

SKRIPSI

**PENDETEKSI GERAKAN KEPALA DENGAN GOOGLE
CARDBOARD**



EGA PRIANTO

NPM: 2013730047

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2016**

UNDERGRADUATE THESIS

HEAD MOTION DETECTOR USING GOOGLE CARDBOARD



EGA PRIANTO

NPM: 2013730047

**DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PENDETEKSI GERAKAN KEPALA DENGAN GOOGLE CARDBOARD

EGA PRIANTO

NPM: 2013730047

Bandung, 20 «bulan» 2016

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Pascal Alfadian, M.Comp.
Ketua Tim Penguji

«pembimbing pendamping/2»
Anggota Tim Penguji

«penguji 1»

«penguji 2»

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

PENDETEKSI GERAKAN KEPALA DENGAN GOOGLE CARDBOARD

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 20 «bulan» 2016

Meterai

Ega Prianto
NPM: 2013730047

ABSTRAK

«Tuliskan abstrak anda di sini, dalam bahasa Indonesia» Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Kata-kata kunci: «Tuliskan di sini kata-kata kunci yang anda gunakan, dalam bahasa Indonesia»

ABSTRACT

«Tuliskan abstrak anda di sini, dalam bahasa Inggris» Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetuer.

Keywords: «Tuliskan di sini kata-kata kunci yang anda gunakan, dalam bahasa Inggris»

«kepada siapa anda mempersembahkan skripsi ini...?»

KATA PENGANTAR

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Bandung, «bulan» 2016

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xix
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
2 DASAR TEORI	5
2.1 Android SDK	5
2.1.1 Struktur File Android Studio Project	5
2.1.2 Membuat User Interface	6
2.1.3 Activity	8
2.1.4 Android Sensor Framework	10
2.2 Google VR SDK	19
2.2.1 API Audio	20
2.2.2 API Base	20
2.3 Teori Kuaternion	22
2.3.1 Struktur Ajabar	22
2.3.2 <i>Aljabar Kuaternion</i> dan Operasi-operasi pada Kuaternion	23
DAFTAR REFERENSI	27
A THE PROGRAM	29
B THE SOURCE CODE	31

DAFTAR GAMBAR

2.1	Tampilan struktur folder pada <i>project</i> Android Studio	6
2.2	Ilustrasi bagaimana percabangan objek ViewGroup pada <i>layout</i> dan mengandung objek View lainnya.	7
2.3	<i>State diagram</i> siklus Activity	9
2.4	Sistem koordinat (relatif dengan perangkatnya) yang digunakan oleh Sensor API . .	12
2.5	Sistem koordinat sensor rotasi vektor terhadap Bumi	19
2.6	Right-hand rule dalam <i>cross product</i> vektor	24
A.1	Interface of the program	29

DAFTAR TABEL

2.1 Tipe-tipe Sensor pada Android	11
---	----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Virtual Reality adalah teknologi yang mampu membuat penggunanya dapat berinteraksi dengan lingkungan buatan oleh komputer, suatu lingkungan yang sebenarnya ditiru atau hanya ada di dalam imajinasi.[1] *Virtual Reality* membuat pengalaman sensorik, di antaranya penglihatan, pendengaran, perabaan, dan penciuman secara buatan.[2] Gawai *Virtual Reality* terbaru sekarang yaitu dengan menggunakan *head-mounted display*, Google Cardboard salah satunya. *Head-mounted display* adalah menempatkan layar di kepala, sehingga pengguna hanya dapat melihat tampilan yang ditampilkan oleh layar.[3]

Google Cardboard[4] adalah gawai murah yang terbuat dari kardus untuk dapat merasakan pengalaman *virtual reality* dengan *smartphone* Android atau iOS. Kita dapat membuat Google Cardboard kita sendiri secara gratis dengan mengunduh templatnya di situs web Google Cardboard. [4]Template tersebut membantu dalam merakit kardus dengan dibentuk, dilipat dan digunting sedemikian rupa sehingga berbentuk kacamatanya. Bahan-bahan untuk merakit Google Cardboard hanyalah kardus, lem, dan lensa dengan spesifikasi tertentu.

Pada Gawai Google Cardboard cara pengguna memberikan *input* kepada program sangatlah terbatas. Cara tersebut hanyalah dengan gerakan kepala dan tombol magnet. Tombol magnet ini pun terkadang tidak berfungsi dengan baik, karena bergantung pada medan magnet yang di deteksi oleh *smartphone* yang digunakan. Cara lainnya agar dapat memberikan *input* kepada program adalah dengan menghubungkan *smartphone* yang digunakan dengan *bluetooth controller*.

Skripsi ini akan membuat aplikasi untuk menambahkan cara baru memberikan *input* pada Google Cardboard. Pada skripsi ini, akan dibuat dua buah perangkat lunak. Perangkat lunak pertama akan digunakan untuk menganalisis data yang didapat dari sensor-sensor pada Android. Perangkat lunak kedua akan dapat mendeteksi gerakan kepala penggunanya ketika sedang menggeleng atau mengangguk. Pada perangkat lunak kedua ini akan memberikan *input* baru kepada program virtual reality. Jenis *input* yang diberikan kepada komputer hanya ya(mengangguk) atau tidak(menggeleng).

Agar *Virtual Reality* menggunakan Google Cardboard dapat berjalan dengan sempurna, dibutuhkan *smartphone* yang memiliki 3 jenis sensor. Ketiga sensor itu adalah *Magnetometer*, *Accelerometer*, dan *Gyroscope*. [5] Jika salah satu sensor itu tidak ada, tampilan gambar pada *Virtual Reality* akan tidak akurat atau lambat. *Magnetometer* digunakan untuk mengetahui arah pandang pengguna. *Accelerometer* digunakan untuk mengetahui arah gaya gravitasi.[6] *Gyroscope* digunak-

an untuk mengetahui percepatan perputaran sudut kepala pengguna. Ketiga sensor ini juga harus menggunakan sensor 3 sumbu. Ketiga sensor tersebut tidak hanya berfungsi agar dapat menjalankan *Virtual Reality* dengan Google Cardboard dan *smartphone*, tetapi juga dapat berfungsi sebagai pendeteksi gerakan kepala.

1.2 Rumusan Masalah

- Bagaimana cara menampilkan grafik data yang diambil dari sensor-sensor pada *smartphone*?
- Bagaimana cara mendeteksi gerakan kepala dari data yang didapat dari sensor-sensor pada *smartphone*?

1.3 Tujuan

- Mengetahui cara untuk menampilkan grafik data dari sensor-sensor pada *smartphone*.
- Mengetahui cara mendeteksi gerakan kepala dari data yang didapat dari sensor-sensor pada *smartphone*.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibuat berdasarkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Program pertama yang akan dibuat dalam skripsi ini hanya akan digunakan untuk membantu dalam menganalisis sensor.
2. Program kedua yang akan dibuat hanya dapat melakukan pendeteksi gerakan kepala khusus untuk mengangguk dan menggeleng saja.

1.5 Metode Penelitian

Berikut adalah metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Melakukan studi literatur tentang Android SDK, Google VR SDK, Quaternion, *Sensor Fusion*, dan algoritma *Head Motion Detection*.
2. Merancang dan membuat aplikasi untuk menampilkan grafik sensor-sensor pada *smartphone* Android.
3. Menganalisis aplikasi-aplikasi sejenis.
4. Merekam dan menganalisis grafik dari sensor-sensor pada *smartphone* ketika mengangguk dan menggeleng.
5. Menganalisis metode pendeteksi gerakan kepala.
6. Merancang aplikasi untuk mendeteksi gerakan kepala
7. Mengimplementasi algoritma pendeteksi gerakan kepala ke aplikasi *virtual reality*.

1.6 Sistematika Penulisan

Setiap bab dalam penelitian ini memiliki sistematika penulisan yang dijelaskan ke dalam poin-poin sebagai berikut:

1. Bab 1: Pendahuluan, yaitu membahas mengenai gambaran umum penelitian ini. Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.
2. Bab 2: Dasar Teori, yaitu membahas teori-teori yang mendukung berjalannya penelitian ini. Berisi tentang Android SDK, Google VR SDK, Quaternion, dan algoritma *Head Motion Detection*.
3. Bab 3: Analisis, yaitu membahas mengenai analisa masalah. Berisi tentang analisis aplikasi-aplikasi sejenis, analisis grafik dari sensor-sensor pada *smartphone* ketika mengangguk dan menggeleng, analisis metode pendeteksi gerakan kepala.
4. Bab 4: Perancangan yaitu membahas mengenai perancangan

BAB 2

DASAR TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan dasar-dasar teori mengenai Android SDK, Google VR SDK, Kuaternion, *Sensor Fusion*, dan algoritma *Head Motion Detection*.

2.1 Android SDK

Android SDK (*software development kit*) adalah kumpulan *source code*, *development tools*, *emulator*, [7] dan semua *libraries* untuk membuat suatu aplikasi untuk *platform* Android. IDE (*integrated development environment*) yang resmi untuk Android SDK adalah Android Studio. Android Studio dapat di download di halaman situs web Google Developer [7], sekaligus dengan Android SDKnya.

