

## SIMULASI DATA GEMPA BUMI BERBASIS 3 DIMENSI

<sup>1</sup>Barasia Dwi Putra <sup>2</sup>Beny YV Nasution<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya,  
[barasiadwiputra@gmail.com](mailto:barasiadwiputra@gmail.com), [beny.nasution@gmail.com](mailto:beny.nasution@gmail.com)**Abstrak**

Gempa bumi merupakan suatu peristiwa yang disebabkan oleh pergeseran lempeng bumi. Sedangkan wilayah Indonesia berada diantara 3 lempeng bumi, akibatnya hampir seluruh wilayah Indonesia mengalami kerusakan, terutama di zona-zona rawan gempa. Salah satu cara untuk mengurangi akibat yang ditimbulkan adalah dengan membangun sistem pemodelan[7] yang diujikan dengan simulasi yang menghasilkan model bangunan permanen yang runtuh 1 balok dan 15 balok (4kolom), sedangkan untuk model bangunan *Knockdown* tidak ada yang runtuh. Namun, penelitian tersebut masih belum dibuktikan secara komputerisasi agar diketahui keakuratan data gempa bumi yang digunakan untuk pengujian. Karena itu, timbul inovasi teknik simulasi gempa sesuai data gempa sebelumnya[7] yaitu dengan frekwensi 0,25 Hz hingga 2 Hz ke dalam bentuk 3 dimensi agar dapat diketahui jenis suatu gempa sesuai data gempa bumi yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan objek berupa 4 buah balok sebagai acuan untuk mengetahui perbandingan pergerakan gempa pada setiap frekwensi dan 2 pengujian dengan jumlah RAM yang berbeda yaitu 160 Mb dan 1,00 Gb. Hasil yang diperoleh dari ke 2 uji coba simulasi ini adalah tampilan informasi frekuensi yaitu 0,25 Hz, 0,5 Hz, 1,5 Hz, 2 Hz dan durasi sebesar 15 detik serta jumlah gerakan gempa berjumlah 3,5 kali, 7,5 kali, 22,5 kali, 30 kali.

**Kata Kunci :** gempa, pemodelan, simulasi

**Abstract**

*Earthquake is a frequent event in the earth 's crust, the cause is shifting tectonic plates. While the Indonesian region is between 3 plates of the earth, consequently almost all parts of Indonesia damaged, especially in earthquake-prone zones . One way to reduce the impact is to build a system modeling <sup>[7]</sup> tested with simulation results of the model of permanent buildings that collapsed 1 bar and 15 bar (4 columns), but for building models Knockdown no collapse . However , research has not yet been proven to be known computerized data accuracy earthquake used for testin. Therefore , innovation arises earthquake simulation techniques appropriate seismic data previously <sup>[7]</sup> that the frequency of 0.25 Hz to 2 Hz into the form of 3 dimensions in order to know the type of an earthquake according earthquake data used . In this study used the object in the form of 4 pieces of the cube as a reference to compare the seismic movement at each frequency and 2 testing with different amount of RAM that is 160 Mb and 1.00 Gb . The results obtained from these simulations to test 2 is the display frequency information that is 0.25 Hz , 0.5 Hz , 1.5 Hz , 2 Hz and a duration of 15 seconds and the number of seismic movements amounted to 3.5 times , 7.5 times , 22.5 times , 30 times .*

**Keywords:** earthquake, modeling, simulation

**I. PENDAHULUAN**

Gempa bumi di Indonesia sudah banyak memakan korban jiwa, rumah, gedung dan fasilitas lainnya yang ada di wilayah tersebut. Salah satu upaya untuk mengurangi potensi tersebut adalah dengan membangun sistem pemodelan[7]. Sistem pemodelan digunakan untuk memodelkan sambungan beton untuk menguji ketahanan gempa pada zona gempa 6 dengan kekuatan gempa 0, 25 Hz hingga 2 Hz. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa pada frekuensi 0, 25 Hz dan 2 Hz model bangunan permanen yang runtuh 1 balok dan 15 balok (4kolom), sedangkan untuk model bangunan *Knockdown* tidak ada yang runtuh[7]. Namun, hal tersebut masih belum dibuktikan secara komputerisasi agar diketahui keakuratan data gempa bumi yang digunakan untuk pengujian. Maka dari itu, timbul inovasi teknik simulasi gempa sesuai data tersebut. Konsep yang dipakai adalah simulasi berbasis

3 dimensi, dengan menggunakan aplikasi dari komputer dengan visual obyek 3 dimensi, sehingga dapat diketahui jenis suatu gempa sesuai data gempa bumi yang digunakan.

**II. GEMPA BUMI**

Gempa Bumi disebut juga sebagai guncangan atau getaran yang timbul di permukaan bumi yang terjadi karena adanya pergerakan lempeng bumi. Gempa bumi dapat diartikan sebagai suatu pergeseran lapisan secara tiba-tiba dari dalam bumi. Karena gempa bumi lapisan bawah bumi berarti gempa bumi atau dikatakan bersumber dari dalam bumi adalah getaran pada kulit bumi yang disebabkan oleh kekuatan dari dalam bumi.

