

Penerapan Metode Box Muller of Gaussian Distribution Untuk Menentukan Tingkat Kesulitan Pada Game Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api

Afif Nuril Ihsan, Fresy Nugroho, Yunifa Miftachul Arif

Abstrak—the difficulty level scenario in a game is an important component in making a game. In order for the game difficulty level scenario to be more challenging and not monotonous, the difficulty level scenario must be determined automatically or dynamically. In this study, the determination of the difficulty level scenario will be built with the *Box Muller Of Gaussain Distribution* method so that the difficulty level scenario can run automatically or dynamically, so that the scenario can be chosen randomly and cannot be predicted by the player. In this study, the difficulty level scenario is used in the Volcano Disaster Mitigation Learning game to manage the difficulty of science problems that will appear at each level. In the testing phase, two tests will be conducted between the game of Volcano Disaster Mitigation Learning with the *Box Muller Of Gaussain Distribution* method and without the method. From this testing phase it was found that the game using more varied methods in determining the level of difficulty scenarios. In this testing phase, the ideal mean for the 4th grade students is $\mu = 5.5$. Then the validation stage will be used *behavior validation* by finding 5 4th grade elementary school students to play the game. Of the 5 students who tried the game Volcano Disaster Mitigation Learning, the results showed that, the first student had an average success of 71.11111%, the second student got 81.48148148%, the third student 79.16666667%, the fourth student 73.61111111%, and the fifth student 87.5%. From this study it was concluded that the *Box Muller of Gaussian Distribution* managed to manage the difficulty level scenario dynamically or automatically.

Index Terms— *Behavior Validation, Box Muller, Dynamic Difficulty Level, Game, Gaussian Distribution.*

Abstrak—tingkat kesulitan pada game merupakan komponen penting dalam pembuatan game. Supaya

Manuscript received March 22, 2019. This work was supported in part by Informatics Engineering Department of Maulana Malik Ibrahim Islamic State University.

Afif Nuril Ihsan is with the Informatic Engineering Departement of Maulana Malik Ibrahim Islamic State University , Malang, Indonesia (email: fresysss@gmail.com)

Fresy Nugroho, was with the Informatic Engineering Departement of Maulana Malik Ibrahim Islamic State

Yunifa Miftachul Arif is the Informatic Engineering Departement of Maulana Malik Ibrahim Islamic State University, Malang, Indonesia (email yunif4@gmail.com)

skenario tingkat kesulitan game lebih menantang dan tidak monoton maka skenario tingkat kesulitan harus ditentukan secara otomatis atau dinamis. Dalam penelitian ini, penentuan skenario tingkat kesulitan akan dibangun dengan metode *Box Muller Of Gaussain Distribution* supaya skenario tingkat kesulitan dapat berjalan secara otomatis atau dinamis, sehingga skenario bisa dipilih secara acak dan tidak bisa diprediksi oleh pemain. Pada penelitian ini skenario tingkat kesulitan digunakan pada game Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api untuk mengatur kesulitan soal IPA yang akan muncul pada tiap level. Pada tahap pengujian akan dilakukan dua pengujian antara game Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api dengan metode *Box Muller Of Gaussain Distribution* dan tanpa metode. Dari tahap pengujian ini didapat bahwa game yang menggunakan metode lebih bervariasi dalam penentuan skenario tingkat kesulitan. Pada tahap pengujian ini didapat *mean / rata-rata* ideal untuk siswa kelas 4 SD yaitu $\mu = 5.5$. Kemudian tahap validasi akan digunakan validasi *behavior* dengan cara mencari 5 siswa kelas 4 SD untuk memainkan permainan. Dari 5 siswa yang mencoba game Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api didapat hasil bahwa, siswa pertama memiliki rata-rata keberhasilan 71.11111%, siswa kedua mendapatkan 81.48148148%, siswa ketiga 79.16666667%, siswa keempat 73.61111111%, dan siswa kelima 87.5%. Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa *Box Muller of Gaussian Distribution* berhasil mengatur skenario tingkat kesulitan secara dinamik atau otomatis.

Kata Kunci— *Box Muller, Game, Gaussian Distribution, Tingkat Kesulitan Dinamis, Validasi Behavior.*

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini teknologi berkembang sangat pesat, khususnya teknologi pembuatan *game*. *Game* pada saat ini dapat dengan mudah di akses dan dimainkan oleh berbagai kalangan. Bermain *game* dapat meringankan dan mengalihkan perhatian dari rasa sakit yang diderita oleh seorang anak yang sedang dalam masa perawatan, misalnya seperti kemoterapi [1]. Dalam sebuah game terdapat beberapa komponen *game* seperti, skenario *game* merupakan gambaran alur cerita pada *game*. Dalam *game* juga terdapat NPC atau *Non Player Character*. Selanjutnya dalam *game* terdapat tema atau genre *game*, misal *game* edukasi,

petualangan, aksi, RPG, dan lain-lain. Desain rintangan dalam skenario *game* merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi motivasi pemain dalam bermain [2]. Bermain *game* juga dapat membuat merasa bosan. Kebosanan pemain memainkan sebuah *game* didasarkan pada beberapa faktor, salah satunya adalah desain rintangan pada skenario *game*. Terdapat penentuan tingkat kesulitan pada *game* dengan cara otomatis atau dinamis, jadi pemain tidak perlu memilih tingkat kesulitan *game* pada awal bermain *game*, seperti *easy*, *medium* atau *hard*. Jika dibangun secara otomatis atau dinamis maka kesulitan *game* dapat berubah sesuai dengan kemampuan pemainnya.