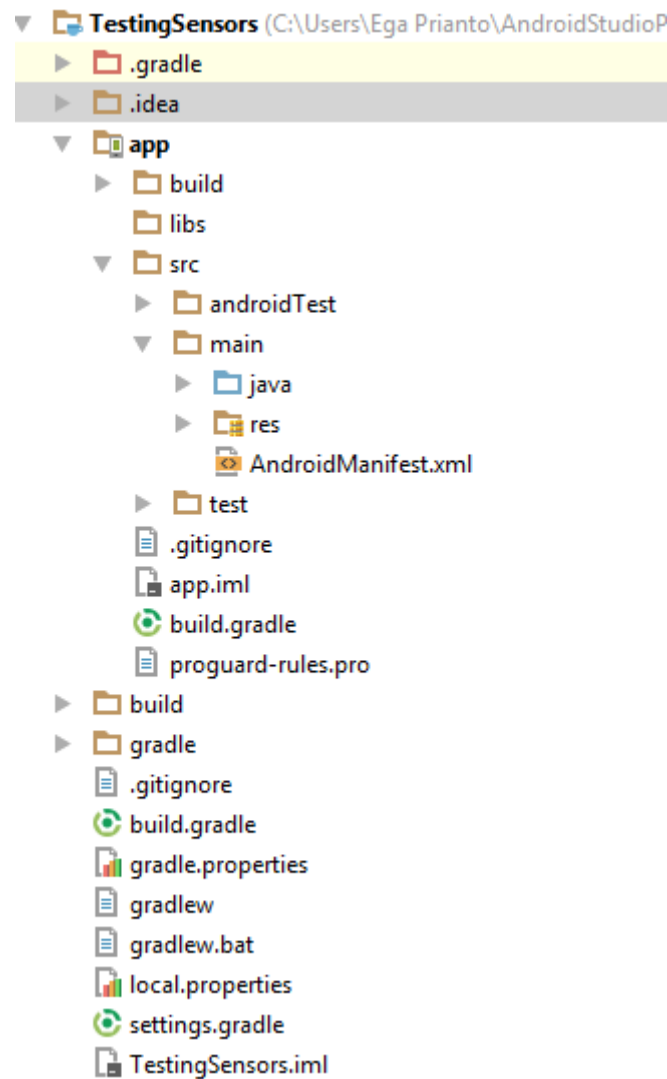
2.1.1 Struktur File Android Studio Project

[8] Pada saat **project** baru telah dibuat, Android Studio akan membuat folder-folder standar (Gambar 2.1). Berikut adalah sebagian penjelasan dari hal yang perlu di perhatikan pada struktur tersebut:

- Folder **module/build** mengandung file-file dari hasil pembangunan *project*.
- Folder **module/libs** mengandung *libraries* privat.
- Folder **module/src** mengandung semua kode dan file sumber untuk suatu modul yang terbagi menjadi *subdirectories* berikut:
 - Folder **androidTest/** mengandung kode untuk mengetes yang berjalan di perangkat Android.
 - Folder **main/** mengandung file-file kode dan file sumber inti dari suatu module yang terbagi menjadi *subdirectories* berikut:
 - * File **AndroidManifest.xml** mendeskripsikan sifat dari aplikasi dan setiap komponennya.
 - * Folder **java/** mengandung kode java.
 - * Folder **jni/** mengandung kode yang menggunakan Java Native Interface (JNI).
 - * Folder **gen/** mengandung file java yang dihasilkan oleh Android Studio.
 - * Folder **res/** mengandung file-file sumber untuk aplikasi, seperti file drawable, layout, dan UI String.

- * Folder **assets/** mengandung file yang akan di kompilasi menjadi file **.apk**. File-file yang biasa disimpan di folder ini adalah file audio, video, file html, gambar dan file bantu lainnya.
- File **build.gradle**(module) mendefinisikan konfigurasi modul untuk proses *build*.
- File **build.gradle**(project) mendefinisikan konfigurasi proses **build** untuk *project* yang berlaku untuk semua modul.

Folder **App** pada Gambar 2.1 merupakan folder *module*.



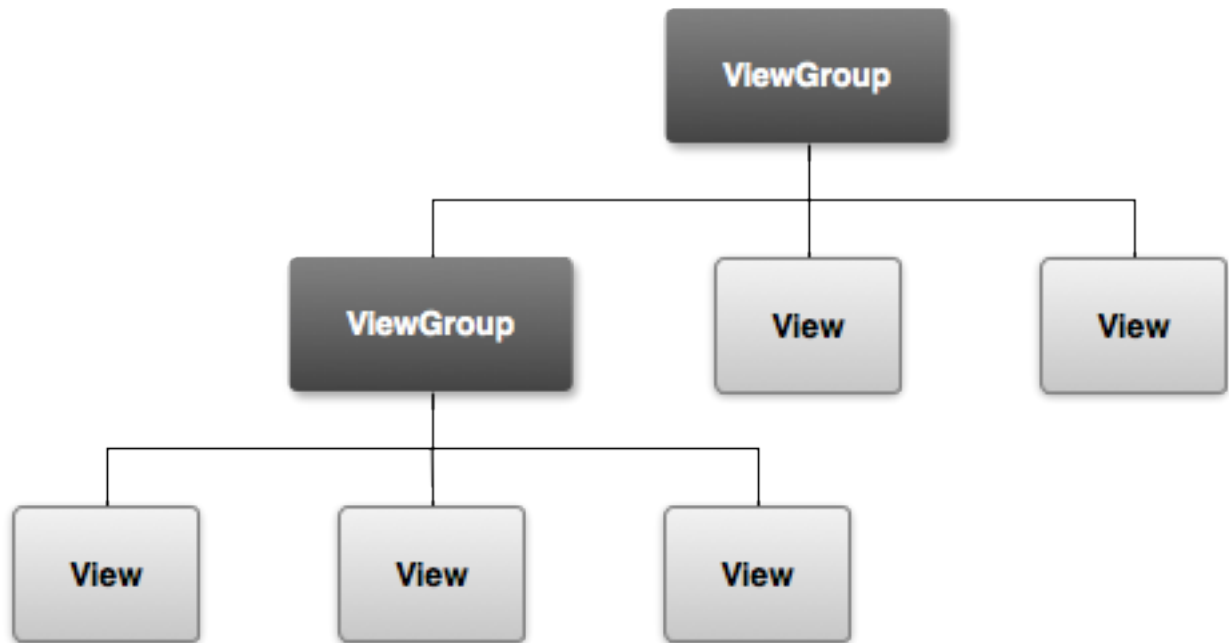
Gambar 2.1: Tampilan struktur folder pada *project* Android Studio

2.1.2 Membuat User Interface

[8] Pada subbab ini akan dijelaskan bagaimana membuat layout di XML termasuk *text field* dan *button*

Hierarki *Graphical User Interface* (GUI) untuk Aplikasi Android

GUI untuk aplikasi Android dibuat dengan hierarki dari objek View dan ViewGroup (Gambar 2.2). Objek-objek dari View biasanya adalah *UI(User Interface) Widgets* seperti *button* atau *text field*. Objek-objek dari ViewGroup tidak terlihat oleh *view containers* yang mendefinisikan bagaimana *child views* ditata seperti *grid* atau *vertical list*.



Gambar 2.2: Ilustrasi bagaimana percabangan objek ViewGroup pada *layout* dan mengandung objek View lainnya.

Android menggunakan file XML yang berkorespondensi kepada *subclasses* dari View dan ViewGroup, sehingga UI dapat didefinisikan dalam XML menggunakan hierarki dari elemen UI.

Attribut-attribut Objek View

Pada subbab ini akan dijelaskan attribut-attribut object View yang digunakan dalam membuat GUI pada file `activity_main.xml`

- **android:id** Attribut ini merupakan pengidentifikasi dari suatu view. Attribut ini dapat digunakan untuk menjadi referensi object dari kode aplikasi seperti membaca dan memanipulasi objek tersebut (Akan dijelaskan lebih lanjut pada subbab 2.1.3). Tanda '@' dibutuhkan ketika mereferensi object dari suatu XML. Tanda '@' tersebut diikuti dengan tipe (id pada kasus ini), *slash*, dan nama (`edit_message` pada kode 2.2). Tanda tambah (+) sebelum tipe hanya dibutuhkan jika ingin mendefinisikan *resource ID* untuk pertama kalinya.
- **android:layout_width** dan **android:layout_height** Attribut ini digunakan untuk mendefinisikan panjang dan lebar dari suatu objek View. Daripada menggunakan besar spesifik untuk panjang dan lebarnya, lebih baik menggunakan "wrap_content" yang menspesifikasi viewnya hanya akan sebesar yang dibutuhkan untuk memuat konten-konten dari View. Ji-

ka menggunakan "match_parent" pada kasus kode 2.2 View akan memenuhi layar, karena besarnya akan mengikuti besar dari paretnya LinearLayout.

- **android:hint** Attribut ini merupakan *default string* untuk di tampilkan ketika objek View kosong. Daripada menggunakan *hard-coded string* sebagai *nilai* untuk ditampilkan, *value* "@string/edit_message" mereferensi ke sumber string pada file yang berbeda. Karena mereferensi ke sumber konkrit, maka tidak dibutuhkan tanda tambah (+). Nilai string ini akan di simpan pada file Strings.xml yang ditunjukkan pada Kode 2.1.

