

# PENENTUAN TINGKAT KESULITAN GAME BERBASIS DISTRIBUSI GAUSSIAN MENGGUNAKAN METODE BOX MULLER PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA

Anik Vega vitianingsih<sup>1)</sup> Supeno Mardi S. N<sup>2)</sup>

1) Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Dr. Soetomo Surabaya (Unitomo)  
Jl. Semolowaru 84 Surabaya 60118

2) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Jl.  
Arief Rahman Hakim, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111

<sup>1</sup>vega@unitomo.ac.id, <sup>2</sup>mardi@ee.its.ac.id

## Abstrak

Pembuatan sebuah game komputer sebagai media pembelajaran harus memperhatikan tingkat kesulitan berdasarkan kemampuan *player*, agar motivasi *player* tetap dapat dipertahankan. Untuk itu diperlukan perhitungan untuk menentukan tingkat kesulitan tantangan dan tingkat permainan secara otomatis. Sehingga game pembelajaran tersebut dapat menyesuaikan tingkat kesulitan sesuai respon permainan *player*. Penelitian ini diujicobakan pada pembelajaran matematika untuk tingkat soal mudah, sedang dan sulit. *Distribusi gaussian* dan metode *box muller* diterapkan untuk menentukan tingkat kesulitan soal secara otomatis. *Distribusi gaussian* dan metode *box muller* digunakan untuk menentukan tingkat kesulitan game dengan menaikkan dan menurunkan tingkat kesulitan untuk tipe soal sulit, sedang dan mudah. Sedangkan metode *box muller* digunakan untuk membangkitkan bilangan acak. Perhitungan dilakukan untuk membangkitkan 10 soal dari 30 soal dengan mean ( $\mu$ ) dan standard deviasi ( $\sigma$ ) tertentu. Frekuensi kemunculan soal dari 10 kali percobaan dengan menggunakan *distribusi gaussian* dan metode *box muller* didapatkan hasil  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$  frekuensi kemunculan 10 soal cenderung ke soal tipe mudah,  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$  cenderung ke soal tipe sedang dan  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$  cenderung ke soal tipe sulit. Hasil percobaan untuk menaikkan dan menurunkan tingkat kesulitan soal supaya *game* lebih dinamis dan tidak monoton dari setiap kemampuan *player*, jika *player* dengan kemampuan rata-rata awal permainan pada pintu-1 memilih tingkat kesulitan sedang  $\mu=6$  dengan nilai 60, karena nilai baik maka pada pintu-2 tingkat kesulitan soal dinaikkan  $\mu=6$  dengan nilai 80, karena nilai baik maka pada pintu-3 tingkat kesulitan dinaikkan  $\mu=8$  dengan nilai 85 dan jika *player* dengan kemampuan dibawah rata-rata awal permainan pada pintu-1 memilih tingkat kesulitan mudah  $\mu=3$  dengan nilai 20, karena nilai kurang maka pada pintu-2 tingkat kesulitan soal diturunkan  $\mu=2$  dengan nilai 50, karena nilai cukup maka pada pintu-3 tingkat kesulitan soal dinaikkan  $\mu=5$  dengan nilai 70.

**Kata Kunci:** *Distribusi Gaussian, Box-Muller, Player, Matematika*

## 1. PENDAHULUAN

Mengembangkan permainan yang tidak membosankan dalam *game pedagogic* perlu memperhatikan keseimbangan antara tantangan (tingkat kesulitan) yang diberikan dengan kemampuan *player*. Jika tingkat kesulitan yang diberikan lebih sulit dari kemampuan *player* akan menimbulkan kecemasan, tetapi jika tingkat kesulitan yang diberikan lebih rendah dari kemampuan *player* akan menimbulkan kebosanan. *Player* kategori pandai cenderung memilih tingkat kesulitan dengan tipe sulit, *player* kategori kurang pandai cenderung memilih tingkat kesulitan mudah dan *player* kategori rata-rata cenderung memilih tingkat kesulitan tipe sedang [1]. Dalam penelitian ini tingkat kesulitan dikembangkan pada pembelajaran matematika untuk kategori soal tipe mudah sedang dan sulit.

Distribusi gaussian merupakan salah satu distribusi yang paling penting dalam bidang statistika yang dipengaruhi oleh dua parameter yaitu nilai rata-rata/mean ( $\mu$ ) dan *standard deviasi* ( $\sigma$ ). Distribusi

gaussian dengan nilai  $\mu$  sama dan  $\sigma$  berbeda akan membentuk kurva yang berbeda, jika semakin besar  $\sigma$  maka kurva akan semakin melebar dan tingginya semakin menurun, tetapi jika semakin kecil nilai  $\sigma$  maka lebar kurva akan berkurang dan tinggi kurva akan bertambah, sedangkan jika nilai  $\mu$  yang berbeda maka kurva akan bergeser sehingga  $\mu$  menjadi titik tengahnya [2].

Metode *box muller* merupakan metode untuk membangkitkan sepasang angka random dengan distribusi gaussian yang berasal dari angka random yang terdistribusi *uniform* [3].

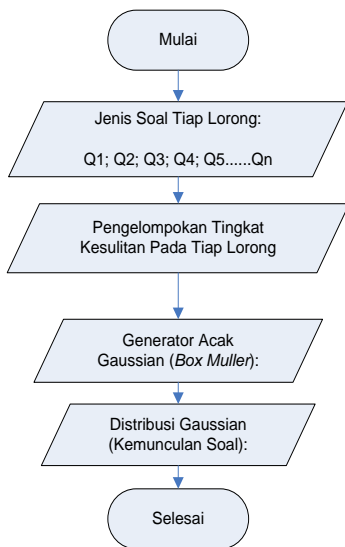
Penelitian sebelumnya menggunakan distribusi gaussian untuk meneliti gerakan tarung *Non Player Character* (NPC) yang dibagi menjadi tiga golongan gerakan untuk memberikan variasi terhadap pemilihan jenis gerakan. *Distribusi Gaussian* digunakan untuk membuat pemilihan gerakan terpusat pada satu jenis gerakan [4].