**III. PARAMETER DATA GEMPA BUMI**

Dari kejadian gempa bumi dapat dihasilkan informasi seismik berupa rekaman sinyal berbentuk gelombang setelah melalui proses manual atau non manual

selanjutnya menjadi *phase reading data* (data bacaan fase). Informasi seismik berikutnya mengalami pengolahan, proses, pengumpulan dan analisis sehingga menjadi parameter gempa bumi. Parameter gempa bumi tersebut meliputi :

### 3.1 Waktu kejadian gempa bumi (*Origin Time*)

Waktu kejadian gempa bumi (*Origin Time*) yaitu waktu terlepasnya akumulasi tegangan yang memiliki bentuk penjalaran gelombang gempa bumi yang bisa dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik.

### 3.2 Epicenter

*Epicenter* adalah titik seismik pada permukaan bumi yang ditarik tegak lurus dari titik fokus terjadinya gempa bumi (*hypocenter*). Lokasi *epicenter* dibuat dalam sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur atau sistem koordinat kartesian bola bumi.

### 3.3 Kedalaman sumber gempa

Kedalaman sumber gempa (*depth*) adalah jarak dari titik fokus gempa (*hypocenter*) dengan permukaan di atas fokus (*epicenter*). Kedalaman dinyatakan oleh besaran jarak dalam satuan kilometer. Berdasarkan kedalaman sumber gempa, gempa bumi dapat dikelompokkan menjadi:

1. Gempa bumi dalam yaitu gempa bumi yang mempunyai kedalaman sumber gempa lebih dari 300Km.
2. Gempa bumi menengah adalah gempa bumi yang mempunyai kedalaman sumber gempa antara 80Km sampai 300 Km.
3. Gempa bumi dangkal adalah gempa bumi yang memiliki kedalaman sumber gempa < 80 Km.

### 3.4 Kekuatan gempa bumi

Kekuatan gempa bumi atau Magnitudo (*Magnitude*) adalah ukuran kekuatan gempa bumi, mendeskripsikan besarnya energi yang terlepas saat gempa bumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan Seismograph. Berdasarkan kekuatan atau magnitudonya, gempa bumi dapat dikelompokkan menjadi:

1. Gempa bumi sangat besar, dengan skala *magnitude* lebih besar dari 8.
2. Gempa bumi besar, dengan skala *magnitude* antara 6 sampai 8.
3. Gempa bumi sedang, dengan skala *magnitude* antara 4 sampai 6.
4. Gempa bumi kecil, dengan skala *magnitude* antara 3 sampai 4.
5. Gempa bumi mikro, dengan skala *magnitude* antara 1 sampai 3.
6. Gempa bumi ultra mikro, dengan skala *magnitude* lebih kecil dari 1.

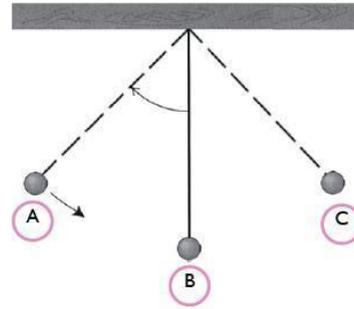
### 3.5 Intensitas gempa bumi

Intensitas (*Intensity*) gempa bumi adalah skala kekuatan gempa bumi berdasarkan hasil pengamatan efek gempa bumi terhadap manusia, struktur bangunan, dan lingkungan pada suatu tempat tertentu.

Intensitas gempa bumi umumnya dinyatakan dengan Modified Mercalli Intensity (MMI).

## IV. GETARAN

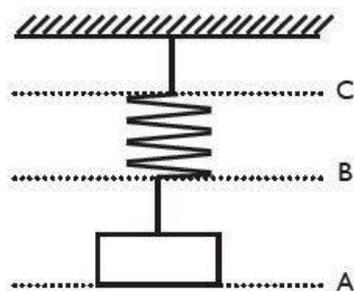
Getaran adalah gerak bolak-balik melalui titik setimbang. Satu getaran didefinisikan sebagai satu kali bergetar penuh, yaitu dari titik awal kembali ke titik tersebut. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 4.1 :



Gambar 4.1 Getaran pada bandul sederhana

Gambar 4.1 menjelaskan setiap sekali getaran adalah ketika benda bergerak dari titik A-B-C-B-A atau dari titik B-C-B-A- B. Bandul tidak pernah melewati lebih dari titik C atau titik A karena titik tersebut merupakan simpangan terjauh. Simpangan terjauh tersebut disebut juga amplitudo. Pada titik A atau titik C benda akan berhenti sesaat sebelum kembali bergerak. Contoh amplitudo adalah jarak BA atau jarak BC. Jarak dari titik setimbang pada suatu saat disebut juga simpangan.