Listing 2.1: Contoh kode pada string.xml

```

1 | <resources>
2 | <string name="app_name">MyFirstAndroidApp</string>
3 | <string name="edit_message">Ini adalah hint</string>
4 | <string name="button_send">Send</string>
5 | </resources>

```

- **android:onClick** Attribut ini akan memberitahu *system* untuk memanggil method yang sesuai namanya (contoh pada kode 2.2 adalah **sendMessage()**) di Activity ketika pengguna melakukan klik pada *button* tersebut. Agar *system* dapat memanggil method yang tepat, method tersebut harus memenuhi kriteria berikut.

- *Access Modifier* haruslah *public*.
- Harus *void return valuenya*.
- Mempunyai View sebagai parameter satu-satunya. View ini akan diisi dengan View yang di klik.

Listing 2.2: Contoh kode file XML pada folder layout

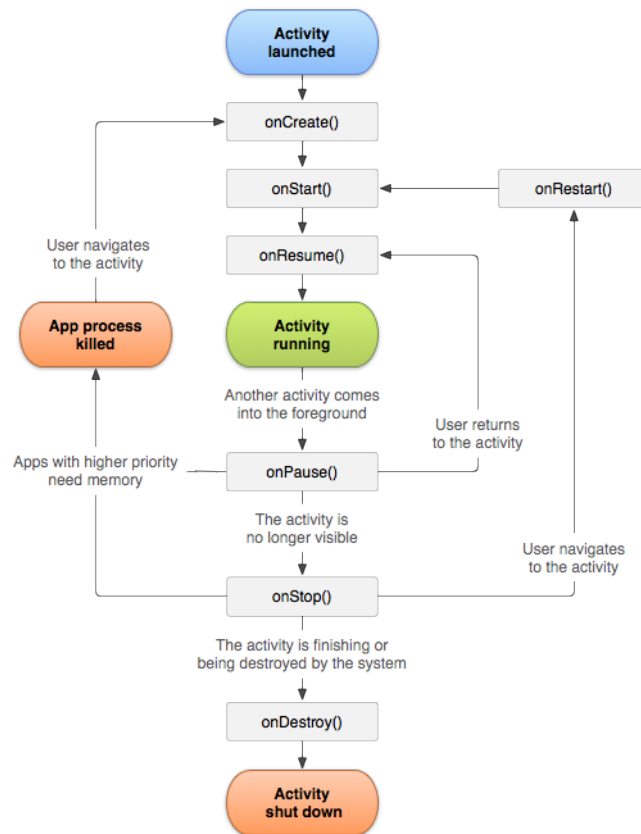
```

1 | <LinearLayout
2 |     xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3 |     xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
4 |     android:layout_width="match_parent"
5 |     android:layout_height="match_parent"
6 |     android:orientation="horizontal">
7 |     <EditText android:id="@+id/edit_message"
8 |         android:layout_weight="1"
9 |         android:layout_width="0dp"
10 |         android:layout_height="wrap_content"
11 |         android:hint="@string/edit_message" />
12 |     <Button
13 |         android:layout_width="wrap_content"
14 |         android:layout_height="wrap_content"
15 |         android:text="@string/button_send"
16 |         android:onClick="sendMessage" />
17 | </LinearLayout>

```

2.1.3 Activity

[8] Activity adalah suatu hal yang terfokuskan dengan apa yang bisa pengguna lakukan. Hampir semua *Activity* berinteraksi dengan pengguna, jadi kelas Activity akan membuat suatu halaman baru yang bisa ditambahkan dengan konten-konten View. Selain Activity dapat direpresentasikan kepada pengguna dengan halaman *full-screen*, Activity juga dapat direpresentasikan dengan cara lain: seperti halaman *floating* atau tertanam di Activity lain.

Gambar 2.3: *State diagram* siklus Activity

Activity Lifecycle

Aktivitas dalam sistem android di atur sebagai *activity stack*. Ketika ada Activity baru yang dimulai, Activity tersebut ditempatkan di paling atas pada *stack* dan menjadi Activity aktif. Activity sebelumnya akan tetap berada di bawah *stack*, dan tidak akan muncul lagi sampai Activity yang baru berakhir.

Activity didasari dari empat kondisi:

- Jika Activity berada di latar depan pada layar, Activity tersebut sedang aktif.
- Jika Activity sudah tidak terfokuskan tetapi masih dapat terlihat, Activity tersebut sedang berhenti sementara. Pada kondisi ini Activity tersebut masih berjalan, tapi bisa diberhentikan ketika system berada dalam situasi kekurangan memori.
- Jika suatu Activity benar-benar dihalangi oleh Activity lain, Activity tersebut telah berhenti. Activity tersebut akan tetap mengingat seluruh keadaan dan informasi anggota tetapi, Activity tersebut tidak lagi terlihat oleh pengguna jadi tampilan jendelanya akan tersembunyi dan seringkali akan diberhentikan Activitynya ketika system membutuhkan memori.
- Jika suatu Activity sedang berhenti sementara atau berhenti total, sistem dapat membuang Activity dari memory dengan cara menanyakan kepada pengguna untuk memberhentikan Activity atau langsung diberhentikan oleh sistem. Jika Activity tersebut ditampilkan lagi kepada pengguna, Activity tersebut harus memulai dari awal dan kembali ke keadaan sebelumnya.

Gambar 2.3 menunjukkan pentingnya alur keadaan dari suatu Activity. Gambar segi empat merepresentasikan *callback methods* yang dapat diimplementasikan untuk melakukan operasi ketika Activity berubah kondisi. Oval berwarna merupakan kondisi-kondisi utama dari suatu Activity. Ada 3 *key loops* untuk memantau suatu Activity:

- *Entire lifetime* terjadi diantara pemanggilan pertama pada `onCreate(Bundle)` sampai ke satu pemanggilan akhir `onDestroy()`. Suatu Activity akan melakukan semua persiapan pada kondisi umum pada method `onCreate()`, dan melepaskan seluruh sisa pemrosesan pada method `onDestroy()`.
- *Visible lifetime* terjadi antara pemanggilan `onStart()` sampai pemanggilan yang sesuai pada `onStop()`. Pada tahap ini pengguna dapat melihat Activity pada layar meskipun tidak berada pada *foreground* dan berinteraksi dengan pengguna.
- *Foreground lifetime* terjadi antara pemanggilan method `onResume()` sampai ke satu pemanggilan akhir `onDestroy()`. Pada tahap ini Activity berada di depan semua Activity lainnya dan sedang berinteraksi dengan user.

2.1.4 Android Sensor Framework

[8]Sebagian besar dari perangkat android sudah memiliki sensor yang mengukur gerakan, orientasi, dan berbagai keadaan lingkungan. Sensor-sensor ini dapat memberikan data mentah dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sensor ini juga berguna untuk memantau pergerakan tiga dimensi atau posisi perangkat. Sensor ini juga dapat memantau perubahan keadaan lingkungan yang dekat dengan perangkat. Android mendukung tiga kategori sensor:

- **Sensor gerak** Sensor-sensor ini mengukur akselerasi dan rotasi pada tiga sumbu. Kategori sensor ini meliputi *accelerometers*, sensor gravitasi, *gyroscope*, dan rotasi vektor.
- **Sensor keadaan lingkungan** Sensor-sensor ini mengukur berbagai keadaan lingkungan seperti suhu udara, tekanan, pencahayaan, dan kelembaban. Kategori sensor ini termasuk bariometer, fotometer dan termometer.
- **Sensor posisi** Sensor-sensor ini mengukur posisi perangkat. Kategori sensor ini meliputi sensor orientasi dan magnetometer.

Android Sensor Framework membantu developers untuk mengakses berbagai jenis sensor. Beberapa sensor berbasis perangkat keras dan beberapa sensor berbasis perangkat lunak. Sensor berbasis perangkat keras mendapatkan data dengan langsung mengukur sifat lingkungan tertentu, seperti percepatan, kekuatan medan geomagnetik, atau perubahan sudut. Sensor berbasis perangkat lunak mendapatkan data dari satu atau lebih sensor berbasis perangkat keras. Sensor berbasis perangkat lunak ini juga terkadang disebut sensor virtual atau sensor sintetis. Pada tabel berikut akan dirincikan tipe-tipe setiap sensor posisi dan gerak, deskripsi, dan penggunaan umumnya.