Penelitian ini menggunakan *distribusi gaussian* untuk menentukan distribusi dari tingkat kesulitan

game dengan menaikkan dan menurunkan tingkat kesulitan untuk tipe soal sulit, sedang dan mudah. Pembangkit angka acak dengan metode *box muller* akan digunakan untuk membangkitkan 10 soal dari 30 soal dengan *mean* ( $\mu$ ) dan *standard deviasi* ( $\sigma$ ) tertentu.

## 2. METODE

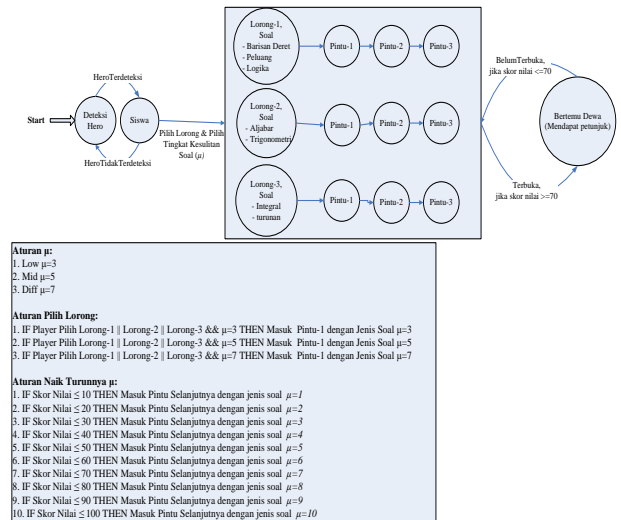
Gambar 1 menunjukkan tahapan-tahapan dalam penelitian yang meliputi diskripsi skenario yang ada, pengelompokan skenario, generator *gaussian random*, dan skenario yang dipilih



Gambar 1. Blok Digram Penelitian

Pada alur penelitian gambar 1 dibuat kategori jenis soal yang selanjutnya dikelompokkan berdasarkan tingkat kesulitan soal, kemudian dari beberapa jenis soal yang sudah terklasifikasi digunakan pembangkit angka acak yang *terdistribusi gaussian* dengan metode *box muller* untuk memilih jenis soal yang sering muncul pada  $\mu$  dan  $\sigma$  tertentu yang diujikan ke *player*.

Awal permainan *player* memilih lorong yang dituju (lorong-1 soal dengan materi barisan deret, Peluang dan logika matematika; lorong-2 soal dengan materi aljabar dan trigonometri dan lorong-3 soal dengan materi integral dan turunan) dan memilih tingkat kesulitan soal  $\mu$  (*low*  $\mu=3$ , *mid*  $\mu=5$  dan *diff*  $\mu=7$ ), setelah *player* memilih lorong dan memilih  $\mu$  maka *player* menjawab soal dengan jenis soal sesuai dengan  $\mu$  yang dipilih, naik turunnya tingkat kesulitan  $\mu$  bergantung pada total skor nilai yang dihasilkan *player*, jika skor nilai mencapai 70 maka pintu lorong gua terbuka dan *player* bertemu dengan Dewa, seperti desain FSM pada gambar 2 berikut,



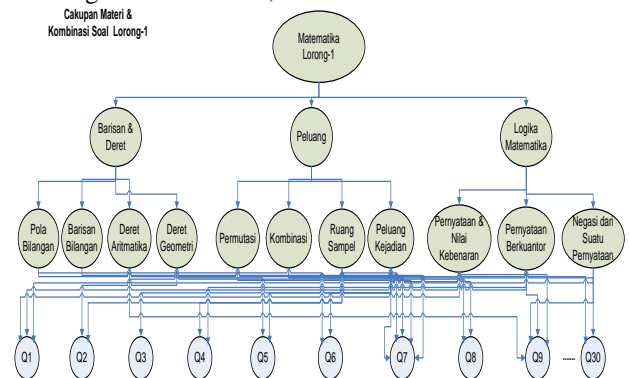
Gambar 2. Perancangan FSM

### 2.1 Kombinasi Soal Pada Skenario Tiap Lorong

Tiap lorong dalam gua masing-masing terdapat tiga pintu, dengan membangkitkan 10 soal dari 30 soal (lihat lampiran) yang tersedia pada tiap lorong menggunakan metode *box muller*.

#### 2.1.1 Kombinasi Materi Untuk Jenis Soal Pada Skenario Lorong-1

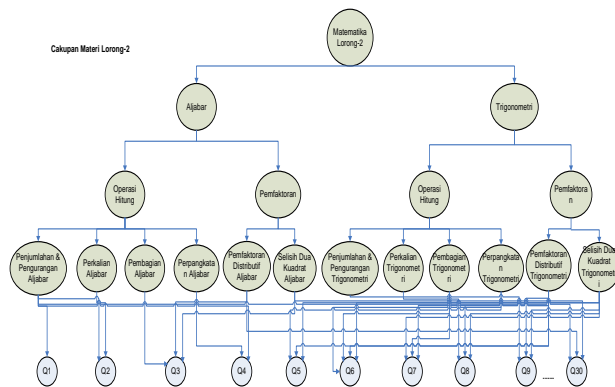
Kombinasi materi untuk membuat jenis soal pada skenario lorong-1 yang terdiri dari pintu-1, pintu-2 dan pintu-3 digunakan cakupan materi matematika (barisan dan deret, peluang dan logika matematika) untuk dijadikan acuan dalam membuat kombinasi soal (Q1 sampai dengan Q30), seperti yang dijelaskan dalam gambar 3 berikut,



Gambar 3. Cakupan materi dan kombinasi soal lorong-1 [5]