Selain bandul sederhana yang bisa digunakan sebagai model untuk mengenal getaran juga dapat menggunakan pegas sebagai model. Pada prinsipnya penentuan jumlah getaran sama, hanya yang membedakan yaitu bandul dan gerak pegas. Perhatikan Gambar 4.2 :



Gambar 4.2 Getaran pada pegas

Pada Gambar 4.2 menjelaskan satu kali getaran adalah ketika benda bergerak dari titik A-B-C-B-A atau dari titik B-C-B-A-B. Penjelasan banyak getaran adalah sebagai berikut :

- 1 = A - B - C - B - A
- 3/4 = A - B - C - B
- 1/2 = A - B - C

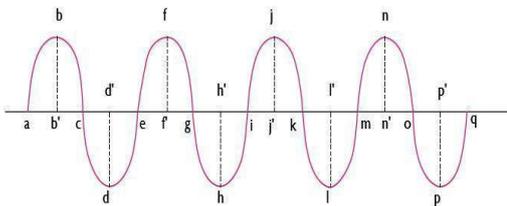
$$1/4 = A - B$$

## V. GELOMBANG

Gelombang adalah getaran yang merambat, dalam perambatannya gelombang membawa energi. Gelombang juga merupakan getaran yang merambat dan getaran sendiri merupakan sumber gelombang. Jadi, gelombang adalah getaran yang merambat dan gelombang yang bergerak akan merambatkan energi (tenaga). Gelombang transversal berbentuk bukit dan lembah gelombang, sedangkan pola gelombang longitudinal berbentuk rapatan dan renggangan. Panjang satu bukit dan satu lembah atau satu rapatan dan satu renggangan didefinisikan sebagai panjang satu gelombang. Periode gelombang adalah waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu panjang gelombang. Jadi, satu gelombang dapat didefinisikan sebagai yang ditempuh panjang satu periode. Panjang gelombang dilambangkan dengan  $\lambda$  (dibaca lamda). Satuan panjang gelombang adalah meter (m) dalam satuan SI.

### 5.1 Panjang Gelombang Transversal

Jika menggerakkan slinki tegak lurus dengan arah panjangnya, terbentuklah bukit dan lembah gelombang. Pola tersebut adalah pola gelombang transversal. Bukit gelombang adalah lengkungan a-b-c sedangkan lembah gelombang adalah lengkungan c-d-e. Titik b disebut puncak gelombang dan titik d disebut juga dasar gelombang. Kedua titik ini disebut juga perut gelombang. Adapun titik a, c, atau e disebut simpul gelombang. Satu panjang gelombang transversal terdiri atas satu bukit dan satu lembah gelombang. Jadi, satu gelombang adalah lengkungan a-b-c-d-e atau b-c-d-e-f. Satu gelombang sama dengan jarak dari b ke f atau jarak a ke e.

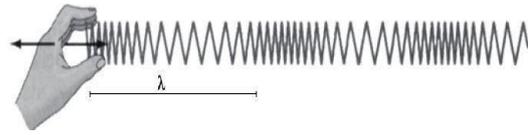


Gambar 5.1 Getaran pada pegas

Pada Gambar 5.1 menjelaskan amplitudo gelombang adalah jarak b-b' atau jarak d-d'. Dapat juga disebut panjang gelombang yang lain, yaitu jarak f-j atau jarak i-m.

### 5.2 Panjang Gelombang Longitudinal

Jika menggerakkan slinki searah dengan panjangnya dengan cara mendorong dan menariknya, akan terbentuk pola-pola gelombang yang dapat dilihat pada gambar 5.2 :



Gambar 5.2 Gelombang longitudinal pada Slinky

Gambar 5.2 menjelaskan yaitu satu panjang gelombang adalah jarak antara satu rapatan dan satu renggangan atau jarak dari ujung renggangan sampai ke ujung renggangan berikutnya.

## VI. ANALISA DAN PERANCANGAN

### 6.1 Analisa Data

Analisa data gempa bertujuan untuk menentukan suatu batas intensitas gempa tertentu yang berlaku di daerah kajian berdasarkan suatu nilai kemungkinan yang terjadi atau terlampaui pada suatu periode tertentu. Data gempa yang digunakan merupakan frekuensi dari mesin motor mesin jahit, dengan simpangan  $\pm 3-5$  cm (magnitudo) dan durasi 15 detik tiap frekuensi dapat dilihat di tabel 4.1 :

Tabel 6.1 Data Gempa

No	Lama Gerakan (detik)	Frekuensi
1	15	0,5
2	15	2
3	15	0,25
4	15	1,5

Pada Tabel 6.1 menjelaskan nilai data yang akan diujikan pada simulasi yang berisi lama gerakan dan frekuensi.

#### 6.1.1 Skala gempa utama dengan simulasi

Memasukkan kejadian gempa sebenarnya ke komputer membutuhkan perbandingan ukuran untuk mencocokkan dengan program simulasi yaitu Unity Game Engine. Skala yang dipakai yaitu tiap 1 skala di Unity Game Engine sama dengan 10 cm atau tiap 1 cm sama dengan 0,1 skala di Unity Game Engine. Jadi untuk simpangan amplitudo  $3-5$  cm  $\pm$  adalah 0,3-0,5 skala. Tahap selanjutnya mencocokkan kecepatan gerakan frekuensi dengan program Unity Game Engine. Penulis menggunakan perangkat komputer jenis *processor* Intel Core i3 kecepatan 1.33GHz jadi untuk setiap 1 kecepatan dorongan di Unity Game Engine dalam 1 detik gempa hanya bergerak sejauh 0,1587301587301587 kali tiap detik, jadi untuk memperoleh nilai 1 frekuensi dengan durasi yang sebenarnya maka nilai kecepatan dorongan harus dikali dengan 6,3 karena frekuensi adalah gerakan yang terjadi dalam 1 detik.