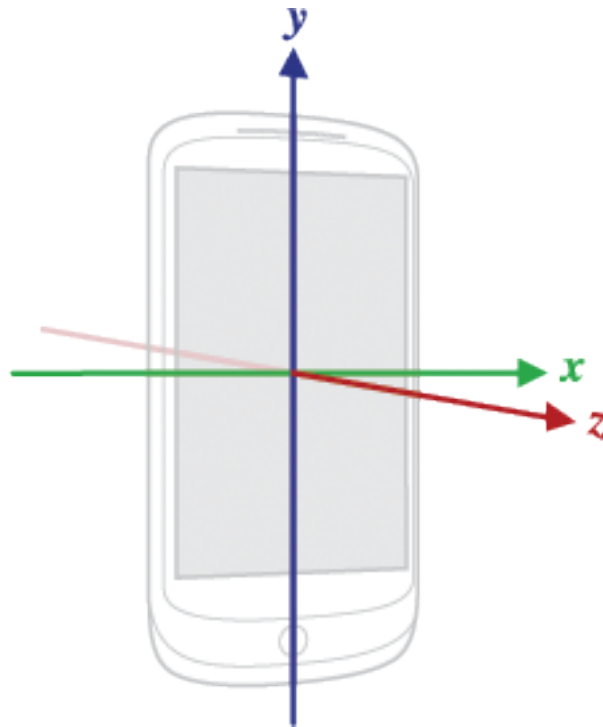
Sistem Koordinat Sensor

Pada umumnya, sensor framework menggunakan sistem tiga sumbu koordinat standar untuk mengekspresikan nilai data. Sebagian besar sensor sistem koordinat didefinisikan relatif terhadap layar

Tabel 2.1: Tipe-tipe Sensor pada Android

Sensor	Tipe	Deskripsi	Penggunaan umum
TYPE_ACCELEROMETER	Perangkat Keras	Mengukur percepatan dalam m/s^2 yang terjadi pada perangkat di semua tiga sumbu fisik (x,y,z), termasuk percepatan gravitasi.	Deteksi gerak(goncangan, keseimbangan, dan lain-lain)
TYPE_GRAVITY	Perangkat Lunak atau Perangkat Keras	Mengukur percepatan gravitasi dalam m/s^2 yang terjadi pada perangkat di tiga sumbu fisik (x,y, dan z)	Deteksi gerak(goncangan, keseimbangan, dan lain-lain)
TYPE_GYROSCOPE	Perangkat Keras	Mengukur rata-rata rotasi sudut dalam rad/s di tiga sumbu fisik (x,y, dan z).	Deteksi rotasi (putaran, belokan, dan lain-lain).
TYPE_LINEAR_ACCELERATION	Perangkat Lunak atau Perangkat Keras	Mengukur percepatan dalam m/s^2 yang terjadi pada perangkat di semua tiga sumbu fisik (x,y,z), tidak termasuk percepatan gravitasi.	Memantau percepatan pada suatu sumbu.
TYPE_MAGNETIC_FIELD	Perangkat Keras	Mengukur medan magnet sekitar untuk semua tiga sumbu fisik (x,y, dan z) di satuan μT .	Membuat Kompas.
TYPE_ORIENTATION	Perangkat Lunak	Mengukur derajat rotasi yang terjadi pada perangkat pada semua tiga sumbu fisik (x,y, dan z).	Menentukan posisi perangkat
TYPE_ROTATION_VECTOR	Perangkat Lunak dan Perangkat Keras	Mengukur orisentasi dari suatu perangkat dengan menyediakan tiga element dari vektor rotasi perangkat.	Deteksi gerak dan deteksi rotasi.

perangkat bila perangkat dibuat dalam orientasi standar (lihat Gambar 2.4) Sensor-sensor yang



Gambar 2.4: Sistem koordinat (relatif dengan perangkatnya) yang digunakan oleh Sensor API

menggunakan sistem tiga sumbu seperti Gambar 2.4 adalah sebagai berikut :

- Accelerometer
- Sensor Gravitasi
- Gyroscope
- Sensor Percepatan Linear
- Sensor Medan Geomagnetik

Koordinat sistem yang sumbunya tidak tertukar ketika orientasi perangkat berubah. Sistem koordinat sensor tidak pernah berubah seiring perangkatnya bergerak. Dalam aplikasi android tidak dapat diassumsikan bahwa standar orientasi perangkat android adalah *portrait*. Kebanyakan perangkat *Tablet* standar orientasinya adalah *landscape*. Sistem koordinat sensor selalu di dasarkan pada orientasi dasar dari suatu perangkat android.

Mengidentifikasi Sensor dan Kapabilitas Sensor

Android Sensor Framework menyediakan beberapa method yang dapat membuat developer mudah untuk menentukan sensor mana yang akan digunakan. APInya juga dapat menyediakan method yang memungkinkan penggunaanya menentukan kapabilitas masing-masing sensor, seperti jangkauan maksimum, resolusi, dan kebutuhan dayanya. Untuk mengidentifikasi sensor-sensor yang ada pada perangkat, hal pertama yang perlu dilakukan adalah mendapatkan referensi sensor tersebut. Untuk

mendapatkan referensi tersebut, dapat dilakukan dengan membuat instansiasi dari kelas `SensorManager` dan memanggil method `getSystemService()` dan memasukkan isi Parameternya dengan `SENSOR_SERVICE`. Contohnya pada kode 2.3.

Listing 2.3: Contoh inisialisasi kelas `SensorManager`

```
1 private SensorManager mSensorManager;
2 ...
3 mSensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
```

Kemudian untuk mendapatkan daftar dari setiap sensor pada suatu perangkat dapat dilakukan dengan cara memanggil method `getSensorList()` dan menggunakan konstanta `TYPE_ALL` pada kelas `Sensor`. Contohnya pada kode 2.4

Listing 2.4: Contoh untuk mendapatkan daftar dari setiap sensor yang ada

```
1 List<Sensor> deviceSensors = mSensorManager.getSensorList(Sensor.TYPE_ALL);
```

Namun jika ingin mendapatkan sensor-sensor yang sesuai dengan tipe sensor yang diberikan, dapat menggunakan `TYPE_GYROSCOPE`, `TYPE_LINEAR_ACCELERATION`, `TYPE_GRAVITY`, atau `TYPE_GRAVITY`.

Untuk menentukan jenis tertentu dari sensor yang ada pada perangkat dapat didapatkan dengan method `getDefaultSensor()` dengan dimasukkan dengan konstanta yang berada pada kelas `Sensor`. Jika perangkatnya memiliki lebih dari satu sensor dari tipe sensor yang diberikan, salah satu dari sensor tersebut akan dianggap sebagai sensor dasar. Jika sensor dasarnya tidak ada untuk sensor tersebut, perangkat tersebut berarti tidak memiliki sensor dengan jenis yang diberikan. Kode 2.5 adalah contoh untuk mengecek apakah perangkat yang digunakan memiliki sensor dengan jenis yang diberikan.

Listing 2.5: Contoh untuk mengecek apakah perangkat yang digunakan memiliki sensor dengan jenis yang diberikan

```
1 private SensorManager mSensorManager;
2 ...
3 mSensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
4 if (mSensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_MAGNETIC_FIELD) != null) {
5     // Sukses! Perangkat ini memiliki sensor magnetometer.
6 }
7 else {
8     // Gagal! Perangkat ini tidak memiliki sensor magnetometer.
9 }
```

Jika ingin membatasi versi atau vendor dari sensor yang akan digunakan, dapat menggunakan method `getVendor()` dan `getVersion()`. Seperti pada kode 2.6 yang mengharuskan sensor gravitasi bervendor "Google Inc." dan memiliki versi 3. Jika sensor tersebut tidak tersedia pada perangkat, sensor accelerometerlah yang digunakan.

Listing 2.6: Contoh untuk mengecek apakah perangkat yang digunakan memiliki sensor dengan jenis yang diberikan

```
1 private SensorManager mSensorManager;
2 private Sensor mSensor;
3 ...
4 ...
5 ...
6 mSensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
7 mSensor = null;
8 ...
9 if (mSensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_GRAVITY) != null) {
10     List<Sensor> gravSensors = mSensorManager.getSensorList(Sensor.TYPE_GRAVITY);
11     for (int i=0; i<gravSensors.size(); i++) {
12         if ((gravSensors.get(i).getVendor().contains("Google Inc. ")) &&
```

```

13         (gravSensors.get(i).getVersion() == 3)){
14             // menggunakan sensor gravitasi versi 3.
15             mSensor = gravSensors.get(i);
16         }
17     }
18 }
19 if (mSensor == null){
20     // Use the accelerometer.
21     if (mSensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER) != null){
22         mSensor = mSensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ACCELEROMETER);
23     }
24     else{
25         // Tidak ada sensor gravitasi dan sensor accelerometer!
26     }
27 }

```

Salah satu method yang sangat berguna lagi adalah, `getMinDelay()`. Method ini digunakan untuk mengetahui minimum interval waktu suatu sensor dapat menerima data dalam mikrodetik. Jika method `getMinDelay()` mengembalikan nilai nol, hal ini berarti sensor ini akan mengembalikan data setiap kali ada perubahan nilai pada sensor tersebut.

Memonitor Nilai Sensor

Untuk memonitor data mentah dari sensor, dibutuhkan untuk mengimplement dua buah method callback yang berada pada interface `SensorEventListener`. Kedua method tersebut adalah `onAccuracyChanged(Sensor sensor, int accuracy)` dan `onSensorChanged(SensorEvent event)`. Sistem android akan memanggil kedua method ini ketika terjadi salah satu kondisi ini:

- **Perubahan akurasi sensor.**

Dalam kasus ini sistem memanggil method `onAccuracyChanged(Sensor sensor, int accuracy)`. Parameter sensor akan diberikan objek `Sensor` yang telah berubah akurasinya, dan parameter `accuracy` adalah nilai akurasi sensor yang baru.

- **Sensor memberitahu adanya nilai baru.**

Dalam kasus ini sistem memanggil method `onSensorChanged(SensorEvent event)`, dengan parameter `event` akan diisi dengan objek `SensorEvent` untuk mendapatkan nilai barunya. Objek `SensorEvent` Mengandung semua informasi tentang data sensor yang baru, termasuk: akurasi dari data, sensor yang mendapatkan data, dan catatan waktu data tersebut didapatkan, dan data yang baru yang telah didapatkan.

Pada kode 2.7 akan ditunjukkan bagaimana menggunakan method `onSensorChanged(SensorEvent event)` untuk memonitor data dari sensor cahaya. Pada kode 2.7 akan menampilkan data mentah dari sensor ke `TextView` yang telah didefinisikan pada file `main.xml` sebagai `sensor_data`.