#### 2.1.2 Kombinasi Materi Pada Skenario Lorong-2

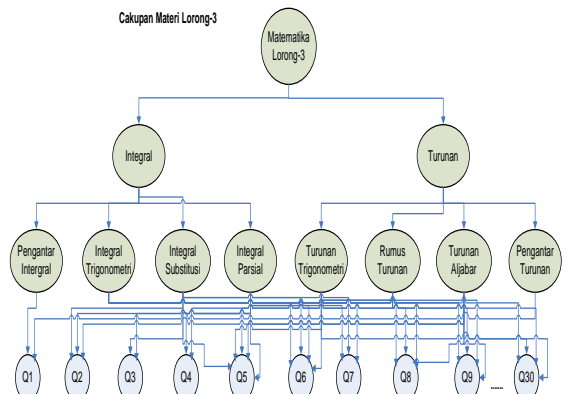
Kombinasi materi untuk membuat jenis soal pada skenario lorong-2 yang terdiri dari pintu-1, pintu-2 dan pintu-3 digunakan cakupan materi matematika (aljabar dan trigonometri) untuk dijadikan acuan dalam membuat kombinasi soal (Q1 sampai dengan Q30), seperti yang dijelaskan dalam gambar 4 berikut,



Gambar 4. Cakupan materi dan kombinasi soal Lorong-2 [5]

**2.1.3 Kombinasi Materi Pada Skenario Lorong-3**

Kombinasi materi untuk membuat jenis soal pada skenario lorong-3 yang terdiri dari pintu-1, pintu-2 dan pintu-3 digunakan cakupan materi matematika (integral dan turunan) untuk dijadikan acuan dalam membuat kombinasi soal (Q1 sampai dengan Q30), seperti yang dijelaskan dalam gambar 5 berikut,



Gambar 5. Cakupan materi dan kombinasi soal Lorong-3 [5]

**2.2 Pengelompokan Tingkat Kesulitan Soal Pada Tiap Lorong**

Disetiap lorong yang dipilih *player* diberikan tingkat kesulitan ( $\mu$ ) yang berbeda-beda dalam menjawab soal matematika (gambar 3, gambar 4 dan gambar 5) yang terdiri dari 30 soal (Q1 sampai Q30), selanjutnya 30 soal tersebut di dekati dengan pembangkit angka acak untuk mengeluarkan hanya 10 soal yang dijawab/dikerjakan oleh *player*, yang terdiri dari *low*, *mid* dan *diff*, dengan kategori pengelompokan sebagai berikut:

1. Soal mudah (*low*)  
Merupakan jenis soal mudah dengan skor nilai dari masing-masing soal 5 point.
2. Soal Sedang (*mid*)  
Merupakan jenis soal sedang dengan skor nilai dari masing-masing soal 10 point.
3. Soal Sulit (*diff*)  
Merupakan jenis soal sulit dengan skor nilai dari masing-masing soal 15 point.

Kategori tingkat kesulitan soal, seperti dijelaskan pada gambar 6 dibagi menjadi:

- a.  $\mu=1$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *low\_a*
- b.  $\mu=2$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *low\_b*
- c.  $\mu=3$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *low\_c*
- d.  $\mu=4$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *mid\_a*
- e.  $\mu=5$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *mid\_b*
- f.  $\mu=6$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *mid\_c*
- g.  $\mu=7$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *diff\_a*
- h.  $\mu=8$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *diff\_b*
- i.  $\mu=9$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *diff\_c*
- j.  $\mu=10$ , soal dengan tingkat kesulitan kategori *diff\_d*



Gambar 6. Kategori Tingkat Kesulitan Soal

Naik turunnya  $\mu$  disesuaikan dengan skor nilai yang diperoleh *player* sesuai dengan aturan seperti pada gambar 2.

**2.2.1 Tingkat Kesulitan Soal Pada lorong-1**

Jenis kombinasi soal yang dijadikan acuan untuk menentukan tingkat kesulitan soal pada lorong-1 seperti yang terlihat pada tabel 1 berikut,

Tabel 1. Jenis Kombinasi soal Lorong-1

Nama	Keterangan	Skor Nilai
<i>low_a</i>	Kombinasi materi logika matematika pernyataan dan nilai kebenaran, pernyataan berkuantor serta negasi dari suatu pernyataan, dengan rumus Premis I = $p \rightarrow q$ ; Premis II = $q \rightarrow r$ ; Konklusi = $p \rightarrow r$	5
<i>low_b</i>	Kombinasi materi peluang untuk ruang sampel dan barisan deret untuk deret geometri, dengan rumus $S = \{(A,A), (A,G), (G,A), (G,G)\}$	5
<i>low_c</i>	Kombinasi materi peluang kejadian dengan rumus $P(A) = n(A)/n(S)$	5
<i>mid_a</i>	Kombinasi materi logika matematika untuk pernyataan berkuantor dan peluang untuk ruang sampel, dengan rumus $(U_x)(0 < x < 7)$	10
<i>mid_b</i>	Kombinasi materi peluang kejadian dan barisan deret untuk deret geometri, dengan rumus $U_1 + U_1 + \dots + U_n$ dan $P(A) = n(A)/n(S)$	10
<i>mid_c</i>	Kombinasi materi peluang kejadian dan barisan deret untuk pola bilangan, dengan rumus: Pola Bilangan $1/2n(n+1)$ dan $P(A) = n(A)/n(S)$	10
<i>diff_a</i>	Kombinasi materi peluang untuk permutasi, kombinasi, ruang sampel, peluang kejadian dan barisan deret untuk barisan bilangan, dengan rumus $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, \dots$ dan	15