Metode pertama yang dapat membuat skenario tingkat kesulitan secara dinamis atau otomatis yaitu *Central Limit Theorem Approximation*, metode ini dapat digunakan dalam penentuan tingkat kesulitan akan tetapi variabel yang diacak pada metode ini yaitu *many uniform random variables*. Metode ini memiliki kekurangan terlalu banyaknya variabel yang diacak, semakin banyak variabel yang diacak maka proses akan semakin lama. Metode kedua yaitu *Box-Muller of Gaussian Distribution*, metode ini dapat menentukan tingkat kesulitan *game* secara otomatis atau dinamis. *Box-Muller of Gaussian Distribution* ini melakukan operasi acak untuk menentukan tingkat kesulitan *game* dengan mengacak dua variabel saja [3].

Pada permasalahan yang diuraikan, ditawarkan sebuah solusi Bagaimana menentukan tingkat kesulitan *game* secara dinamis atau otomatis menggunakan metode *Box Muller of Gaussian Distribution*.

II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian sejenis yang pernah dilakukan yaitu pada penelitian yang membahas metode *Box Muller of Gaussian Distribution* untuk penentuan tingkat kesulitan pada *game* Reog Ponorogo yang dibuat oleh I Nyoman Sukajaya pada tahun 2015. Inti dari penelitian ini adalah membahas cara penentuan skenario tingkat kesulitan secara dinamis dan dinamis [4]. Penelitian sejenis yang lain yaitu untuk Selanjutnya penentuan tingkat kesulitan pada *game* penentuan lorong yang terbuka dengan menyelesaikan soal matematika Pada paper ini terdapat 3 tipe soal matematika yaitu sulit, sedang, dan mudah. Tiga tipe soal ini akan membuka lorong untuk bertemu dewa untuk meminta suatu petunjuk. Tiap tipe soal akan membuka lorong yang berbeda jika skor yang didapat sesuai dengan ketentuan [5]. Penelitian sejenis yang lain dimana peneliti penentuan tingkat kesulitan secara dinamis pada *game* Labirin dengan metode algoritma *logika fuzzy* Untuk pengujian pada jurnal ini menggunakan dua pengujian, pengujian validasi behavior dan pengujian performa. Dari jurnal ini dapat disimpulkan bahwa metode *fuzzy* berhasil untuk menyetarakan *softskill* yang dimiliki pemain dengan *level* yang dimainkan [6].

III. ALUR PENGUMPULAN DATA

A. Blok Diagram Penelitian



Gambar 1 Blok Diagram Penelitian

Penentuan tingkat kesulitan *game* pada penelitian ini langkah pertama yaitu pengumpulan soal-soal berdasarkan 8 indikator. Berikut ini merupakan 8 indikator soal-soal yang akan muncul.

1. Menjelaskan pengaruh faktor penyebab perubahan lingkungan terhadap daratan.
2. Menjelaskan tipe-tipe gunung api.
3. Mendemonstrasikan proses erupsi gunung api.
4. Mengidentifikasi berbagai dampak yang ditimbulkan dari erupsi gunung api.
5. Menjelaskan bahaya yang ditimbulkan dari adanya erupsi gunung api.
6. Mengidentifikasi langkah-langkah mitigasi bencana.
7. Mengidentifikasi langkah-langkah mitigasi bencana sebelum terjadi erupsi gunung api.
8. Mengidentifikasi langkah-langkah mitigasi bencana pada saat terjadi erupsi gunung api.

Langkah kedua pengelompokan soal-soal berdasarkan indikator menjadi kumpulan soal. Indikator 1 sampai 4 merupakan indikator yang akan muncul pada *level* 1. Indikator 5 sampai 8 merupakan indikator yang akan muncul pada *level* 2. Sedangkan pada *level* 3 merupakan gabungan dari indikator 1 sampai 8. Setelah pengelompokan selesai, kumpulan soal ini akan diacak oleh *Box Muller of Gaussian Distribution* untuk mencari *mean* / rata-rata yang ideal untuk ditampilkan kedalam *game*. Pada proses pengacakan ini *mean* dari algoritma box muller akan diganti dari 1 sampai 10. Setiap nilai *mean* yang diubah akan menghasilkan kumpulan soal yang berbeda. Satu siswa dengan siswa lain tingkat kesulitannya akan berbeda, tergantung dengan tingkat kemampuan siswa dalam menyelesaikan pertanyaan-pertanyaan yang akan muncul pada *game*. Setelah diketahui jumlah lolos menuju *level* selanjutnya atau tidak maka dapat ditentukan *mean* yang ideal dari siswa tersebut dengan cara membuat diagram dari data jumlah lolos dan tidak lolos. *Mean* tersebut merupakan tingkat kesulitan pada

game untuk siswa kelas 4 SD yang akan dimasukkan kedalam game.

B. Box Muller of Gaussian Distribution

Secara umum *Box Muller of Gaussian Distribution* merupakan metode untuk menentukan nilai *mean* dari Gaussian Distribution dengan menggunakan metode *box muller*. *Box Muller of Gaussian Distribution* digunakan pada saat awal permainan untuk penyesuaian tingkat kesulitan pada *level* selanjutnya. Sebagai contoh; pemain yang hanya menjawab 4 dari 10 dengan benar akan mendapatkan skor total 40. skor total 40 tercakup dalam interval $40 < \text{skor total} \leq 50$ dan diklasifikasikan dapat melanjutkan ke gerbang berikutnya dengan tingkat kesulitan yang lebih tinggi.