Listing 2.7: Contoh memonitor data mentah pada sensor cahaya

```

1 public class SensorActivity extends Activity implements SensorEventListener {
2     private SensorManager mSensorManager;
3     private Sensor mLight;
4
5     @Override
6     public final void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
7         super.onCreate(savedInstanceState);
8         setContentView(R.layout.main);
9
10        mSensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
11        mLight = mSensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_LIGHT);
12    }
13
14    @Override

```

```

15 | public final void onAccuracyChanged(Sensor sensor, int accuracy) {
16 |     // Hal yang perlu dilakukan aplikasi ketika akurasi berubah.
17 | }
18 |
19 | @Override
20 | public final void onSensorChanged(SensorEvent event) {
21 |     // Sensor cahaya akan mengembalikan 1 nilai saja.
22 |     // Banyak sensor lain yang akan mengembalikan lebih dari 1 nilai.
23 |     float lux = event.values[0];
24 |     // Hal yang perlu dilakukan ketika ada perubahan data.
25 | }
26 |
27 | @Override
28 | protected void onResume() {
29 |     super.onResume();
30 |     mSensorManager.registerListener(this, mLight, SensorManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);
31 | }
32 |
33 | @Override
34 | protected void onPause() {
35 |     super.onPause();
36 |     mSensorManager.unregisterListener(this);
37 | }
38 | }

```

Pada method `onSensorChanged(SensorEvent event)`, struktur nilai-nilai yang dikembalikan akan dijelaskan pada subbab 2.1.4. Pada method `onResume()`, ada pemanggilan method `registerListener()`. Method `registerListener()` ini berguna untuk menspesifikasikan waktu delay pada pemanggilan `onSensorChanged()`. Untuk menspesifikasikan delaynya dapat menggunakan konstanta yang ada pada kelas `SensorManager`. Konstanta-konstanta tersebut adalah `SENSOR_DELAY_NORMAL` (200.000 mikrodetik), `SENSOR_DELAY_GAME` (20.000 mikrodetik), `SENSOR_DELAY_UI` (60.000 mikrodetik), atau `SENSOR_DELAY_FASTEST` (0 mikrodetik). Pengaturan dasar untuk waktu delay ini menggunakan konstanta `SENSOR_DELAY_NORMAL`. Perlu diperhatikan juga pemasangan sensor ketika activity sedang di berhentikan sementara maupun dilanjutkan kembali. Sistem tidak boleh tetap merekam sensor ketika activity tidak aktif. Hal ini diperlukan karena pada saat perangkat android menggunakan sensor, perangkat akan menggunakan tenaga yang banyak. Akan lebih baik jika penggunaan sensor diberhentikan ketika activitynya sudah tidak lagi digunakan.

Struktur Nilai yang Dikembalikan oleh Sensor

Setiap sensor android akan mengembalikan nilai-nilainya dengan struktur-struktur tertentu. Pada bab ini akan dijelaskan secara detil struktur nilai sistem android dalam mengembalikan nilai-nilai yang diperoleh dari sensor. Nilai ini akan didapatkan dengan tipe data array of float. Besar dan isi dari array tergantung pada sensor yang sedang di pantau. Berikut ini adalah struktur-struktur nilai dari setiap sensor pada sistem android :

- **TYPE_ACCELEROMETER**

Semua nilai didefinisikan sebagai satuan m/s^2

- `values[0]`: Percepatan yang terjadi pada sumbu x dikali -1
- `values[1]`: Percepatan yang terjadi pada sumbu y dikali -1
- `values[2]`: Percepatan yang terjadi pada sumbu z dikali -1

Sensor ini mengukur percepatan (Ad) yang diterapkan pada perangkat. Sensor tersebut dapat mengukur percepatan dengan mengukur gaya (Fs) yang terjadi pada sensor menggunakan

relasi berikut:

$$Ad = -\Sigma Fs/mass$$

Secara khusus, gravitasi selalu mempengaruhi percepatan yang diukur :

$$Ad = -g - \Sigma F/mass$$

Karena inilah ketika perangkat android sedang diam, accelerometer membaca percepatan gravitasi sebesar $g = 9.81m/s^2$. Demikian pula ketika perangkat android sedang dalam keadaan jatuh bebas. Perangkat akan mempercepat menuju ke tanah pada percepatan $9.81m/s^2$, sehingga accelerometer membaca percepatan total sebesar $0m/s^2$. Suatu saat akan di butuhkan untuk mengukur percepatan asli yang terjadi pada perangkat, sehingga kontribusi gravitasi harus di eliminasi. Hal ini bisa dilakukan dengan menerapkan *high-pass* filter. Sebaliknya, *low-pass* filter dapat digunakan untuk mendapatkan nilai gravitasi saja.

Listing 2.8: Implementasi *low-pass* filter

```

1 | public void onSensorChanged(SensorEvent event)
2 | {
3 |     // alpha dikalkulasikan sebagai t / (t + dT)
4 |     // dengan t adalah low-pass filter's time-constant
5 |     // dan dT, rata-rata event tersampaikan
6 |
7 |     final float alpha = 0.8;
8 |
9 |     gravity[0] = alpha * gravity[0] + (1 - alpha) * event.values[0];
10 |    gravity[1] = alpha * gravity[1] + (1 - alpha) * event.values[1];
11 |    gravity[2] = alpha * gravity[2] + (1 - alpha) * event.values[2];
12 |
13 |    linear_acceleration[0] = event.values[0] - gravity[0];
14 |    linear_acceleration[1] = event.values[1] - gravity[1];
15 |    linear_acceleration[2] = event.values[2] - gravity[2];
16 | }
```

Low-pass filter dapat diimplementasikan pada kode [2.8](#)

• TYPE_MAGNETIC_FIELD

Sensor ini mengukur medan magnet sekitar perangkat pada sumbu X,Y, dan Z dalam satuan micro-Tesla.

• TYPE_GYROSCOPE

Sensor ini mengukur rata-rata perputaran pada perangkat yang berputar di sumbu X,Y, dan Z dalam satuan radians/second. Sistem koordinat yang digunakan sama dengan sistem koordinat pada sensor percepatan(Accelerometer). Jika perangkat berputar berlawanan arah jarum jam pada sumbu tertentu, maka rotasi yang terjadi akan bernilai positif. Perhatikan bahwa standar perputaran ini adalah definisi matematika standar pada rotasi positif.

- values[0]: Percepatan angular pada sumbu X.
- values[1]: Percepatan angular pada sumbu Y.
- values[2]: Percepatan angular pada sumbu Z.

Biasanya keluaran dari gyroscope terintegrasi dari waktu ke waktu untuk menghitung rotasi yang menggambarkan perubahan sudut atas langkah waktu, misalnya pada kode [2.9](#)

Listing 2.9: contoh implementasi gyroscope

```

1  private static final float NS2S = 1.0f / 1000000000.0f;
2  private final float[] deltaRotationVector = new float[4];
3  private float timestamp;
4
5  public void onSensorChanged(SensorEvent event) {
6      // Pada tahapan ini delta rotasi akan dikalikan dengan rotasi saat ini
7      // setelah mengomputasinya dari data gyro.
8      if (timestamp != 0) {
9          final float dT = (event.timestamp - timestamp) * NS2S;
10         // Sumbu dari rotasi, masih belum di normalisasi.
11         float axisX = event.values[0];
12         float axisY = event.values[1];
13         float axisZ = event.values[2];
14
15         // Menghitung percepatan angular
16         float omegaMagnitude = sqrt(axisX*axisX + axisY*axisY + axisZ*axisZ);
17
18         // Normalisasi rotasi vektor jika cukup besar untuk mendapatkan sumbunya.
19         if (omegaMagnitude > EPSILON) {
20             axisX /= omegaMagnitude;
21             axisY /= omegaMagnitude;
22             axisZ /= omegaMagnitude;
23         }
24
25         // Integrate around this axis with the angular speed by the time step
26         // in order to get a delta rotation from this sample over the time step
27         // We will convert this axis-angle representation of the delta rotation
28         // into a quaternion before turning it into the rotation matrix.
29         float thetaOverTwo = omegaMagnitude * dT / 2.0f;
30         float sinThetaOverTwo = sin(thetaOverTwo);
31         float cosThetaOverTwo = cos(thetaOverTwo);
32         deltaRotationVector[0] = sinThetaOverTwo * axisX;
33         deltaRotationVector[1] = sinThetaOverTwo * axisY;
34         deltaRotationVector[2] = sinThetaOverTwo * axisZ;
35         deltaRotationVector[3] = cosThetaOverTwo;
36     }
37     timestamp = event.timestamp;
38     float[] deltaRotationMatrix = new float[9];
39     SensorManager.getRotationMatrixFromVector(deltaRotationMatrix, deltaRotationVector);
40     // User code should concatenate the delta rotation we computed with the current rotation
41     // in order to get the updated rotation.
42     // rotationCurrent = rotationCurrent * deltaRotationMatrix;
43 }
44 }

```

Dalam prakteknya, gyroscope *noise* dan *offset* akan menyebabkan beberapa kesalahan yang harus dikompensasi. Cara untuk mengkompensasinya biasanya dilakukan dengan menggunakan informasi dari sensor lain.