Nama	Keterangan	Skor Nilai	Nama	Keterangan	Skor Nilai
	$n! = n(n-1)(n-2) \dots$				
<i>diff_b</i>	Kombinasi materi peluang kejadian dan deret aritmatika, dengan rumus $U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 \dots U_n$ ; $U_n = U_1 + (n-1)b$ dan $P(A) = n(A)/n(S)$	15		pengurangan, aljabar perpangkatan, aljabar Pemfaktoran Distributif dan aljabar Selisih Dua Kuadrat	
<i>diff_c</i>	Kombinasi materi logika matematika untuk pernyataan nilai kebenaran, pernyataan berkuantor, negasi dari suatu pernyataan dan deret aritmatika, dengan rumus $U_2 - U_1 = U_3 - U_2 = U_4 - U_3 = U_n - U_{n-1}$ dan Premis I $= p \rightarrow q$ ; Premis II $= p$ ; Konklusi $= q$	15	<i>diff_b</i>	Kombinasi materi aljabar untuk operasi hitung penjumlahan dan pengurangan, aljabar perpangkatan, aljabar Pemfaktoran Distributif dan aljabar Selisih Dua Kuadrat	15
<i>diff_d</i>	Kombinasi materi barisan deret untuk pola bilangan dan peluang untuk kombinasi, dengan rumus Pola bilangan $= n(n+1)$ dan $nCr = n! / r!(n-r)!$	15	<i>diff_c</i>	Kombinasi materi aljabar untuk operasi hitung pembagian, trigonometri operasi hitung pembagian dan trigonometri operasi hitung perpangkatan	15
			<i>diff_d</i>	Kombinasi materi aljabar operasi hitung pembagian dan trigonometri operasi hitung pembagian	15

### 2.2.2 Tingkat Kesulitan Soal Pada lorong-2

Jenis kombinasi soal yang dijadikan acuan untuk menentukan tingkat kesulitan soal pada lorong-2 seperti yang terlihat pada tabel 2 berikut,

Tabel 2. Jenis Kombinasi soal Lorong-2

Nama	Keterangan	Skor Nilai
<i>low_a</i>	Kombinasi materi trigonometri untuk operasi hitung perkalian	5
<i>low_b</i>	Kombinasi materi trigonometri untuk operasi hitung penjumlahan dan pengurangan	5
<i>low_c</i>	Kombinasi materi aljabar untuk operasi hitung penjumlahan dan pengurangan serta perpangkatan	5
<i>mid_a</i>	Kombinasi materi aljabar untuk operasi hitung penjumlahan dan pengurangan serta perpangkatan	10
<i>mid_b</i>	Kombinasi materi aljabar untuk operasi hitung penjumlahan dan pengurangan, aljabar Pemfaktoran Distributif dan aljabar Selisih Dua Kuadrat	10
<i>mid_c</i>	Kombinasi materi aljabar untuk operasi hitung penjumlahan dan pengurangan, aljabar Pemfaktoran Distributif dan aljabar Selisih Dua Kuadrat	10
<i>diff_a</i>	Kombinasi materi aljabar untuk operasi hitung penjumlahan dan	15

### 2.2.3 Tingkat Kesulitan Soal Pada lorong-3

Jenis kombinasi soal yang dijadikan acuan untuk menentukan tingkat kesulitan soal pada lorong-3 seperti yang terlihat pada tabel 3 berikut,

Tabel 3. Jenis Kombinasi soal Lorong-3

Nama	Keterangan	Skor Nilai
<i>low_a</i>	Kombinasi materi pengantar integral dan pengantar turunan	5
<i>low_b</i>	Kombinasi materi integral substitusi, integral parsial, dan turunan aljabar	5
<i>low_c</i>	Kombinasi materi integral substitusi dan integral parsial	5
<i>mid_a</i>	Kombinasi materi integral parsial dan rumus turunan	10
<i>mid_b</i>	Kombinasi materi integral substitusi, integral parsial, rumus turunan, turunan trigonometri, dan turunan aljabar	10
<i>mid_c</i>	Kombinasi materi integral trigonometri, integral substitusi, integral parsial dan turunan trigonometri	10
<i>diff_a</i>	Kombinasi materi integral parsial, integral substitusi dan integral trigonometri	15
<i>diff_b</i>	Kombinasi materi turunan trigonometri, rumus turunan, turunan trigonometri dan integral trigonometri	15
<i>diff_c</i>	Kombinasi materi turunan trigonometri, rumus turunan, turunan aljabar dan integral trigonometri	15
<i>diff_d</i>	Kombinasi materi turunan trigonometri, rumus turunan, turunan aljabar dan integral trigonometri	15

### 2.3 Pembangkit Gaussian Random

*Generator gaussian random* Pada penelitian ini digunakan metode *Box-Muller* dengan membangkitkan sepasang angka random dengan distribusi normal standard yang berasal dari angka random yang terdistribusi *uniform*. Berdasarkan pseudocode pada *algoritma 1* dapat dibuat blok fungsinya dalam bahasa \*.java seperti pada coding 1.

#### Algoritma 1. Pseudocode algoritma *Box-Muller*

1. Membangkitkan bilangan random uniform  $u$  dan  $v$  dalam range  $[-1,1]$
2. Mendapatkan nilai  $s$  dengan rumus  $s = u^2 + v^2$
3. Proses 2 diulang sampai  $s < 1$
4. Mendapatkan Nilai bilangan random normal  $Z_0$

dan  $Z_1$  dengan rumus  $Z_0 = u \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln s}{s}}$  dan

$$Z_1 = v \cdot \sqrt{\frac{-2 \ln s}{s}}$$

#### Coding 1. Kode sumber algoritma *Box-Muller*

```
double r, u, v, s; double z0, z1 = 0; int use_last = 0; double mean = 7.0, sd = 1.0;
for(int i=0;i<10;i++)
{
    if (use_last == 1)
    {
        z0 = z1; use_last = 0;
    }else
    {
        do {
            u = 2.0 * Math.random() - 1.0;
            v = 2.0 * Math.random() - 1.0;
            s = u*u + v*v;
        } while (s >= 1.0);
        s = Math.sqrt((-2.0 * Math.log(s)) / s);
        z0 = u * s; z1 = v * s; use_last = 1;
    }
    double rr = Math.round(mean + z0 * sd);
    System.out.println(rr);
}
```

Selanjutnya *coding 2* dimasukkan dalam pembuatan program untuk membangkitkan angka random yang terdistribusi gaussian pada kemunculan tingkat kesulitan soal matematika untuk  $\mu$  dan  $\sigma$  tertentu.