Pseudocode algoritma *Box-Muller*:

1. Generate uniform random number u, v in range $[-1, 1]$.
2. Calculate $s = u^2 + v^2$
3. Looping step 2 until $s < 1$
4. Find normal random numbers $z_0 = u \cdot \sqrt{(-2\ln s)/s}$ and $z_1 = v \cdot \sqrt{(-2\ln s)/s}$

Dimana z_0 dan z_1 adalah variabel random independen yang terdistribusi normal standar. Dari *pseudocode* z_0 dan z_1 akan dimasukkan dalam game.

IV. SKENARIO TINGKAT KESULITAN

Dalam melakukan perhitungan tingkat kesulitan yang sesuai dengan pemain (siswa SD kelas 4) maka diperlukan 10 siswa sebagai acuan untuk menentukan *mean* / rata-rata yang ideal.

A. Skenario tingkat kesulitan *Box Muller Of Gaussian Distribution*

Pada penelitian ini menggunakan 5 soal tentang materi IPA kelas 4, pada 5 soal tersebut terdapat 3 tingkat kesulitan yaitu *easy*, *normal*, dan *hard*. Tiap tingkat kesulitan soal tersebut memperoleh skor yang berbeda-beda, *easy* mendapatkan skor 15, *normal* mendapatkan skor 20, dan *hard* mendapatkan skor 30. Pemain dapat melanjutkan ke *level* selanjutnya jika pemain mendapatkan total skor di atas atau sama dengan 75. Namun jika pemain mendapatkan total skor kurang dari 75 maka pemain akan mengulang *stage* ini dengan menjawab 5 pertanyaan lain yang akan diacak dengan menggunakan metode *Box Muller*.

Berikut adalah detail dari desain kesulitan yang akan digunakan.

- Q5 : if $71 < \text{total skor} \leq 100$
 Q4 : if $61 < \text{total skor} \leq 70$
 Q3 : if $31 < \text{total skor} \leq 50$
 Q2 : if $16 < \text{total skor} \leq 30$
 Q1 : if $\text{total skor} \leq 15$

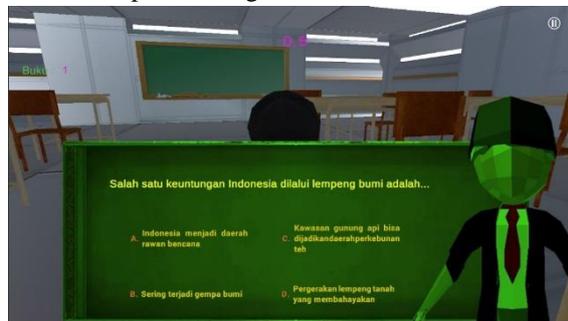
Di perpustakaan akan terdapat soal-soal tentang materi IPA kelas 4 dengan indikator 1 sampai 4. Indikator pertama menjelaskan pengaruh faktor penyebab perubahan lingkungan terhadap daratan. Indikator kedua menjelaskan tipe-tipe gunung api.

Indikator ketiga mendemonstrasikan proses erupsi gunung api. Indikator keempat mengidentifikasi berbagai dampak yang ditimbulkan dari erupsi gunung api.

Di kelas akan terdapat soal-soal tentang materi IPA kelas 4 dengan indikator 5 sampai 8. Indikator kelima menjelaskan bahaya yang ditimbulkan dari adanya erupsi gunung api. Indikator keenam mengidentifikasi langkah-langkah mitigasi bencana. Indikator ketujuh mengidentifikasi langkah-langkah mitigasi bencana sebelum terjadi erupsi gunung api. Indikator kedelapan mengidentifikasi langkah-langkah mitigasi bencana pada saat terjadi erupsi gunung api.

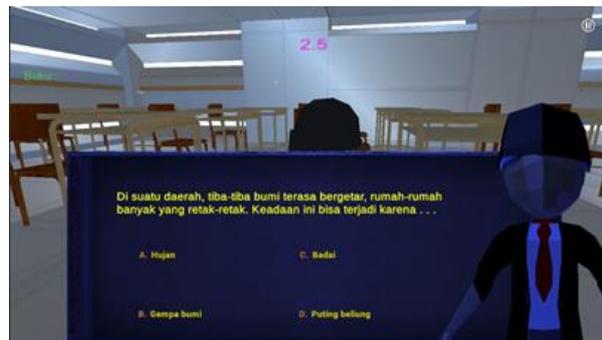
Di ruang guru akan terdapat soal-soal tentang materi IPA kelas 4 dengan indikator 1 sampai 8. Pengelompokan soal di ruang guru sama dengan pengelompokan soal di perpustakaan dan ruang kelas. Pada ruang guru ini soal yang muncul adalah gabungan dari soal yang ada di perpustakaan dan di ruang kelas.

Berikut ini merupakan tampilan pertanyaan pada *level* 1, bertempat di ruang kelas.