#### 6.1.2 Analisis kelengkapan data gempa

Untuk mengetahui periode dimana suatu gempa yang digunakan sesuai dengan gempa aslinya, beberapa frekuensi kejadian gempa digunakan untuk rentang

*magnitude* terhadap waktu yang dihitung dari waktu durasi pengujian. Frekuensi kejadian gempa ( $f$ ) didefinisikan sebagai jumlah kejadian gempa ( $n$ ) selama selang waktu tertentu dibagi dengan  $T$ .

$$f = \frac{1}{T} \Leftrightarrow T = \frac{1}{f} \text{ dan } f = \frac{n}{T}$$

Setelah mengetahui periode dari tiap frekuensi, dapat dihitung jumlah gerakan yang dapat dilakukan dalam durasi 15 detik, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di tabel 6.2 :

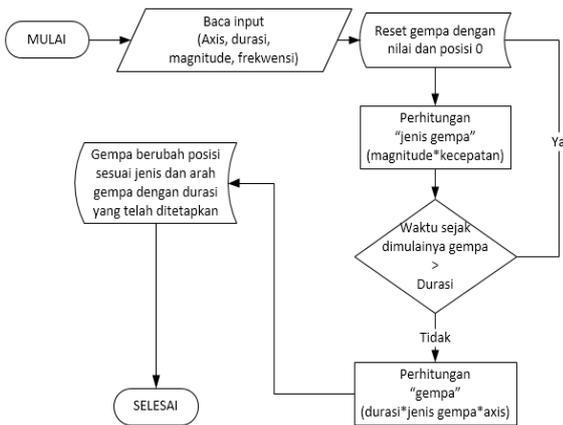
**Tabel 6.2** Hasil Perhitungan Periode berdasar tabel data gempa

No	Periode	Jumlah Gerakan Per 15 detik
1	2	7,5
2	0,5	30
3	4	3,75
4	0,666667	22,5

Pada Tabel 6.2 menjelaskan nilai data yang akan diujikan pada simulasi yang berisi lama gerakan dan frekuensi.

### 6.2 Proses Pengolahan Data Gempa

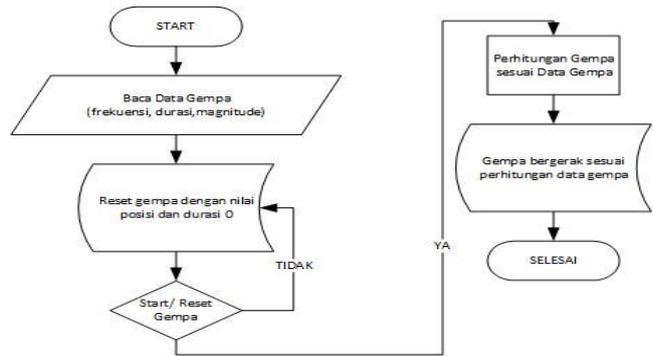
Proses pengolahan data gempa adalah suatu proses yang merubah data gempa yang bertujuan untuk memperoleh gempa yang dapat dilihat pada gambar 6.1 :



**Gambar 6.1** Proses Pengolahan Data Gempa

### 6.3 Alur Kerja Aplikasi

Pada alur kerja aplikasi ini menjelaskan cara kerja aplikasi yang berjalan yang dapat dilihat pada Gambar 6.2 :



**Gambar 6.2** Alur Kerja Program

## VII. IMPLEMENTASI

### 7.1 Implementasi Identifikasi Data Gempa

Hal yang dibutuhkan untuk simulasi gempa adalah identifikasi data gempa, yang fungsinya untuk mengetahui nilai data gempa sehingga dapat mengeluarkan output berupa gempa sesuai dengan frekuensi masing-masing. Adapun penjelasan untuk implementasi identifikasi data gempa yang penerapannya menggunakan kelas yang disimpan dengan nama *GempaManager* dan berformat “.cs”

```
public void Jalankan()
{
    ReadFromFile ();
}

private void ReadFromFile()
{
    StreamReader reader = new StreamReader ("D:\data_gempa.txt");
    string s = reader.ReadLine ();
    while (s != null)
    {
        char[] delimiter = {'.'};
        string[] fields = s.Split(delimiter);
        a=Convert.ToDouble(fields[0])*6.3;
        b=Convert.ToDouble(fields[1]);
        c=Convert.ToDouble(fields[2])*6;
        d=a/6.3;
    }
}
```

**Gambar 7.1** Class *GempaManager.cs*

Pada Gambar 7.1 terdapat method *ReadFromFile* menjelaskan tempat untuk membaca lokasi data gempa serta penentuan pembacaan nilai data gempa dengan array berisi 3 yaitu frekuensi, durasi dan *magnitude*.