### 2.4 Distribusi Gaussian Tingkat Kesulitan Soal

Setelah diperoleh kemunculan dari jenis soal pada tiap pintu disetiap lorong, maka dipetakan frekuensi kemunculan dari jenis soal di tiap pintu untuk dibentuk grafik *distribusi gaussian* yang menyerupai lonceng dengan *rulebase* mengacu pada gambar 2, seperti pada gambar 1 dan gambar 2 yang diaplikasikan pada hasil dan pembahasan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diuji cobakan tiga skenario pada *state gua* untuk mengetahui distribusi dari kemunculan soal kategori *low*, *mid* dan *diff* yang dikeluarkan pada tiap pintu disetiap lorong dengan  $\mu$  dan  $\sigma$  tertentu dan diujikan pula naik turunnya tingkat kesulitan soal pada tiap pintu lorong.

### 3.1 Frekuensi Kemunculan Jenis Soal Pada Tiap Lorong

Frekuensi kemunculan jenis soal pada tiap lorong digunakan sebagai acuan untuk mengetahui jenis soal kategori apa yang sering muncul atau keluar setiap kali dilakukan pengujian dengan pembangkit *gaussian random* menggunakan algoritma *box muller*.

#### 3.1.1. Frekuensi Kemunculan Jenis Soal Pada Lorong-1

Percobaan lorong-1 diuji cobakan tiga distribusi untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ ,  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$  dan untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ , diantaranya:

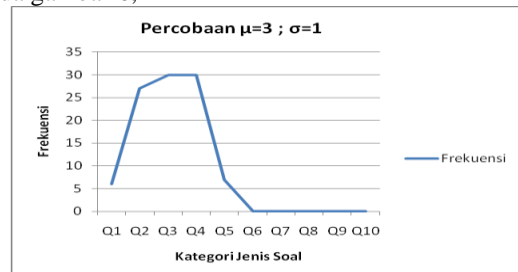
- a. Percobaan-1 untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$

Dari 10 kali percobaan dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, didapatkan data pada tabel 4,

Tabel 4. Hasil percobaan Lorong-1 ( $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ )

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	6
Q2	27
Q3	30
Q4	30
Q5	7
Q6	0
Q7	0
Q8	0
Q9	0
Q10	0

dari tabel 4. diperoleh distribusi kemunculan soal pada gambar 6,



Gambar 6. Frekuensi kategori jenis soal Lorong-1 ( $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 4 dan gambar 6 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-1 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *low\_c* (gambar 6) Q1 sampai dengan Q5. Frekuensi kemunculan jenis soal Q1=6, Q2=27, Q3=30 Q4=30 dan Q5=7. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada

distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

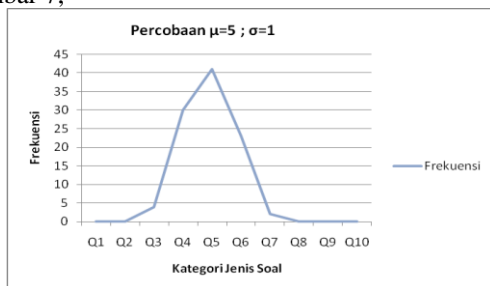
b. Percobaan-2 untuk  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$

Dari 10 kali percobaan dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, didapatkan data seperti pada tabel 5,

Tabel 5. Hasil percobaan Lorong-1 ( $\mu=5$  dan  $\sigma=1$ )

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	0
Q2	0
Q3	4
Q4	30
Q5	41
Q6	23
Q7	2
Q8	0
Q9	0
Q10	0

dari tabel 5 diperoleh distribusi kemunculan soal pada gambar 7,



Gambar 7. Frekuensi kategori jenis soal Lorong-1 ( $\mu=5$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 5 dan gambar 7 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-1 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *mid\_b* (gambar 6) Q3 sampai dengan Q7. Frekuensi kemunculan jenis soal Q3=4, Q4=30, Q5=41, Q6=23 dan Q7=2. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

c. Percobaan-3 untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$

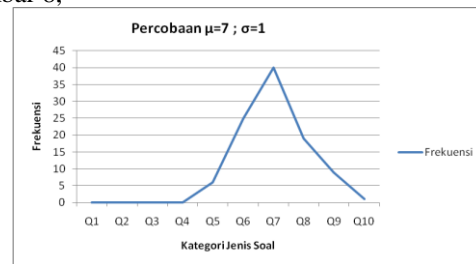
Dari 10 kali percobaan dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, didapatkan data seperti pada tabel 6,

Tabel 6. Hasil percobaan Lorong-1 ( $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ )

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	0
Q2	0
Q3	0
Q4	0
Q5	6
Q6	25

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q7	40
Q8	19
Q9	9
Q10	1

Dari tabel 6 diperoleh distribusi kemunculan soal pada gambar 8,



Gambar 8. Frekuensi kategori jenis soal Lorong-1 ( $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 6 dan gambar 8 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-1 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *diff\_a* (gambar 6) Q5 sampai dengan Q10. Frekuensi kemunculan jenis soal Q5=6, Q6=25, Q7=40 Q8=19, Q9=9 dan Q10=1. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

### 3.1.2 Frekuensi Kemunculan Jenis Soal Pada Lorong-2

Percobaan lorong-2 diuji cobakan tiga distribusi untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ ,  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$  dan untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ , diantaranya:

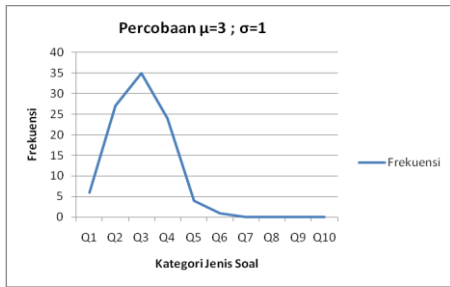
a. Percobaan-1 untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$

Dari 10 kali percobaan (lihat lampiran tabel L7, tabel L8 dan gambar L4) dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, didapatkan data pada tabel 7,

Tabel 7. Hasil percobaan Lorong-1 ( $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ )

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	6
Q2	27
Q3	35
Q4	24
Q5	4
Q6	1
Q7	0
Q8	0
Q9	0
Q10	0

Dari tabel 7 diperoleh distribusi kemunculan soal pada gambar 9,



Gambar 9. Frekuensi kategori jenis soal Lorong-2 ( $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 7 dan gambar 9 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-2 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *low\_c* (gambar 6) Q1 sampai dengan Q6. Frekuensi kemunculan jenis soal Q1=6, Q2=27, Q3=35 Q4=24, Q5=4 dan Q6=1. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

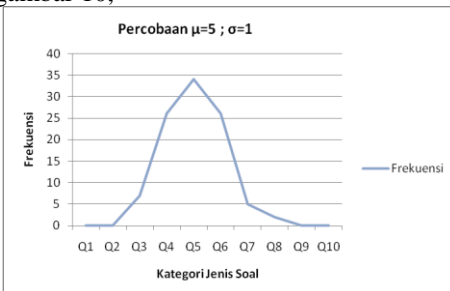
b. Percobaan-2 untuk  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$

Dari 10 kali percobaan (lihat lampiran tabel L9, tabel L10 dan gambar L5) dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, didapatkan data seperti pada tabel 8,

Tabel 8. Hasil percobaan Lorong-2 ( $\mu=5$  dan  $\sigma=1$ )

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	0
Q2	0
Q3	7
Q4	26
Q5	34
Q6	26
Q7	5
Q8	2
Q9	0
Q10	0

Dari tabel 8 diperoleh distribusi kemunculan soal pada gambar 10,



Gambar 4.5 Frekuensi kategori jenis soal Lorong-2 ( $\mu=5$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 8 dan gambar 10 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-2 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan

kategori *mid\_b* (gambar 6) Q3 sampai dengan Q8. Frekuensi kemunculan jenis soal Q3=7, Q4=26, Q5=34 Q6=26, Q7=5 dan Q8=2. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

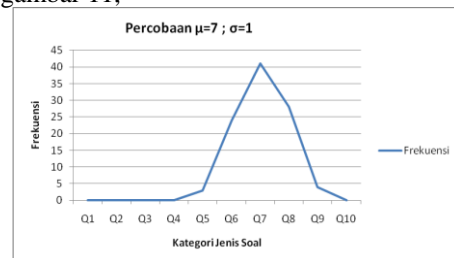
c. Percobaan-3 untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$

Dari 10 kali percobaan (lihat lampiran tabel L11, tabel L12 dan gambar L6) dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, didapatkan data seperti pada tabel 9,

Tabel 11. Hasil percobaan Lorong-2 ( $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ )

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	0
Q2	0
Q3	0
Q4	0
Q5	3
Q6	24
Q7	41
Q8	28
Q9	4
Q10	0

Dari tabel 9 diperoleh distribusi kemunculan soal pada gambar 11,



Gambar 11. Frekuensi kategori jenis soal Lorong-2 ( $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 9 dan gambar 11 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-2 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *diff\_a* (gambar 6) Q5 sampai dengan Q9. Frekuensi kemunculan jenis soal Q5=3, Q6=24, Q7=41 Q8=28 dan Q9=4. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

### 3.1.3 Frekuensi Kemunculan Jenis Soal Pada Lorong-3

Percobaan lorong-3 diuji cobakan tiga distribusi untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ ,  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$  dan untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ , diantaranya:

a. Percobaan-1 untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$

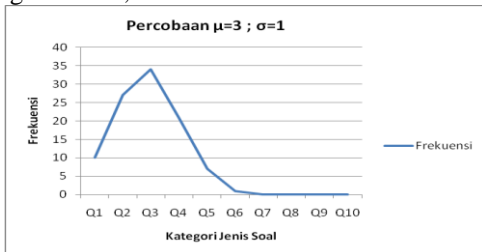
Dari 10 kali percobaan (lihat lampiran tabel L13, tabel L14 dan gambar L7) dengan menggunakan

pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, didapatkan data seperti pada tabel 10,

Tabel 10. Hasil percobaan Lorong-3 ( $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ )

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	10
Q2	27
Q3	34
Q4	21
Q5	7
Q6	1
Q7	0
Q8	0
Q9	0
Q10	0

Dari tabel 10 diperoleh distribusi kemunculan soal pada gambar 12,



Gambar 12. Frekuensi kategori jenis soal Lorong-3 ( $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 10 dan gambar 12 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-3 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *low\_c* (gambar 6) Q1 sampai dengan Q6. Frekuensi kemunculan jenis soal Q1=10, Q2=27, Q3=34, Q4=21, Q5=7 dan Q6=1. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

b. Percobaan-2 untuk  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$

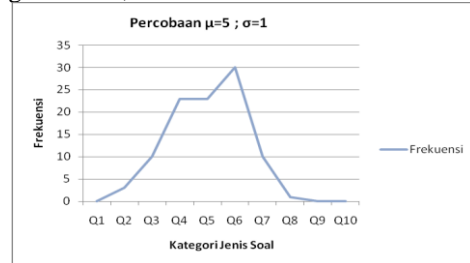
Dari 10 kali percobaan (lihat lampiran tabel L15, tabel L16 dan gambar L8) dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, didapatkan data seperti pada tabel 11,