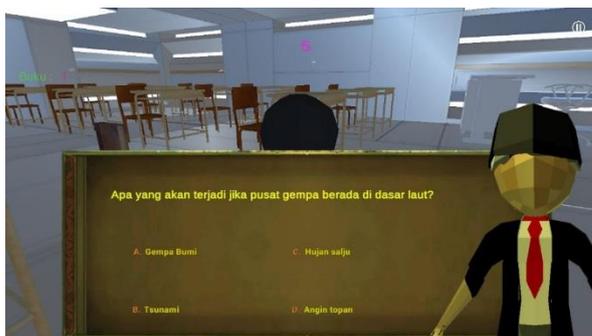
Gambar 1 Tampilan pertanyaan buku pertama di kelas

Gambar 1 merupakan tampilan jika pemain akan menjawab soal pada buku pertama di kelas. Dalam buku pertama ini soal yang muncul masing-masing terdapat 3 soal mudah, 1 soal normal, dan 1 soal sulit. *Background* pertanyaan pada buku pertama adalah hijau. Pada buku pertama terdapat pertanyaan dengan kesulitan mudah.



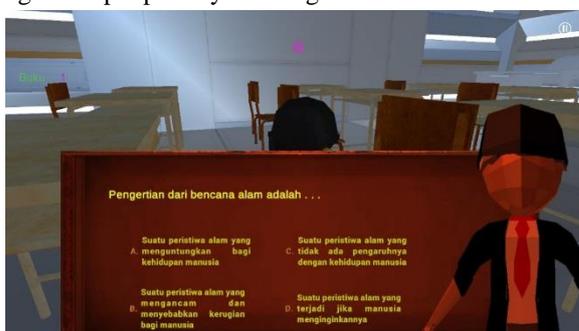
Gambar 2 Tampilan pertanyaan buku kedua di kelas

Gambar 2 merupakan tampilan jika pemain akan menjawab soal pada buku kedua di kelas. Dalam buku kedua ini soal yang muncul masing-masing terdapat 2 soal mudah, 2 soal normal, dan 1 soal sulit. *Background* pertanyaan pada buku kedua adalah biru. Pada buku kedua terdapat pertanyaan dengan kesulitan antara mudah dan normal.



Gambar 3 Tampilan pertanyaan buku ketiga di kelas

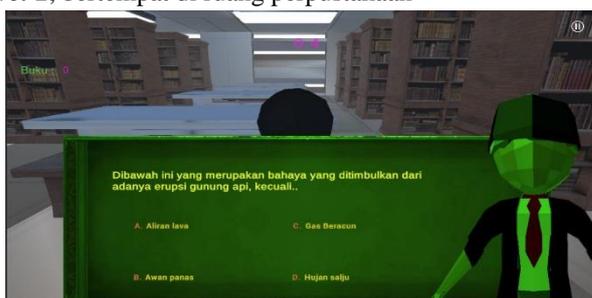
Gambar 3 merupakan tampilan jika pemain akan menjawab soal pada buku ketiga di kelas. Dalam buku ketiga ini soal yang muncul masing-masing terdapat 1 soal mudah, 3 soal normal, dan 1 soal sulit. *Background* pertanyaan pada buku ketiga adalah kuning. Pada buku ketiga terdapat pertanyaan dengan kesulitan normal.



Gambar 4 Tampilan pertanyaan buku keempat di kelas

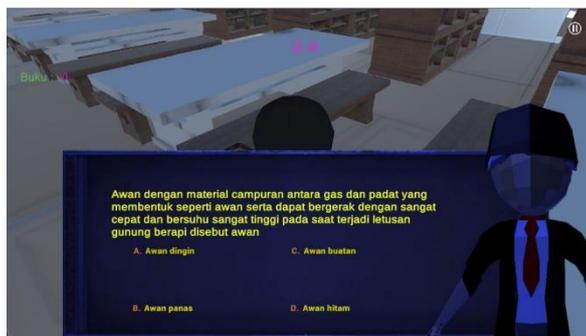
Gambar 4 merupakan tampilan jika pemain akan menjawab soal pada buku keempat di kelas. Dalam buku keempat ini soal yang muncul masing-masing terdapat 1 soal mudah, 2 soal normal, dan 2 soal sulit. *Background* pertanyaan pada buku ketiga adalah merah. Pada buku keempat terdapat pertanyaan dengan kesulitan sulit.

Berikut ini merupakan tampilan pertanyaan pada level 2, bertempat di ruang perpustakaan



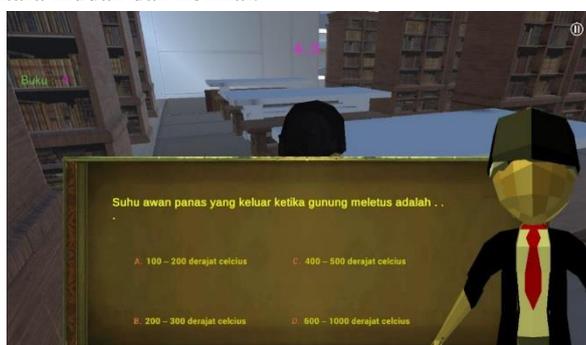
Gambar 5 Tampilan pertanyaan buku pertama di perpustakaan

Gambar 5 merupakan tampilan jika pemain akan menjawab soal pada buku pertama di perpustakaan. Dalam buku pertama ini soal yang muncul masing-masing terdapat 3 soal mudah, 1 soal normal, dan 1 soal sulit. *Background* pertanyaan pada buku pertama adalah hijau. Pada buku pertama terdapat pertanyaan dengan kesulitan mudah.