### 7.2 Implementasi Pergerakan Gempa

Proses ini dibutuhkan untuk menggerakkan gempa sesuai dengan data gempa yang sudah dimasukkan.

```

void OnRunning()
{
    forceByAxis = new Vector3(Mathf.Clamp(forceByAxis.x, 0, 1),
        Mathf.Clamp(forceByAxis.y, 0, 1),
        Mathf.Clamp(forceByAxis.z, 0, 1));

    timeSinceStarted += Time.deltaTime;
    currentMagnitude = forceOverTime.Evaluate(timeSinceStarted / GempaManager.dur ) * GempaManager.mag *
        GempaManager.freq;
    if (timeSinceStarted > GempaManager.dur && !loop)
        Running = false;
    if (timeSinceStarted > GempaManager.dur && loop)
        Running = true;
    delta += new Vector3(Time.deltaTime * GempaManager.freq * my_rand(),
        Time.deltaTime * GempaManager.freq * my_rand(),
        Time.deltaTime * GempaManager.freq * my_rand());
    rigidbody.velocity = new Vector3(Mathf.Cos(delta.x) * Time.deltaTime * currentMagnitude * forceByAxis.x,
        Mathf.Cos(delta.y) * Time.deltaTime * currentMagnitude * forceByAxis.y,
        Mathf.Cos(delta.z) * Time.deltaTime * currentMagnitude * forceByAxis.z);
    currentMagnitude /== 15;
}

void OnGUI () {
    if (timer != null) {
        GUI.Box (new Rect (30,10,160,25),"Jumlah Getaran : " + Bounce/8);
        GUI.Box (new Rect (Screen.width - 180,10,150,25),"Durasi/ detik : " + timer.getTime () + "");
    }
}

```

Gambar 7.2 Class EarthQuake.cs

Gambar 7.2 menjelaskan tentang perhitungan data gempa berdasarkan kecepatan, *magnitude* dan arah gempa dengan durasi tertentu yaitu nilai waktu sejak dimulainya gempa dibagi dengan durasi gempa untuk mengetahui sisa waktu lalu dikali dengan dengan frekuensi dan *magnitude*. Selain itu, terdapat informasi tampilan data frekuensi dan perhitungan gerakan gempa.

### 7.3 Implementasi Tampilan Simulasi

Pada proses ini data yang sudah teridentifikasi selanjutnya dimunculkan pada menu dalam GUI simulasi sebagai *button* dan *layout* agar memudahkan dalam pengujian simulasi

```

void Start ()
{
    GempaManager manager = new GempaManager ();
    manager.Jalankan ();
    changeType (0);
}

```

Gambar 7.3 function start class quakeGUI.cs

Gambar 7.3 menjelaskan tentang pemanggilan kelas lain dengan method tertentu untuk mengambil data gempa yang telah ada pada kelas lain lalu menampilkan obyek tanah yang memiliki tipe 0.

```

void OnGUI()
{
    Rect rt = new Rect(30, Screen.height - 30, 150, 20);

    if (GUI.Button(rt, "Start/ Reset GEMPA"))
    {
        eq.Running = !eq.Running;
        if (eq.Running == false)
        {
            try
            {
                GameObject obj = GameObject.FindGameObjectWithTag("Respawn");
                GameObject.Destroy(obj);
                GameObject.Instantiate(toInstantiate, toInstantiate.transform.position,
                    toInstantiate.transform.rotation);

                changeType(0);
            }
            catch {}
        }
    }

    GUI.Box (new Rect (Screen.width - 180,Screen.height - 30,150,25), "Frekuensi : " +
        |GempaManager.freq2 + " Hz");
}

```

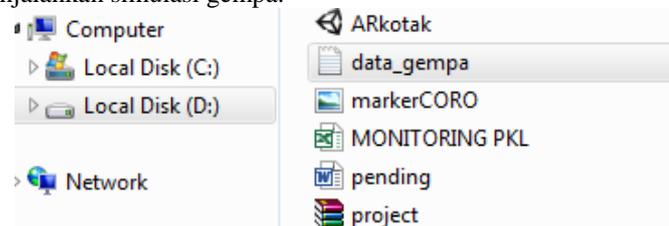
Gambar 7.4 Class quakeGUI.cs

Gambar 7.4 menjelaskan tentang pembuatan tombol menu untuk jenis gempa berdasarkan frekuensi. Tombol start/ reset gempa selanjutnya mencari object dengan tag "Respawn" dengan mencocokkan posisi dan rotasi sesuai data gempa yang sudah terdapat dalam object tersebut dan mensimulasikannya. Untuk tampilan frekuensinya terdapat pada *GUI.Box* dan memanggil nilai tersebut dari *class GempaManager.cs* pada gambar 7.1 :

## VIII. UJI COBA

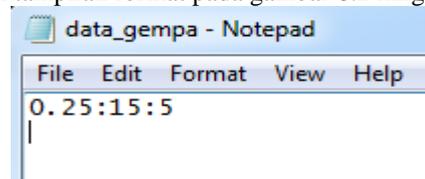
### 8.1 Uji Coba Aplikasi

Uji coba simulasi dilakukan untuk mengetahui apakah hasil simulasi sesuai dengan data gempa yang digunakan, tahapannya adalah membuat data hingga menjalankan simulasi gempa.