- **TYPE_GRAVITY**

Sensor ini menunjukkan arah dan besarnya vektor gaya gravitasi. Sensor ini mengembalikan nilai dengan satuan m/s^2 . Sistem koordinat sama seperti sistem koordinat yang umum digunakan sensor percepatan.

Catatan: Bila perangkat sedang diam, maka keluaran dari sensor gravitasi harus identik dengan accelerometer.

- **TYPE_LINEAR_ACCELERATION**

Sensor yang menunjukkan percepatan pada setiap sumbu perangkat, tidak termasuk percepatan yang terjadi karena gravitasi. Nilai diberikan dalam satuan m/s^2 . Sistem koordinat yang digunakan sama seperti sistem koordinat yang digunakan sensor percepatan. Keluaran

dari sensor accelerometer, gravitasi dan percepatan linear harus mengikuti aturan berikut:

$$\text{percepatan} = \text{gravitasi} + \text{percepatanlinear}$$

• TYPE_ORIENTATION

Semua nilai adalah sudut dalam derajat.

- values[0]: Azimuth, sudut diantara arah magnetik utara dengan sumbu y, sekitar sumbu z (0 sampai 359). 0 = Utara, 90 = Timur, 180 = Selatan, 270 = Barat
- values[1]: Pitch, rotasi sekitar sumbu x (-180 sampai 180), dengan nilai positif ketika sumbu x bergerak menuju sumbu y.
- values[2]: Roll, perputaran sekitar sumbu y (-90 sampai 90) pada kondisi potrait, sensor akan bernilai 0. Pada kondisi landscape ke kanan sensor akan bernilai 90 dan sebaliknya yaitu kondisi landscape ke kiri sensor akan bernilai -90.

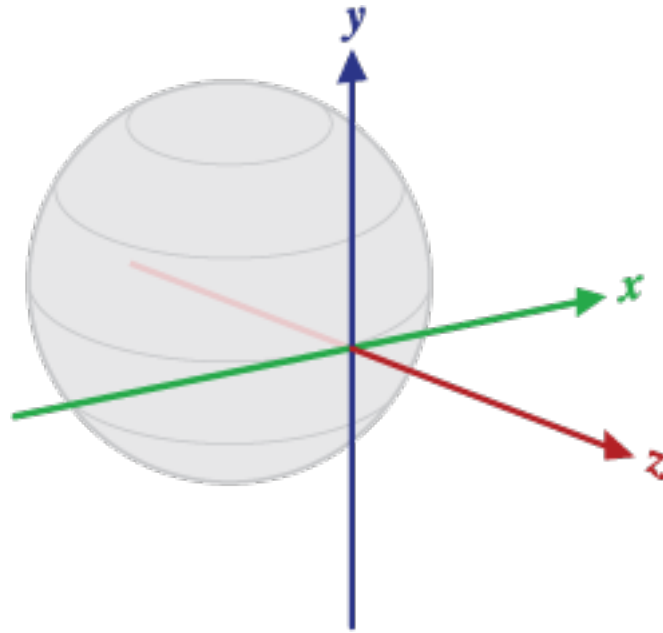
Catatan: Definisi ini berbeda dengan definisi yaw, pitch, dan roll yang digunakan pada aviasi yang sumbu X adalah sepanjang sisi bidang.

Catatan: Sensor ini sudah tidak digunakan lagi(deprecated), yang digunakan sekarang adalah sensor rotasi vector.

• TYPE_ROTATION_VECTOR

Sensor ini merepresentasikan orientasi perangkat dengan kombinasi dari sumbu dan sudut. Perangkat akan di putar sebesar sudut θ mengelilingi sumbu x, y, z . Tiga elemen dari vektor rotasi adalah $(x \sin(\frac{\theta}{2}), y \sin(\frac{\theta}{2}), z \sin(\frac{\theta}{2}))$, sehingga besarnya vektor rotasi sama dengan $\sin(\frac{\theta}{2})$, dan arah vektor rotasi sama dengan sumbu rotasi. Tiga elemen dari vektor rotasi sama dengan tiga komponen terakhir pada unit kuaternion $(\cos(\frac{\theta}{2}), x \sin(\frac{\theta}{2}), y \sin(\frac{\theta}{2}), z \sin(\frac{\theta}{2}))$ yang dijelaskan pada subbab 2.3. Elemen dari vektor rotasi tak memiliki satuan. Sistem koordinat yang digunakan sama dengan sistem koordinat yang digunakan pada sensor percepatan. Referensi koordinat didefinisikan sebagai basis orthonormal, yaitu:

- X didefinisikan sebagai perkalian dot product **Y.Z**
- Y merupakan tangensial ke tanah pada lokasi perangkat saat ini dan menunjuk ke arah utara.
- Z menghadap ke langit dan tegak lurus dengan tanah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.5
- values[0]: $x \sin(\frac{\theta}{2})$
- values[1]: $y \sin(\frac{\theta}{2})$
- values[2]: $z \sin(\frac{\theta}{2})$
- values[3]: $\cos(\frac{\theta}{2})$
- values[4]: Perkiraan akurasi (dalam radians) (-1 jika tidak tersedia)



Gambar 2.5: Sistem koordinat sensor rotasi vektor terhadap Bumi

2.2 Google VR SDK

Google VR SDK[9] digunakan untuk membantu dalam pembuatan aplikasi Virtual Reality pada *smartphone*. Google VR SDK memberikan beberapa fitur sebagai berikut :

- **Binocular rendering:** Fitur untuk tampilan layar terpisah untuk masing-masing dalam pandangan VR.
- **Spatial audio:** Fitur untuk mengeluarkan suara yang datang dari daerah-daerah tertentu dari dunia VR.
- **Head movement tracking:** Fitur untuk mendapatkan memperbaharui pengelihatn dunia VR yang sesuai dengan gerakan kepala pengguna.
- **Trigger input:** Fitur untuk memberikan input pada dunia VR dengan menekan tombol.

Ada beberapa persyaratan untuk menggunakan Google VR SDK, persyaratan tersebut adalah:

- Android Studio versi 1.0 atau lebih.
- Android SDK versi 23
- Gradle versi 23.0.1 atau lebih. Android Studio akan membantu meningkatkan versinya jika versinya terlalu rendah.
- Perangkat Android fisik yang menjalankan Android versi 4.4 (KitKat) atau lebih.

Dalam membuat aplikasi Google Cardboard VR membutuhkan beberapa API(Application Program Interface) dari Google VR SDK. API-API umum yang akan digunakan adalah sebagai berikut.

- API audio: API untuk mengimplementasikan **Spatial Audio** (Metode untuk menspasialisasikan sumber suara dalam ruang tiga dimensi).

- API base: API untuk fondasi dari suatu aplikasi Google VR.

2.2.1 API Audio

[9] API ini membantu developer untuk menspasialisasikan sumber suara dalam tiga dimensi, termasuk jarak dengan tinggi isyarat sumber suara. Pada API ini hanya terdapat satu class utama yaitu **GvrAudioEngine**. **GvrAudioEngine** mampu memutar suara secara spasial dalam dua cara yang berbeda :

- Metode pertama dikenal sebagai *Sound Object rendering*. Metode ini memungkinkan pengguna membuat sumber suara virtual dalam ruang tiga dimensi.
- Metode kedua memungkinkan pengguna untuk memutar kembali rekaman *Ambisonic soundfield*. Rekaman *Ambisonic soundfield* adalah file audio *multi-channel* yang telah terspasialisasi.

API ini juga dapat memutar suara secara *stereo*. Kelas **GvrAudioEngine** memiliki tiga buah *nested class* yaitu:

- **GvrAudioEngine.DistanceRolloffModel**: Kelas ini mendefinisikan konstanta-konstanta yang merepresentasikan perbedaan jarak dari efek model-model rolloff.
- **GvrAudioEngine.MaterialName**: Kelas ini mendefinisikan konstanta-konstanta yang merepresentasikan bahan permukaan ruangan untuk disesuaikan dengan efek suara pada suatu ruangan.
- **GvrAudioEngine.RenderingMode**: Kelas ini mendefinisikan konstanta-konstanta untuk menyesuaikan dengan mode rendering. Semakin baik kualitas renderin akan semakin besar penggunaan CPU(Central Processing Unit).

2.2.2 API Base

[9] API ini digunakan sebagai fondasi dari suatu aplikasi Google VR. Fitur-fitur Binocular rendering, Head movement tracking, dan Trigger input diimplementasikan pada API ini. Kelas-kelas penting yang ada di API ini adalah **AndroidCompat**, **Eye**, **GvrActivity**, **GvrView**, **HeadTransform**, **Viewport**.

- **AndroidCompat**
Kelas ini merupakan kelas utilitas untuk menggunakan fitur VR. Fitur-fitur ini mungkin tidak tersedia pada semua versi android. Kelas ini memiliki method-method sebagai berikut:
 - **setSustainedPerformanceMode(Activity activity, boolean enabled)**:
Method ini digunakan untuk mengubah window android ke mode performa secara berkelanjutan.
 - **public static void setVrModeEnabled (Activity activity, boolean enabled)**:
Mengatur pengaturan yang tepat untuk "mode VR" pada suatu Activity. Method ini tidak digunakan karena hanya dapat digunakan pada Android N+.
 - **public static boolean trySetVrModeEnabled (Activity activity, boolean enabled)**:
Method ini kegunaanya sama dengan method **setVrModeEnabled (Activity activity, boolean enabled)**, namun mengembalikan boolean true jika berhasil dan sebaliknya.

