalah submenu untuk menjelaskan tentang permainan yang dirancang; (4) Rule, adalah submenu yang memberitahu pemain tentang aturan-aturan yang harus diikuti oleh pemain; dan (5) Exit, submenu untuk keluar dari aplikasi.

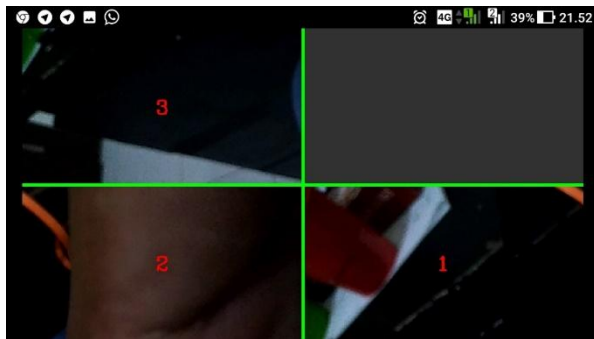
- 2 Menu Main

*Menu Main* digunakan untuk memulai permainan. Setelah menu main di pilih maka aplikasi akan menampilkan data level yaitu *easy*, *medium*, dan *hard*.

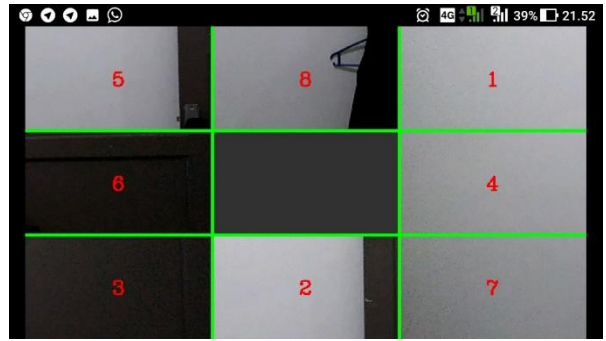


Gambar 7. Menu Main

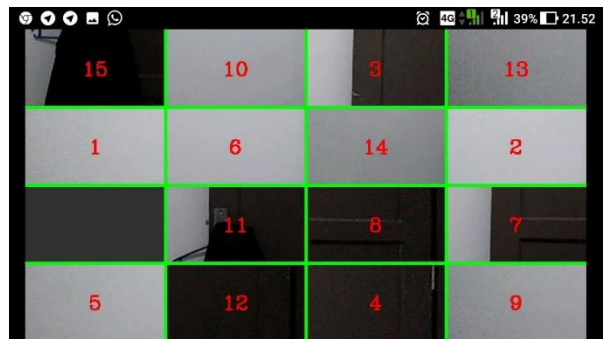
Apabila pemain memilih menu Main, maka selanjutnya aplikasi permainan akan mengarahkan pemain untuk memilih 1 diantara 3 level permainan. Level Easy adalah level terendah, dan level Hard adalah level tertinggi. Level Easy akan membagi gambar yang ditangkap oleh kamera digital secara langsung menjadi 4 bagian, sedangkan untuk level Medium akan membagi gambar menjadi 9 bagian, dan terakhir level tertinggi dapat dimainkan dengan 16 bagian gambar.



Gambar 8. Level Easy



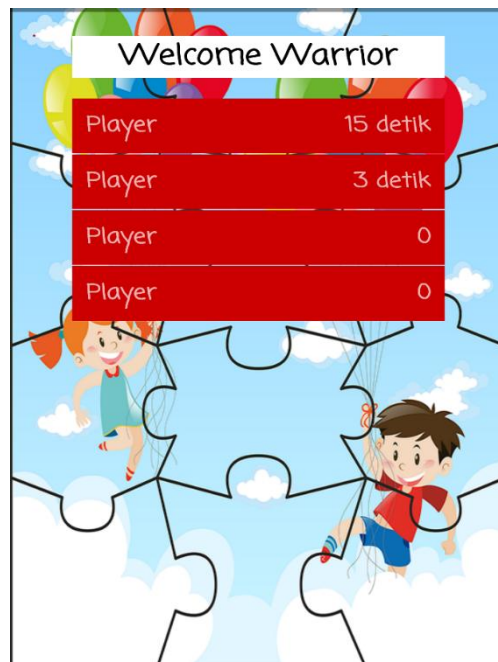
Gambar 9. Level Medium



Gambar 10. Level Hard

### 3 Tropy

Pada menu tropy ini pengguna aplikasi dapat melihat tampilan score dalam bentuk waktu. Setiap pemain yang berhasil menyelesaikan permainan akan dicatat oleh aplikasi pada menu Tropy.



Gambar 11. Tampilan Skor

## 12. Simpulan

Berdasarkan implemetasi dan pengujian yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan bahwa algoritma *Linier Congruential Generator* mampu melakukan pengacakan terhadap citra digital hasil akuisisi dari kamera digital yang dimiliki oleh telepon pintar (*smartphone*). Sehingga secara keseluruhan tujuan dari penelitian untuk memberikan pilihan baru kepada pengguna terhadap permainan puzzle berhasil. Aplikasi yang ada dapat memberikan 3 level permainan kepada pemain yang setiap level memiliki tingkat kesulitan berbeda. Level 1 adalah paling mudah hingga level 3 adalah level paling sulit dengan 16 bagian puzzle.

## 13. Referensi

- A. Puzzle, D. Bentuk, P. Acak, and B. Flash, Aplikasi Puzzle Dengan Bentuk Potongan Acak Berbasis Flash, vol. 4, no. 2, pp. 109–117, 2012.
- D. F. Nurkholis, PENGEMBANGAN GAME EDUKASI PENGENALAN NAMA HEWAN DALAM BAHASA INGGRIS UNTUK ANAK SD BERBASIS ADOBE FLASH CS6, 2015.
- F. A. Hermawati, *Pengolahan Citra Digital Konsep & Teori*, 1st ed. Yogyakarta: Andi, 2013.
- R. Munir, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika, 2004.
- T. Elektronika, Definisi Dan Pengolahan Citra Digital, <http://elektronika-dasar.web.id/definisi-dan-pengolahan-citra-digital/>, 2012. [Online]. Available: <http://elektronika-dasar.web.id/definisi-dan-pengolahan-citra-digital/>.
- W. T. Sutoyo, Edy Mulyanto, Vincent Suhartono, Oky Dwi Nurhayati, *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi, 2009.
- Y. A. Ruswan Putranto, Pengembangan Teknik Pembangkitan Bilangan Acak Berbasiskan Hardware, 2010.