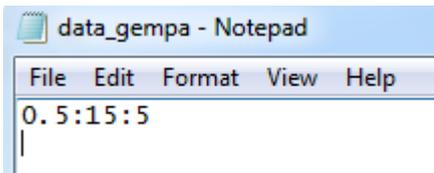


Gambar 8.1 Membuat data gempa

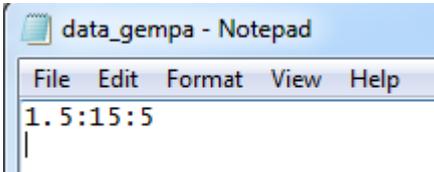
Gambar 8.1 menjelaskan sebelum memulai simulasi perlu dibuat data gempa berupa file (.txt) dengan nama file "data\_gempa" dan berlokasi di Local Disk (d:) dengan tampilan format pada gambar 8.2 hingga 8.5 :



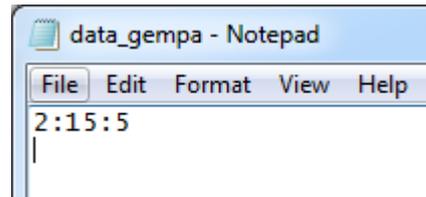
Gambar 8.2 Tampilan format data gempa frekuensi 0,25



Gambar 8.3 Tampilan format data gempa frekuensi 0,5

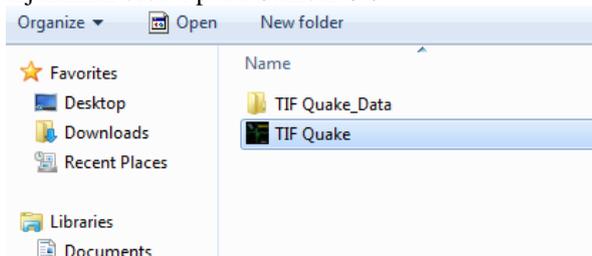


Gambar 8.4 Tampilan format data gempa frekuensi 1,5



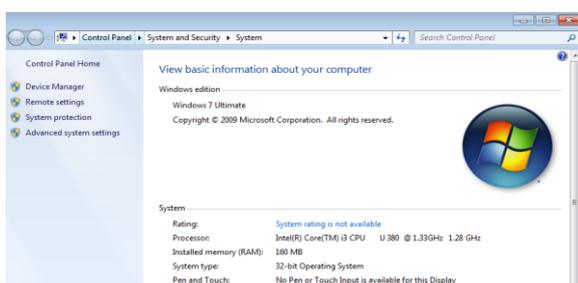
Gambar 8.5 Tampilan format data gempa frekuensi 2

Gambar 5.6 sampai 5.9 menjelaskan isi dari format data gempa tersebut adalah frekuensi, durasi dan *magnitude* dengan titik dua “.” sebagai pemisah. Dalam data ini penulis menyesuaikan data dengan penelitian sebelumnya[7]. Setelah itu simulasi dijalankan sesuai pada Gambar 8.6 :



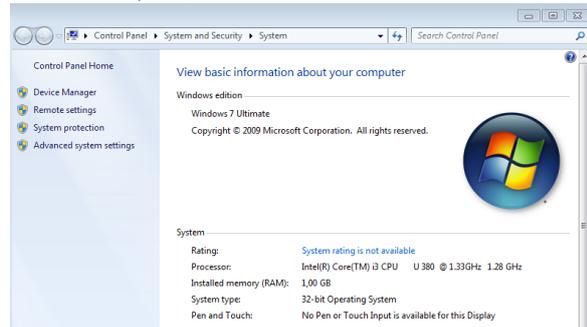
Gambar 8.6 menjalankan simulasi

Gambar 8.6 menjelaskan simulasi dijalankan dengan nama program simulasi “TIF Quake”. Dalam tahap uji coba ini dilakukan 2 kali pengujian dengan perangkat PC yang sama menggunakan program virtual box yaitu yang pertama dengan OS Windows 7 32-bit jenis *processor* Intel Core i3 kecepatan 1.33GHz dengan RAM 160 MB pada gambar 8.7, kedua dengan OS Windows 7 32-bit jenis *processor* Intel Core i3 kecepatan 1.33GHz dengan RAM 1,00 GB pada gambar 8.8 :



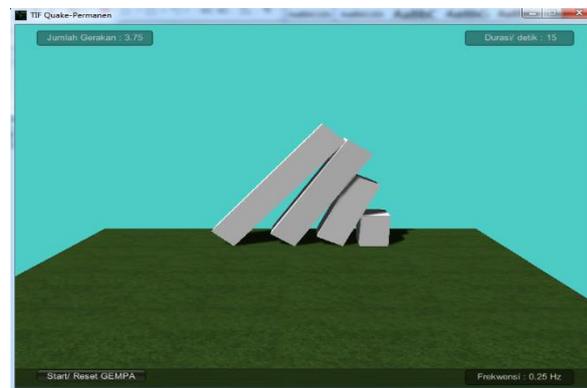
Gambar 8.7 Spesifikasi komputer uji coba 1