Tabel 11. Hasil percobaan Lorong-3 ( $\mu=5$  dan  $\sigma=1$ )

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	0
Q2	3
Q3	10
Q4	23
Q5	23
Q6	30
Q7	10
Q8	1
Q9	0

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q10	0

Dari tabel 11 diperoleh distribusi kemunculan soal pada gambar 13,



Gambar 13. Frekuensi kategori jenis soal Lorong-3 ( $\mu=5$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 11 dan gambar 13 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-3 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *mid\_b* (gambar 6) Q2 sampai dengan Q7. Frekuensi kemunculan jenis soal Q2=3, Q3=10, Q4=23, Q5=23, Q6=30, Q7=10 dan Q8=1. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

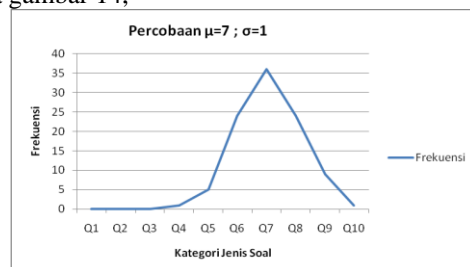
c. Percobaan-3 untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$

Dari 10 kali percobaan (lihat lampiran tabel L17, tabel L18 dan gambar L9) dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, didapatkan data seperti pada tabel 12,

Tabel 12. Hasil percobaan Lorong-3 ( $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ )

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	0
Q2	0
Q3	0
Q4	1
Q5	5
Q6	24
Q7	36
Q8	24
Q9	9
Q10	1

Dari tabel 12 diperoleh distribusi kemunculan soal pada gambar 14,



Gambar 14. Frekuensi kategori jenis soal Lorong-3 dengan  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$



Tabel 12 dan gambar 14 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-3 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *diff\_a* (gambar 6) Q4 sampai dengan Q10. Frekuensi kemunculan jenis soal Q4=1, Q5=5, Q6=24, Q7=36, Q8=24, Q9=9 dan Q10=1. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

### 3.2 Menaikkan dan Menurunkan Tingkat Kesulitan

Menaikkan dan menurunkan tingkat kesulitan soal yang dikaitkan dengan skenario pada *state* gua dan aturan yang berlaku untuk menaikkan dan menurunkan tingkat kesulitan soal berdasarkan skor yang didapat dari masing-masing pintu mengacu pada gambar 3.2 dan gambar 6.

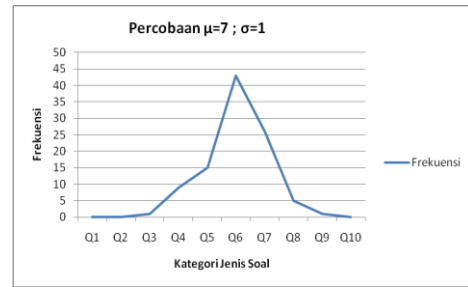
1. Uji coba-1, dengan urutan langkah sebagai berikut:
  - a. *Player* dengan kemampuan rata-rata memilih lorong-2 dengan jenis kesulitan *mid*, maka pada pintu-1 dimunculkan soal dengan tingkat kesulitan pada  $\mu=5$  (kemunculan soal yang harus dikerjakan ada pada tabel 4.5 dan gambar 4.5), perolehan skor nilai pada pintu-1 adalah 60
  - b. Pada pintu-2 tingkat kesulitan akan dinaikkan karena skor nilai tercapai baik dengan  $\mu=6$  pada tabel 4.10 dan gambar 4.10, dengan perolehan skor nilai adalah 80
  - c. Pada pintu-3 tingkat kesulitan dinaikkan karena skor nilai tercapai baik dengan tingkat kesulitan  $\mu=8$  (distribusi soal pada tabel 4.11 dan gambar 4.11) dengan skor nilai 90

Pada pintu-2 dari 10 kali percobaan (lihat lampiran tabel L19, tabel L20 dan gambar L10) dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller* pada  $\mu=6$  dan  $\sigma=1$ , didapatkan data seperti pada tabel 13,

Tabel 13. Hasil percobaan naiknya  $\mu=6$  dan  $\sigma=1$  pada pintu-2 lorong-2

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	0
Q2	0
Q3	1
Q4	9
Q5	15
Q6	43
Q7	26
Q8	5
Q9	1
Q10	0

Dari tabel 13 diperoleh distribusi kemunculan soal gambar 15 berikut,



Gambar 15. Frekuensi kategori jenis soal ( $\mu=6$  dan  $\sigma=1$ )

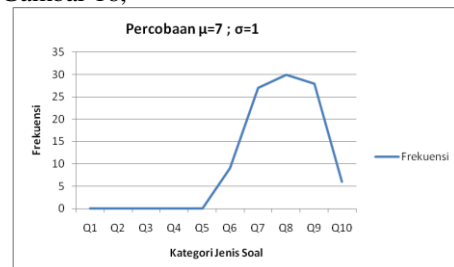
Tabel 13 dan gambar 15 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-2 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=6$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *mid\_c* (gambar 6) Q3 sampai dengan Q9. Frekuensi kemunculan jenis soal Q3=1, Q4=9, Q5=15, Q6=43, Q7=26, Q8=5 dan Q9=1. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

Pada pintu-3 dari 10 kali percobaan (lihat lampiran tabel L21, tabel L22 dan gambar L11) dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller* pada  $\mu=8$  dan  $\sigma=1$ , didapatkan data seperti pada tabel 14,

Tabel 14. Hasil percobaan naiknya  $\mu=8$  dan  $\sigma=1$  pada pintu-3 lorong-2