- Eye

Kelas ini mendefinisikan detail perenderan stereoskopik mata. Method penting yang dimiliki kelas ini adalah **public float[] getEyeView ()**. Method ini mengembalikan matriks yang mentransformasikan camera virtual ke mata. Transformasi yang diberikan termasuk melacak rotasi kepala, perubahan posisi dan perubahan IPD(interpupillary distance).

- GvrActivity

Kelas ini merupakan Activity dasar yang menyediakan integrasi yang mudah dengan headset Google VR. Kelas ini mengekspos kejadian untuk berinteraksi dengan headset Google VR dan menangani detail-detail yang biasa diperlukan saat membuat suatu Activity untuk perenderan VR. Activity ini membuat layar tetap menyala selama perangkat android bergerak. Jika tidak ada pergerakan dari perangkat android maka layar reguler (*wakeclock*) akan ditampilkan. Pada kelas ini terdapat method **onCardboardTrigger ()** untuk mendeteksi ketika Cardboard Trigger sedang ditarik dan dilepaskan (Magnet yang berada pada sisi Google Cardboard).

- GvrView

Kelas ini merupakan kelas View yang menyediakan perenderan VR. Kelas ini didesain untuk bekerja pada mode layar penuh dengan orientasi *landscape* atau *reverse landscape*. Kelas View ini dapat digunakan dengan mengimplements salah satu Interface perenderan. Interface-interface tersebut adalah:

- GvrView.StereoRenderer: Interface untuk perenderan detail stereoskopik secara abstrak oleh perender.
- GvrView.Renderer: Interface untuk mesin yang kompleks yang membutuhkan untuk menangani semua detail perenderan.

Kelas GvrView.Renderer jarang digunakan dan sebaiknya tidak digunakan jika tidak sangat dibutuhkan. Ketika suatu kelas mengimplement Kelas GvrView.StereoRenderer, kelas tersebut harus mengimplementasikan method-method berikut ini:

- **public void onNewFrame(HeadTransform headTransform)**
method ini terpanggil ketika Framebaru akan digambar. Method ini memungkinkan untuk membedakan antara perenderan pandangan mata dan frame-frame yang berbeda. Setiap operasi per-frame harus tidak spesifik pada satu tampilan saja.
- **public abstract void onDrawEye (Eye eye)**
Method ini meminta untuk menggambar suatu konten dari sudut pandang mata.
- **public abstract void onFinishFrame (Viewport viewport)**
Method ini dipanggil ketika suatu frame telah selesai. Dengan pemanggilan ini, konten frame telah di gambar dan jika koreksi distorsi diaktifkan, koreksi distorsi akan diterapkan. Setiap perenderan pada tahap ini relatif terhadap seluruh permukaan, tidak terhadap satu pandangan mata tunggal.
- **public abstract void onRendererShutdown ()**
Method ini dipanggil ketika thread perender sedang menutup. Melepaskan sumber GL(Graphics Library) dan sedang melakukan penutupan operasi pada thread perender. Dipanggil hanya jika sebelumnya ada pemanggilan method onSurfaceCreated.

- **public abstract void onSurfaceChanged (int width, int height)**
Dipanggil ketika ada perubahan dimensi permukaan. Semua nilai adalah relatif ke ukuran yang dibutuhkan untuk merender sebuah mata.
- **public abstract void onSurfaceCreated (EGLConfig config)**
Method ini dipanggil ketika suatu permukaan dibangun atau dibangun ulang.
- **HeadTransform**
Method ini mendeskripsikan transformasi kepala secara independen dari setiap parameter mata. Kelas ini digunakan di kelas `GvrView.StereoRenderer` sebagai parameter pada method **onNewFrame**. Method-method yang perlu diperhatikan pada kelas ini adalah:
 - **public void getHeaderView (float[] headView, int offset)**
Method ini digunakan untuk mendapatkan matriks transformasi dari camera virtual ke kepala. Kepala disini didefinisikan sebagai titik tengah diantara kedua mata. Matriks yang didapatkan akan disimpan pada parameter **headView**.
 - **public void getQuaternion (float[] quaternion, int offset)**
Method ini digunakan untuk mendapatkan kuaternion yang merepresentasikan rotasi kepala.
- **Viewport**
Kelas ini didefinisikan sebagai *viewport*(area pandang) berbentuk persegi.

2.3 Teori Kuaternion

Pada Android SDK `SensorEvent.values` [8] tipe sensor `Sensor.TYPE_ROTATION_VECTOR`, yaitu tipe sensor yang mendeteksi vektor perputaran pada *smartphone*. Tipe sensor ini dijelaskan akan mengembalikan nilai-nilai dari komponen kuaternion. Kuaternion[10] adalah objek penggabungan dari suatu skalar dengan suatu vektor, sesuatu yang tidak dapat didefinisikan dalam aljabar linear biasa. Kuaternion ditemukan oleh William Rowan Hamilton dengan memperpanjang notasi dari bilangan kompleks menjadi Kuaternion.

2.3.1 Struktur Aljabar

Karena Kuaternion merupakan bilangan kompleks yang diperpanjang notasinya, struktur aljabar Kuaternion hampir mirip dengan bilangan kompleks. Untuk mengerti struktur-struktur aljabar kuaternion, diperlukan untuk mengerti bilangan kompleks terlebih dahulu. Berikut adalah penjelasan singkat tentang bilangan kompleks.

Bilangan Kompleks

[10] Bilangan kompleks adalah bilangan yang merupakan gabungan dari bilangan imajiner dengan bilangan riil. Notasi umum dari bilangan kompleks adalah :

$$a + bi \tag{2.1}$$

Pada notasi 2.1 bilangan a dengan b merupakan bilangan riil, dan i merupakan bilangan imajiner tertentu yang memiliki sifat $i^2 = -1$. Bilangan kompleks juga dapat beroperasi dengan bilangan kompleks lainnya seperti penjumlahan, perkalian, pengurangan, dan pembagian. Berikut adalah contoh-contoh operasi pada bilangan kompleks 2.1 dengan bilangan kompleks $c + di$:

- Penjumlahan

$$(a + bi) + (c + di) = (a + c) + i(b + d)$$

- Perkalian

$$(a + bi)(c + di) = (ac - bd) + (bc + ad)i$$

- Pengurangan

$$(a + bi) - (c + di) = (a - c) + i(b - d)$$

- Pembagian

$$\frac{(a + bi)}{(c + di)} = \frac{(ac + bd)}{c^2 + d^2} + i \frac{bc - ad}{c^2 + d^2}$$

Pada operasi penjumlahan dan perkalian untuk kedua bilangan kompleks tersebut memiliki hukum asosiatif dan komutatif. Notasi 2.2 menunjukkan bagaimana bagaimana kedua hukum tersebut berlaku pada penjumlahan.

$$\begin{aligned} (a + ib) + (c + id) &= (a + c) + i(b + d) = \\ (c + id) + (a + ib) &= (c + a) + i(d + b) \end{aligned} \tag{2.2}$$

Bilangan kompleks dapat digunakan untuk rotasi dua dimensi. Bilangan kompleks dengan $a = \cos(\frac{\theta}{2})$, dan $b = \sin(\frac{\theta}{2})$ yang dikalikan dengan suatu vektor akan menghasilkan rotasi (berlawanan arah jarum jam) sebesar θ pada vektor tersebut, dengan titik pusat sebagai sumbu putarnya.

2.3.2 Aljabar Kuaternion dan Operasi-operasi pada Kuaternion

[10] Kuaternion ditemukan oleh ahli matematika dan astronomi Inggris, William Rowan Hamilton, dengan memperpanjang aritmatika dari bilangan kompleks. Dari penemuan tersebut William Rowan Hamilton menemukan bahwa dia tidak hanya membutuhkan bilangan imajiner i saja untuk melakukan rotasi pada ruang tiga dimensi. Dia menemukan bahwa dia juga membutuhkan tiga komponen imajiner lainnya yaitu i, j dan k . Notasi umum dari suatu Kuaternion adalah sebagai berikut.

$$q = q_0 + iq_1 + jq_2 + kq_3$$

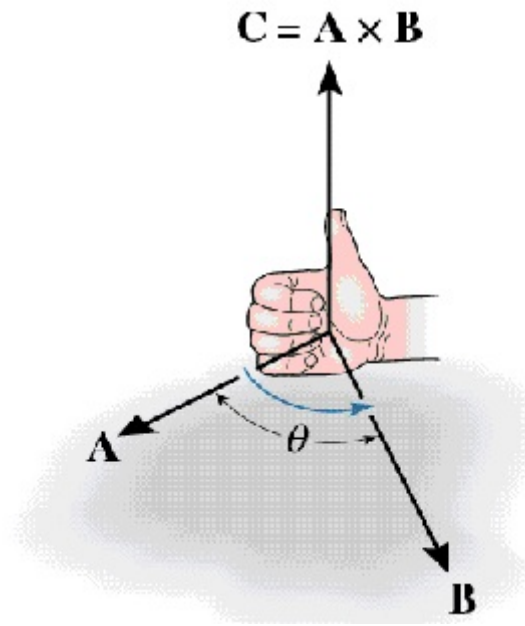
Ketiga komponen tersebut memiliki relasi sebagai berikut:

$$i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$$

Hasil dari perkalian dua *kuaternion* memiliki aturan yang lebih rumit, sehingga memiliki aturan-aturan khusus. Berikut aturan-aturan khususnya :

$$\begin{aligned} ij &= k = -ji \\ jk &= i = -kj \\ ki &= j = -ik \end{aligned} \quad (2.3)$$

Ketiga persamaan diatas mirip dengan aturan tangan kanan (*right-hand rule*) pada perkalian cross product dari suatu vector. Pada Gambar 2.6, A berperan sebagai i , B berperan sebagai j , dan C berperan sebagai k .