Gambar 6 Tampilan pertanyaan buku pertama di perpustakaan

Gambar 6 merupakan tampilan jika pemain akan menjawab soal pada buku kedua di perpustakaan. Dalam buku kedua ini soal yang muncul masing-masing terdapat 2 soal mudah, 2 soal normal, dan 1 soal sulit. *Background* pertanyaan pada buku kedua adalah biru. Pada buku kedua terdapat pertanyaan dengan kesulitan antara mudah dan normal.



Gambar 7 Tampilan pertanyaan buku pertama di perpustakaan

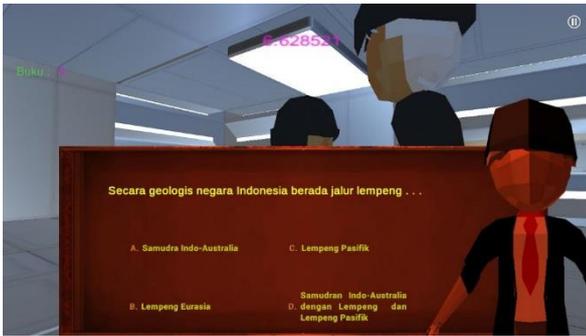
Gambar 7 merupakan tampilan jika pemain akan menjawab soal pada buku ketiga di perpustakaan. Dalam buku ketiga ini soal yang muncul masing-masing terdapat 1 soal mudah, 3 soal normal, dan 1 soal sulit. *Background* pertanyaan pada buku ketiga adalah kuning. Pada buku ketiga terdapat pertanyaan dengan kesulitan normal.



Gambar 8 Tampilan pertanyaan buku pertama di perpustakaan

Gambar 8 merupakan tampilan jika pemain akan menjawab soal pada buku keempat di perpustakaan. Dalam buku keempat ini soal yang muncul masing-masing terdapat 1 soal mudah, 2 soal normal, dan 2 soal sulit. *Background* pertanyaan pada buku ketiga adalah merah. Pada buku keempat terdapat pertanyaan dengan kesulitan sulit.

Pada level ketiga terdapat di ruang guru. Berikut tampilan pertanyaannya.



Gambar 9 Tampilan pertanyaan buku pertama di perpustakaan

Gambar 9 merupakan tampilan jika pemain akan menjawab soal di ruang guru. Di ruang guru ini pemain akan menjawab satu kumpulan soal saja. Jika tingkat kesulitan soal sulit maka *background* soal berwarna merah, jika tingkat kesulitan soal normal maka *background* soal berwarna kuning, jika tingkat kesulitan soal antara normal dan mudah maka *background* soal berwarna biru, jika tingkat kesulitan soal mudah maka *background* soal berwarna hijau

B. Prosedur Penelitian

Pengujian akan dilakukan dengan murid kelas 4 SD. Pada awal permainan murid akan mengisi nama atau *username* dalam *game*. Setelah pemain menulis *username*, pemain diharuskan mencari 4 buku yang sudah diberi materi dan harus menjawab pertanyaan dengan benar. Jika pemain menemukan buku pertama maka pemain harus mempelajari materi yang akan muncul, setelah itu pemain harus menjawab pertanyaan-pertanyaan yang muncul dengan benar dan harus mendapatkan skor di atas 75 untuk dapat mencari buku yang lain. Tetapi jika skor pemain pada buku pertama dibawah 75 maka harus mengulangi pertanyaan atau mencari buku yang lain dengan cara menekan tombol menyerah.

Terdapat 3 *level* pada *game* ini. *Level* 1 dan 2 jumlah pertanyaan yang disediakan adalah 40 soal. Terdapat 14 soal mudah, 16 soal normal dan 10 soal sulit. Sedangkan *level* 3 jumlah soalnya merupakan gabungan dari *level* 1 dan 2.

10 murid kelas 4 SD akan mencoba menjawab pertanyaan yang sudah diacak dengan *Box muller of Gaussian Distribution*. Pengujian akan dilakukan dengan 10 kali percobaan. Tiap percobaan pada proses pengacakan dengan *Box Muller of Gaussain Distribution* akan dimasukkan *mean* atau rata-rata yang berbeda, yaitu *mean* 1-10. Setelah itu akan dicatat jumlah skor yang di atas 75 dan jumlah skor dibawah 75. Dari jumlah skor tersebut dapat menghasilkan *mean/rata-rata* idealnya untuk kesulitan siswa kelas 4 SD.

Selanjutnya *mean* atau rata-rata yang ideal tersebut akan dimasukkan kedalam *game* agar tingkat kesulitan dalam *game* sesuai dengan tingkat kemampuan murid kelas 4 SD. Tiap pemain memiliki tingkat kemampuan yang berbeda-beda, dengan adanya metode *Box Muller of Gaussian Distribution* ini tingkat kesulitan dapat berganti dari tingkat yang paling sulit, atau berganti ke tingkat yang paling mudah.

C. Uji Validasi

Validasi *behavior* dilakukan untuk melihat tingkat *completeness* pemain dalam menyelesaikan misi yang ada. Pada salah satu jurnal menjelaskan bahwa validasi *behavior* ini digunakan untuk melihat tingkat *completeness* pemain dalam menyelesaikan misi dengan cara membandingkan skor yang didapatkan agen dan skor yang tersedia [7]. Pada validasi ini terdapat kolom *completeness* jika bernilai yang maka dapat dikatakan bahwa metode yang digunakan berhasil untuk mengatur tingkat kesulitan secara dinamik.