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	0
Q2	0
Q3	0
Q4	0
Q5	0
Q6	9
Q7	27
Q8	30
Q9	28
Q10	6

Dari tabel 14 dapat diplot distribusi kemunculan soal pada Gambar 16,



Gambar 16. Frekuensi kategori jenis ( $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 14 dan gambar 16 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-2 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *diff\_a* (gambar 6) Q6 sampai dengan Q10. Frekuensi kemunculan jenis soal Q6=9, Q7=27, Q8=30, Q9=28 dan Q10=6. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut

digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

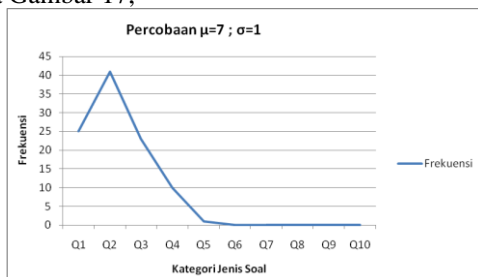
2. Uji coba-2, dengan urutan langkah sebagai berikut:
  - a. *Player* dengan kemampuan bodoh memilih lorong-1 dengan jenis kesulitan mudah  $\mu=5$ , maka pada pintu-1 dimunculkan soal pada tabel 4.1 dan gambar 4.1, dengan perolehan skor nilai pada pintu-1 adalah 20
  - b. Skor nilai yang didapat pada pintu-1 kecil, maka tingkat kesulitan soal pada pintu-2 diturunkan dengan  $\mu=2$ , dengan perolehan skor nilai adalah 50
  - c. Skor nilai yang didapat pada pintu-2 tercapai baik, maka kemunculan soal tabel 4.2 dan gambar 4.3 pada pintu-3 dinaikkan tingkat kesulitannya dengan  $\mu=5$  dengan perolehan skor nilai adalah 70

Pada pintu-2 dari 10 kali percobaan (lihat lampiran tabel L23, tabel L24 dan gambar L12) dengan menggunakan pembangkit angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller* pada  $\mu=2$  dan  $\sigma=1$ , didapatkan data seperti pada tabel 15,

Tabel 15. Hasil percobaan naiknya  $\mu=2$  dan  $\sigma=1$  pada pintu-2 lorong-1

Kategori Jenis Soal	Frekuensi
Q1	25
Q2	41
Q3	23
Q4	10
Q5	1
Q6	0
Q7	0
Q8	0
Q9	0
Q10	0

Dari tabel 15 diperoleh distribusi kemunculan soal pada Gambar 17,



Gambar 17. Frekuensi kategori jenis soal ( $\mu=2$  dan  $\sigma=1$ )

Tabel 15 dan gambar 17 menjelaskan frekuensi kemunculan jenis soal pada lorong-1 dengan 10 kali percobaan untuk  $\mu=2$  dan  $\sigma=1$ , muncul soal dengan kategori *low\_b* (gambar 6) Q1 sampai dengan Q5. Frekuensi kemunculan jenis soal Q1=25, Q2=41, Q3=23, Q4=10 dan Q5=1. Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  tersebut digunakan untuk menentukan naik turunnya  $\mu$  pada

distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

#### 4. KESIMPULAN

Frekuensi kemunculan soal dari 10 kali percobaan dengan menggunakan generator angka acak *distribusi gaussian* metode *box muller*, dimana untuk  $\mu=3$  dan  $\sigma=1$  frekuensi kemunculan 10 soal cenderung ke soal tipe mudah, untuk  $\mu=5$  dan  $\sigma=1$  frekuensi kemunculan 10 soal cenderung ke soal tipe sedang dan untuk  $\mu=7$  dan  $\sigma=1$  frekuensi kemunculan 10 soal akan cenderung ke soal tipe sulit.

Menaikkan dan menurunkan tingkat kesulitan soal sangat efektif membantu *player*, dimana *player* dengan kemampuan rata-rata awal permainan pada pintu-1 memilih tingkat kesulitan sedang  $\mu=6$  dengan skor nilai 60, karena skor nilai baik maka pada pintu-2 tingkat kesulitan soal dinaikkan  $\mu=6$  dengan skor nilai 80, karena skor baik maka pada pintu-3 tingkat kesulitan dinaikkan  $\mu=8$  dengan skor nilai 85 dan *player* dengan kemampuan dibawah rata-rata awal permainan pada pintu-1 memilih tingkat kesulitan mudah  $\mu=3$  dengan skor nilai 20, karena skor nilai kurang maka pada pintu-2 tingkat kesulitan soal diturunkan  $\mu=2$  dengan skor nilai 50, karena skor cukup maka pada pintu-3 tingkat kesulitan dinaikkan  $\mu=5$  dengan skor nilai 70.

Nilai  $\mu$  dan  $\sigma$  yang diperoleh akan digunakan untuk menentukan naik turunnya tingkat kesulitan soal yang akan dikeluarkan pada distribusi gaussian untuk pintu berikutnya pada lorong yang sama berdasarkan skor nilai yang dihasilkan.

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] Penelope Sweetser & Peta Wyeth, *GameFlow: A Model for Evaluating Player's Enjoyment in Games*, *ACM Computers in Entertainment*, Vol. 3, No. 3, July 2005.
- [2] Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers, Sharon L. Myers, and Keying Ye. *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Pearson Prentice Hall, 2007.
- [3] G.E.P.Box and Mervin E.Muller. *A note on the generation of random normal deviates*. In *The Annal of Mathematical Statistics*, volume 29, pages 610–611, 1958.
- [4] Nur Kholis Majid, Moch. Hariadi, Supeno Mardi. "Distribusi Gaussian Perilaku Tarung NPC Prajurit pada Game Peperangan Menggunakan Metode Box-Muller". 2010.
- [5] Departemen Pendidikan Nasional, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat Pembinaan SMA, 2006