Gambar 8.7 menjelaskan spesifikasi komputer dengan informasi OS windows 7 32 bit *processor* 1,33 Ghz dan RAM 1,00 GB



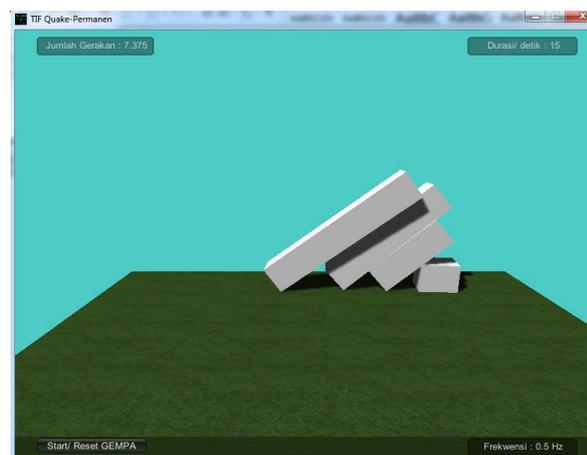
Gambar 8.8 Spesifikasi komputer uji coba 2

Gambar 8.8 menjelaskan spesifikasi komputer dengan informasi OS windows 7 32 bit *processor* 1,33 Ghz dan RAM 1,00 GB



Gambar 8.9 Uji coba 1 gempa frekuensi 0,25 Hz

Hasil pengujian membuktikan Gambar 8.9 gempa bergerak dengan frekuensi 0, 25 Hz sejumlah 3,75 getaran selama 15 detik sesuai dengan data gempa yang dibuat sebelumnya pada Gambar 5.6 dan membuat obyek bergoyang saja namun obyek paling tinggi jatuh menimpa obyek yang lain.



Gambar 8.10 Uji coba 1 gempa frekuensi 0,5 Hz

Hasil pengujian Gambar 8.10 membuktikan gempa bergerak dengan frekuensi 0,5 Hz sejumlah 7,5 getaran selama 15 detik sesuai dengan data gempa yang dibuat sebelumnya pada Gambar 5.7 dan membuat obyek terjatuh miring karena tertimpa obyek paling tinggi



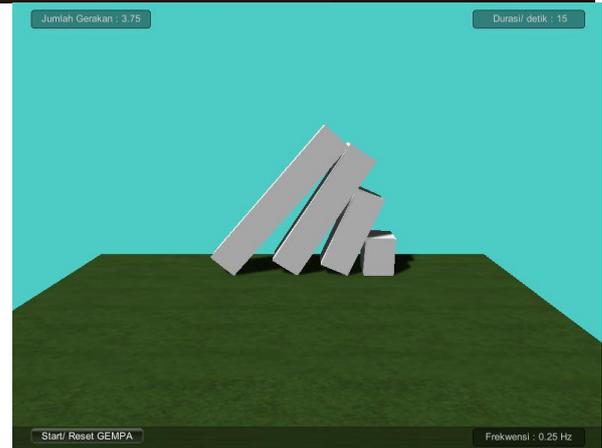
**Gambar 8.11** Uji coba 1 gempa frekuensi 1,5 Hz

Hasil pengujian Gambar 8.11 membuktikan gempa bergerak dengan frekuensi 1,5 Hz sejumlah 22,5 getaran selama 15 detik sesuai dengan data gempa yang dibuat sebelumnya pada Gambar 5.8 dan membuat semua obyek terjatuh.



**Gambar 8.12** Uji coba 1 gempa frekuensi 2 Hz

Hasil pengujian Gambar 8.12 membuktikan gempa bergerak dengan frekuensi 2 Hz sejumlah 30 getaran selama 15 detik sesuai dengan data gempa yang dibuat sebelumnya pada Gambar 5.9 dan membuat semua obyek terjatuh lebih cepat.



**Gambar 8.13** Uji coba 2 gempa frekuensi 0,25 Hz

Hasil pengujian membuktikan Gambar 8.13 gempa bergerak dengan frekuensi 0,25 Hz sejumlah 3,75 getaran selama 15 detik sesuai dengan data gempa yang dibuat sebelumnya pada Gambar 5.6 dan membuat obyek bergoyang saja namun obyek paling tinggi jatuh menimpa obyek yang lain.



**Gambar 8.14** Uji coba 2 gempa frekuensi 0,5 Hz

Hasil pengujian Gambar 8.14 membuktikan gempa bergerak dengan frekuensi 0,5 Hz sejumlah 7,5 getaran selama 15 detik sesuai dengan data gempa yang dibuat sebelumnya pada Gambar 5.7 dan membuat obyek terjatuh miring karena tertimpa obyek paling tinggi



**Gambar 8.15** Uji coba 2 gempa frekuensi 1,5 Hz

Hasil pengujian Gambar 8.15 membuktikan gempa bergerak dengan frekuensi 1,5 Hz sejumlah 22,5 getaran selama 15 detik sesuai dengan data gempa yang dibuat sebelumnya pada Gambar 5.8 dan membuat semua obyek terjatuh.