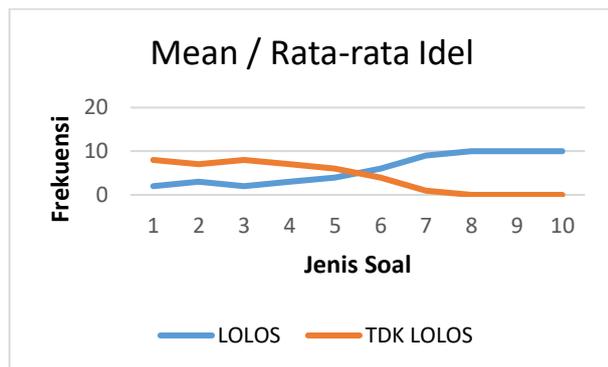
V. HASIL UJI COBA DAN ANALISA

Pada pengujian ini digunakan untuk melihat sistem dalam menjalankan algoritma yang telah dibuat. Dari 10 kali percobaan yang dilakukan oleh siswa kelas 4 SD, diperoleh data seperti tabel 1.

Tabel 1 Jumlah lolos dan tidak lolos

	Lolos	Tidak Lolos
$\mu = 1$	2	8
$\mu = 2$	3	7
$\mu = 3$	2	8
$\mu = 4$	3	7
$\mu = 5$	4	6
$\mu = 6$	6	4
$\mu = 7$	9	1
$\mu = 8$	10	0
$\mu = 9$	10	0
$\mu = 10$	10	0

Pada tabel 1 merupakan hasil dari jumlah siswa yang lolos(skor di atas 75) dan tidak lolos(skor dibawah 75). Dari tabel 4.1 akan dibuat diagram jumlah skor berhasil dan jumlah skor gagal.



Gambar 10 *Mean/rata-rata* ideal siswa kelas 4 SD

Pada Gambar 10 merupakan diagram untuk *mean* atau rata-rata yang ideal untuk murid kelas 4 SD. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa *mean* yang ideal adalah $\mu = 5,5$. Pada Gambar 1 μ pada sumbu horizontal merupakan “jenis soal” yang mempresentasikan 10 kombinasi 5 jenis soal (mudah, normal, dan sulit). Sedangkan angka 0 – 12 pada sumbu vertikal menyatakan (frekuensi) lolos dan tidak lolos.

Setelah *mean/rata-rata* yang ideal ditentukan, rata-rata tersebut akan dimasukkan kedalam *game*

Pembelajaran Mitigasi Bencana Alam Gunung Api. *Box Muller of Gaussian Distribution* akan melakukan pengacakan soal yang muncul sesuai dengan rata-rata ideal yang sebelumnya sudah dimasukkan.

Validasi hasil pengujian akan dilakukan uji coba oleh 5 siswa kelas 4 SD. Hasilnya ditampilkan pada tabel 4.3 sampai tabel 4.7. Pada kolom *level* terdapat jumlah *level* yang ada didalam *game*, pada *game* ini terdapat 3 *level*. Pada kolom tempat merupakan latar terjadi permainan pada tiap *level*. Pada kolom jumlah buku terdapat jumlah buku yang ada pada tiap *level*. *Level* pertama latar tempatnya di ruang kelas. *Level* kedua latar tempatnya di ruang perpustakaan. *Level* ketiga latar tempatnya di ruang guru. Pada kolom Coba Ulang merupakan jumlah percobaan untuk mengacak kumpulan soal supaya pemain dapat memenuhi syarat untuk menuju misi selanjutnya. Pada kolom skor yang diinginkan merupakan skor minimal supaya dapat dikatakan pemain berhasil untuk menuju *level* selanjutnya pada *game* ini minimal skornya 75. Pada kolom persentase keberhasilan merupakan persentase pemain untuk menyelesaikan misi untuk menuju misi selanjutnya. Persentase keberhasilan dihitung dengan rumus. Kolom completeness merupakan apakah misi pada masing-masing buku terpenuhi atau tidak. Dalam *game* ini dapat dikatakan misi terpenuhi jika pemain mendapatkan skor di atas 75 pada saat menjawab soal yang muncul.

Tabel 2 Uji Coba Siswa Pertama

Level	Tempat	Jumlah Buku	Coba Ulang					skor yang diinginkan	Persentase keberhasilan	completeness
			1	2	3	4	5			
level 1	kelas	1	-	berhasil				75/berhasil	50	ya
			-	berhasil				75/berhasil	50	ya
			berhasil					75/berhasil	100	ya
			-	berhasil				75/berhasil	50	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								62.5		
level 2	perpustakaan	2	-	berhasil				75/berhasil	33.33 3333 33	ya
			berhasil					75/berhasil	100	ya
			-	berhasil				75/berhasil	50	ya
			-	berhasil				75/berhasil	20	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								50.83 3333		

					33		
level 3	ruang guru	1	berhasil		75/berhasil	100	ya
rata-rata keberhasilan player menuju level selanjutnya					100		
Jumlah keberhasilan level 1					62.5		
Jumlah keberhasilan level 2					50.83 3333 33		
Jumlah keberhasilan level 3					100		
Rata-rata keberhasilan semua level					71.11 1111 11		

Pada tabel 2 merupakan hasil uji coba siswa pertama. Pada baris Jumlah keberhasilan *level 1* = 62.5, Jumlah keberhasilan *level 2* = 50.8333, dan Jumlah keberhasilan *level 3* = 100. Maka persentase rata-rata keberhasilan pemain pertama dalam menyelesaikan *game* ini adalah 71.1111%, terletak pada baris terakhir tabel 2.

Dari tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa kolom completeness memiliki nilai "ya" semua. Maka hal ini mengindikasikan bahwa penerapan metode *Box Muller of Gaussian Distribution* berhasil dilakukan. Dan angka 71.11111111 merupakan persentase tingkat keberhasilan pemain pertama dalam menyelesaikan *game* Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api.

Tabel 3 Uji Coba Siswa Kedua

Level	Tempat	Jumlah Buku	Coba Ulang					skor yang diinginkan	Persentase keberhasilan	completeness
			1	2	3	4	5			
level 1	kelas	1	-	berhasil				75/berhasil	50	ya
			berhasil					75/berhasil	100	ya
			berhasil					75/berhasil	100	ya
			berhasil					75/berhasil	100	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								87.5		
level 2	perpustakaan	2	-	berhasil				75/berhasil	50	ya
			-	berhasil				75/berhasil	50	ya
			berhasil					75/berhasil	100	ya
			-	berhasil				75/berhasil	33.33 33333 3	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								58.33 33333 3		

level 3	ruan gur u	be rh as il	75/ber hasil	100	ya
rata-rata keberhasilan player menuju level selanjutnya					
	Jumlah keberhasilan level 1		86.111111		
	Jumlah keberhasilan level 2		58.333333		
	Jumlah keberhasilan level 3		100		
	Rata-rata keberhasilan semua level		81.481481		

Pada tabel 3 merupakan hasil uji coba siswa kedua. Pada baris Jumlah keberhasilan level 1 = 86.1111, Jumlah keberhasilan level 2 = 58.3333, dan Jumlah keberhasilan level 3 = 100. Maka persentase rata-rata keberhasilan pemain kedua dalam menyelesaikan game ini adalah 81.4814%, terletak pada baris terakhir tabel 3.

Dari tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa kolom completeness memiliki nilai "ya" semua. Maka hal ini mengindikasikan bahwa penerapan metode *Box Muller of Gaussian Distribution* berhasil dilakukan. Dan angka 81.4814 merupakan persentase tingkat keberhasilan pemain kedua dalam menyelesaikan game Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api.

Tabel 4 Uji Coba Siswa Ketiga

Level	Tempat	Jml Bu ku	Coba Ulang					skor yang diinginkan	Persentase berhasil	completeness
			1	2	3	4	5			
level 1	kelas	1	berhasil					75/berhasil	100	ya
		2	-	berhasil				75/berhasil	50	ya
		3	-	berhasil				75/berhasil	50	ya
		4	berhasil					75/berhasil	100	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								75		
level 2	perpustakaan	1	-	berhasil				75/berhasil	50	ya
		2	-	berhasil				75/berhasil	50	ya
		3	berhasil					75/berhasil	100	ya
		4	-	berhasil				75/berhasil	50	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								62.5		
level 3	ruan gur u	be rh as il	75/ber hasil	100	ya					

level 3	guru asi l	rh as il			
rata-rata keberhasilan player menuju level selanjutnya					
Jumlah keberhasilan level 1					75
Jumlah keberhasilan level 2					62.5
Jumlah keberhasilan level 3					100
Rata-rata keberhasilan semua level					79.166667

Pada tabel 4 merupakan hasil uji coba siswa ketiga. Pada baris Jumlah keberhasilan level 1 = 75, Jumlah keberhasilan level 2 = 62.5, dan Jumlah keberhasilan level 3 = 100. Maka persentase rata-rata keberhasilan pemain ketiga dalam menyelesaikan game ini adalah 79.1667%, terletak pada baris terakhir tabel 4.

Dari tabel 4 di atas dapat dilihat bahwa kolom completeness memiliki nilai "ya" semua. Maka hal ini mengindikasikan bahwa penerapan metode *Box Muller of Gaussian Distribution* berhasil dilakukan. Dan angka 79.1667 merupakan persentase tingkat keberhasilan pemain ketiga dalam menyelesaikan game Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api.

Tabel 5 Uji Coba Siswa Keempat

Level	Tempat	Jml Bu ku	Coba Ulang					skor yang diinginkan	Persentase berhasil	completeness
			1	2	3	4	5			
level 1	kelas	1	berhasil					75/berhasil	100	ya
		2	berhasil					75/berhasil	100	ya
		3	berhasil					75/berhasil	100	ya
		4	berhasil					75/berhasil	100	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								100		
level 2	perpustakaan	1	berhasil					75/berhasil	100	ya
		2	-	berhasil				75/berhasil	50	ya
		3	berhasil					75/berhasil	100	ya
		4	-	-	berhasil			75/berhasil	33.333333	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								70.833333		
level 3	ruan gur u	be rh as il	75/ber hasil	50	ya					

rata-rata keberhasilan player menuju <i>level</i> selanjutnya	50
Jumlah keberhasilan <i>level</i> 1	100
Jumlah keberhasilan <i>level</i> 2	70.83 33333 3
Jumlah keberhasilan <i>level</i> 3	50
Rata-rata keberhasilan semua <i>level</i>	73.61 11111 1

Pada tabel 5 merupakan hasil uji coba siswa keempat. Pada baris Jumlah keberhasilan *level* 1 = 100, Jumlah keberhasilan *level* 2 = 70.8333, dan Jumlah keberhasilan *level* 3 = 50. Maka persentase rata-rata keberhasilan pemain keempat dalam menyelesaikan *game* ini adalah 73.6111%, terletak pada baris terakhir tabel 5.