**Gambar 8.16** Uji coba 2 gempa frekuensi 2 Hz

Hasil pengujian Gambar 8.16 membuktikan gempa bergerak dengan frekuensi 2 Hz sejumlah 30 getaran selama 15 detik sesuai dengan data gempa yang dibuat sebelumnya pada Gambar 5.9 dan membuat semua obyek terjatuh lebih cepat.

## 8.2 Pembahasan Uji coba

Setelah uji coba simulasi dijalankan dengan data gempa yang telah dibuat maka diperoleh hasil pada Gambar 8.9 hingga Gambar 8.16 dengan informasi frekuensi, durasi, *magnitude* dan jumlah gerakan gempa yang terlihat pada tampilan simulasi. Proses untuk mendapatkan tampilan informasi jumlah gerakan dan durasi dapat dilihat pada source code Gambar 7.2, kemudian untuk source code yang digunakan untuk mendapatkan tampilan informasi berupa data frekuensi yang di ambil dapat dilihat pada Gambar 7.4. Perbandingan informasi nilai frekuensi, durasi dan jumlah getaran pada uji coba 1 dan 2 dapat dilihat pada tabel 8.1, 8.2 dan 8.3 :

**Tabel 8.1** Perbandingan nilai frekuensi uji coba 1 dan 2

Uji Coba	Frekuensi 0,25Hz	Frekuensi 0,5Hz	Frekuensi 1,5Hz	Frekuensi 2Hz
1	0,25Hz	0,5Hz	1,5Hz	2Hz
2	0,25Hz	0,5Hz	1,5Hz	2Hz

**Tabel 8.2** Perbandingan nilai durasi uji coba 1 dan 2

Uji Coba	Frekuensi 0,25Hz	Frekuensi 0,5Hz	Frekuensi 1,5Hz	Frekuensi 2Hz
1	15 detik	15 detik	15 detik	15 detik
2	15 detik	15 detik	15 detik	15 detik

**Tabel 8.3** Perbandingan nilai jumlah getaran uji coba 1 dan 2

Uji Coba	Frekuensi 0,25Hz	Frekuensi 0,5Hz	Frekuensi 1,5Hz	Frekuensi 2Hz
1	3,75 kali	7,5 kali	22,5 kali	30 kali
2	3,75 kali	7,5 kali	22,5 kali	30 kali

Tampilan informasi frekuensi dan durasi pada uji coba 1 dan 2 telah sesuai dengan data gempa yang telah dibuat. Untuk tampilan informasi jumlah gerakan gempa juga terbukti sesuai dengan sub bab analisa data yang telah dihitung sebelumnya pada tabel 4.2, simulasi data gempa bumi yang diujikan pada uji coba 1 dan 2 terbukti bergerak dengan menghasilkan jumlah pergerakan gempa yang sama meskipun dengan jumlah RAM yang berbeda

## IX. PENUTUP

### 9.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dapat diperoleh kesimpulan yaitu simulasi gempa dapat bergerak sesuai data gempa bumi dengan data frekuensi masing-masing yang telah diinputkan dan hasil pergerakan gempa menghasilkan jumlah getaran yang sama.

### 9.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diberikan dalam pengembangan simulasi data gempa bumi berbasis 3 dimensi ini yaitu :

1. Perlu dikembangkan lagi arah pergerakan gempa agar menyerupai gempa yang sebenarnya.
2. Pengembangan masalah kecepatan gerakan frekuensi dengan program Unity Game Engine untuk lebih akurat dalam perhitungan.
3. Penelitian ini diharapkan bisa berlanjut dan lebih banyak lagi model-model gempa berdasarkan data kejadian gempa yang sebenarnya.

## X. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ezrailson, Cathy., et al. 2005, "Waves, Sound and Light". United States Of America : Mc Graw Hill
- [2] Nelson, Stephen A, 2012, "Earthquakes and Earth's Interior". (<http://www.tulane.edu/~sanelson/eens1110/earthint.htm>, 31 Oktober 2014)
- [3] ITS Press. "Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI-1726 dan SNI-2847 Terbaru". 2009. Surabaya.
- [4] repository.usu.ac.id , Bab2Parameter Gempa Bumi, (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/30725/3/Chapter%20II.pdf>, 31 Oktober 2014)

- [5] Risal, Muhammad, 2013 panjang gelombang, (<http://www.rumus-fisika.com/2013/12/panjang-gelombang.html>, 12 November 2014)
- [6] Risal, Muhammad, 2013, penjelasan tentang vektor, ( <http://www.rumus-fisika.com/2013/12/penjelasan-tentang-vektor.html>, 12 November 2014)
- [7] Rizal, Fachrul. ST, 2014, "Desain Pemodelan Sambungan Beton Precast pada Perumahan Tahan Gempa Berbasis *Knockdown System*".*Jurnal Teknik POMITS. Volume 1, No. 1*
- [8] Arisworo, Djoko, dkk. 2006. *Fisika Dasar* Jakarta; Grafindo Media Pratama.
- [9] Day. Robert W., 2002, "Geotechnical Earthquake Engineering Handbook", McGraw-Hill HANDBOOKS, New York.
- [10] Prasetya Tiar, 2006, "Gempa Bumi Ciri dan Cara Menanggulangnya", Gita Nagari, Yogyakarta.

Halaman ini kosong  
Redaksi Melek IT