Dari tabel 5 di atas dapat dilihat bahwa kolom completeness memiliki nilai “ya” semua. Maka hal ini mengindikasikan bahwa penerapan metode *Box Muller of Gaussian Distribution* berhasil dilakukan. Dan angka 73.6111 merupakan persentase tingkat keberhasilan pemain keempat dalam menyelesaikan *game* Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api.

Tabel 6 Uji Coba Siswa Kelima

<i>L</i> <i>ev</i> <i>el</i>	Tem pat	Jm 1 Bu ku	Coba Ulang					skor yang diingin kan	Perse ntase berhas i	<i>com</i> <i>plet</i> <i>enes</i> <i>s</i>
			1	2	3	4	5			
<i>le</i> <i>ve</i> <i>l1</i>	kela s	1	-	be rh asi l				75/ber hasil	50	ya
		2	-	be rh asi l				75/ber hasil	50	ya
		3		be rh asi l				75/ber hasil	100	ya
		4		be rh asi l				75/ber hasil	100	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								75		
<i>le</i> <i>ve</i> <i>l2</i>	perp usta kaan	1	-	be rh asi l				75/ber hasil	50	ya
		2		be rh asi l				75/ber hasil	100	ya
		3		be rh asi l				75/ber hasil	100	ya
		4		be rh asi l				75/ber hasil	100	ya
rata-rata keberhasilan player menuju misi selanjutnya								87.5		
<i>le</i> <i>ve</i> <i>l3</i>	ruan g guru	1		be rh asi l				75/ber hasil	100	ya
rata-rata keberhasilan player menuju <i>level</i> selanjutnya								100		

Jumlah keberhasilan <i>level</i> 1	75
Jumlah keberhasilan <i>level</i> 2	87.5
Jumlah keberhasilan <i>level</i> 3	100
Rata-rata keberhasilan semua <i>level</i>	87.5

Pada tabel 6 merupakan hasil uji coba siswa kelima. Pada baris Jumlah keberhasilan *level* 1 = 75, Jumlah keberhasilan *level* 2 = 87.5, dan Jumlah keberhasilan *level* 3 = 100. Maka persentase rata-rata keberhasilan pemain kelima dalam menyelesaikan *game* ini adalah 87.5%, terletak pada baris terakhir tabel 6.

Dari tabel 6 di atas dapat dilihat bahwa kolom completeness memiliki nilai “ya” semua. Maka hal ini mengindikasikan bahwa penerapan metode *Box Muller of Gaussian Distribution* berhasil dilakukan. Dan angka 87.5 merupakan persentase tingkat keberhasilan pemain kelima dalam menyelesaikan *game* Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api.

KESIMPULAN

Berdasarkan skenario tingkat kesulitan pada *game* Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api yang telah dibuat serta pengujian yang sudah dilakukan, didapatkan kesimpulan dimana peneliti berhasil membuat skenario tingkat kesulitan *game* Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api menjadi skenario tingkat kesulitan secara dinamis atau otomatis dengan menggunakan metode *Box Muller of Gaussian Distribution*. Berdasarkan uji coba yang dilakukan oleh 10 siswa kelas 4 SD, menunjukkan bahwa tingkat kemampuan rata-rata siswa dalam bermain *game* Pembelajaran Mitigasi Bencana Gunung Api adalah sekitar *mean* (μ) = 5,5 dan standar deviasi (σ) = 1.

REFERENSI

- [1] Harsono, M. (2014). Pengaruh bermain game terhadap perkembangan remaja. Serpong: Surya University.
- [2] Saurik, H. T. T., Yuniarno, E. M., & Susiki, S. M. (2015). Kepuasan Pemain Terhadap Desain Rintangana Pada Skenario Game Petualang. Seminar Nasional Informatika 2015, 156–164.
- [3] Roa, K. R., Boiroju, N. K., & Reddy, M. K. (2011). Generation Of Standard Normal Random Variables. Indian J.Sci.Res, 2(4), 83–85.
- [4] Sukajaya, I. N., Vitianingsih, A. V., Mardi, S. N. S., Purnama, K. E., Hariadi, M., & Purnomo, M. H. (2012). Multi-parameter dynamic difficulty game's scenario using Box-Muller of Gaussian distribution. 2012 7th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), 1666–1671. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2012.6295384>
- [5] Vitianingsih, A. V., & Mardi, S. N. S. (2011). Distribusi Gaussian Untuk Dinamik Skenario Game Menggunakan Metode Box Muller. on The 12th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA). Dipresentasikan pada on The 12th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (SITIA).
- [6] Ahmadi, I. A., Jonemaro, E. M. A., & Akbar, M. A. (2018). Penerapan Algoritme Logika Fuzzy Untuk Dynamic Difficulty Scaling Pada Game Labirin. 2, 3609–3617.
- [7] Ahsani, N. H., Jonemaro, E. M. A., & Dewi, C. (2017). Penerapan Algoritma Monte Carlo Tree Search Pada Permainan Komputer Maze Treasure. 1, 1660–1667.