Gambar 2.6: Right-hand rule dalam *cross product* vektor

Kuaternion memiliki persamaan umum yang memiliki empat bilangan riil atau skalar. Persamaan tersebut adalah

$$q = q_0 + iq_1 + jq_2 + kq_3$$

[10] Sama seperti pada bilangan kompleks, *kuaternion* juga memiliki konjugasi kompleksnya. Berikut adalah konjugasi kompleks *kuaternion*

$$q = q_0 - iq_1 - jq_2 - kq_3$$

Operasi pada Kuaternion

Dua buah kuaternion dapat dikatakan sama jika dan hanya jika kedua kuaternion memiliki komponen yang sama.

$$p = p_0 + ip_1 + jp_2 + kp_3$$

dan,

$$q = q_0 + iq_1 + jq_2 + kq_3$$

maka $p = q$ jika dan hanya jika

$$\begin{aligned} p_0 &= q_0 \\ p_1 &= q_1 \\ p_2 &= q_2 \\ p_3 &= q_3 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Penjumlahan dari kedua kuaternion diatas dapat didefinisikan sebagai komponen penjumlahan yaitu:

$$(p + q) = (p_0 + q_0) + i(p_1 + q_1) + j(p_2 + q_2) + k(p_3 + q_3)$$

Perkalian dari kedua kuaternion diatas dapat didefinisikan sebagai komponen perkalian yaitu:

$$pq = (p_0 + ip_1 + jp_2 + kp_3)(q_0 + iq_1 + jq_2 + kq_3)$$

Begitu pula juga dengan pembagian dan pengurangan.

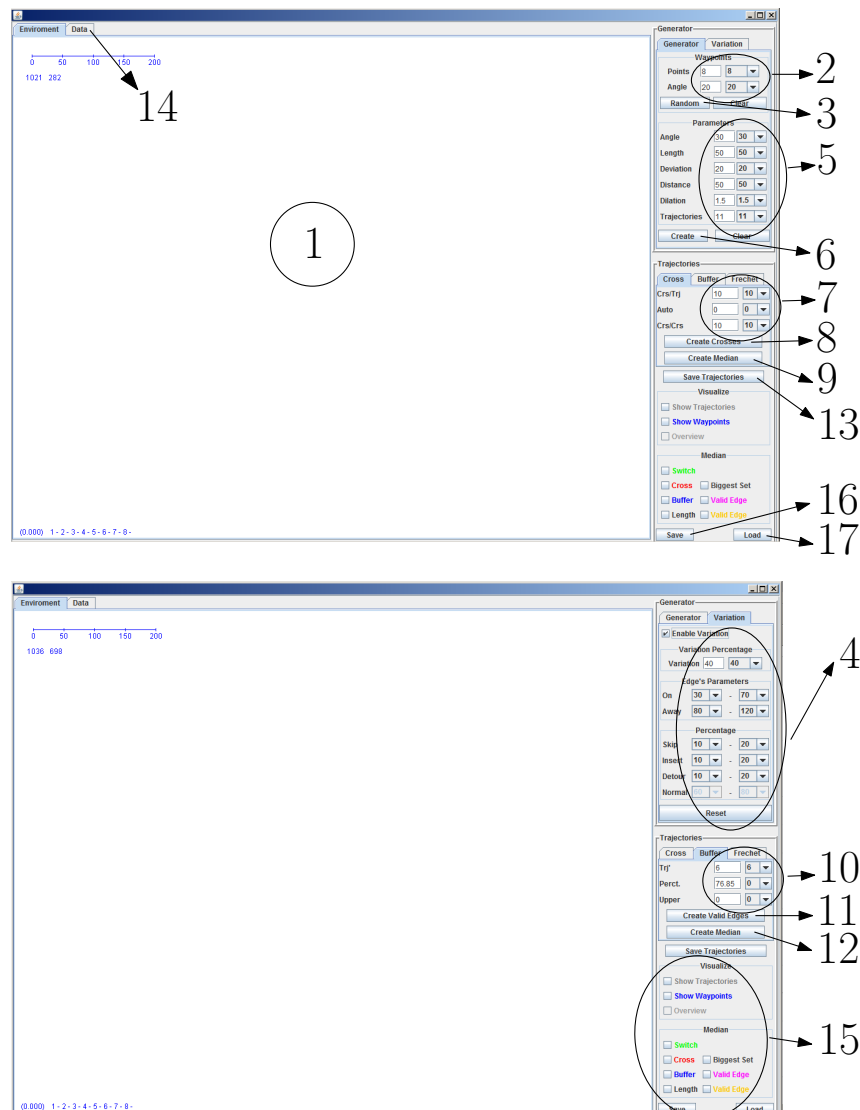
DAFTAR REFERENSI

- [1] T. Parisi, *Learning virtual reality: developing immersive experiences and applications for desktop, web, and mobile*. O'Reilly Media, 1 ed., 2015.
- [2] G. J. Kim, *Designing virtual reality systems: the structured approach*. Springer, 2005.
- [3] J. Vince, *Introduction to virtual reality*. Springer, 2004.
- [4] "Google cardboard." <https://vr.google.com/cardboard/>. [Online; diakses 10-September-2016].
- [5] "Sensor types." <https://source.android.com/devices/sensors/sensor-types.html>. [Online; diakses 10-September-2016].
- [6] G. Bleser and D. Stricker, "Advanced tracking through efficient image processing and visual-inertial sensor fusion," *Computers & Graphics*, vol. 33, no. 1, pp. 59–72, 2009.
- [7] A. Developers, "What is android," 2011.
- [8] "Android 7.0 nougat!." <https://developer.android.com/>. [Online; diakses 12-September-2016].
- [9] "Google vr | google developers." <https://developers.google.com/vr/>. [Online; diakses 20-September-2016].
- [10] J. B. Kuipers, *Quaternions and Rotation Sequences : A Primer with Applications to Orbits, Aerospace, and Virtual Reality*. Princeton University Press, 1998.

LAMPIRAN A

THE PROGRAM

The interface of the program is shown in Figure A.1:



Gambar A.1: Interface of the program

Step by step to compute the median trajectory using the program:

1. Create several waypoints. Click anywhere in the “Environment” area(1) or create them automatically by setting the parameters for waypoint(2) or clicking the button “Random”(3).

2. The “Variation” tab could be used to create variations by providing values needed to make them(4).
3. Create a set of trajectories by setting all parameters(5) and clicking the button “Create”(6).
4. Compute the median using the homotopic algorithm:
 - Define all parameters needed for the homotopic algorithm(7).
 - Create crosses by clicking the “Create Crosses” button(8).
 - Compute the median by clicking the “Compute Median” button(9).
5. Compute the median using the switching method and the buffer algorithm:
 - Define all parameters needed for the buffer algorithm(10).
 - Create valid edges by clicking the “Create Valid Edges”button(11).
 - Compute the median by clicking the “Compute Median”button(12).
6. Save the resulting median by clicking the “Save Trajectories” button(13). The result is saved in the computer memory and can be seen in “Data” tab(14)
7. The set of trajectories and its median trajectories will appear in the “Environment” area(1) and the user can change what to display by selecting various choices in “Visualize” and “Median” area(15).
8. To save all data to the disk, click the “Save”(16) button. A file dialog menu will appear.
9. To load data from the disk, click the “Load”(17) button.

LAMPIRAN B

THE SOURCE CODE

Listing B.1: MyFurSet.java

```

1
2 import java.util.ArrayList;
3 import java.util.Collections;
4 import java.util.HashSet;
5
6 /**
7  *
8  * @author Lionov
9  */
10
11 //class for set of vertices close to furthest edge
12 public class MyFurSet {
13     protected int id; //id of the set
14     protected MyEdge FurthestEdge; //the furthest edge
15     protected HashSet<MyVertex> set; //set of vertices close to furthest edge
16     protected ArrayList<ArrayList<Integer>> ordered; //list of all vertices in the set for each
17         trajectory
18     protected ArrayList<Integer> closeID; //store the ID of all vertices
19     protected ArrayList<Double> closeDist; //store the distance of all vertices
20     protected int totaltrj; //total trajectories in the set
21
22     /**
23      * Constructor
24      * @param id : id of the set
25      * @param totaltrj : total number of trajectories in the set
26      * @param FurthestEdge : the furthest edge
27      */
28     public MyFurSet(int id,int totaltrj,MyEdge FurthestEdge) {
29         this.id = id;
30         this.totaltrj = totaltrj;
31         this.FurthestEdge = FurthestEdge;
32         set = new HashSet<MyVertex>();
33         ordered = new ArrayList<ArrayList<Integer>>();
34         for (int i=0;i<totaltrj;i++) ordered.add(new ArrayList<Integer>());
35         closeID = new ArrayList<Integer>(totaltrj);
36         closeDist = new ArrayList<Double>(totaltrj);
37         for (int i = 0; i < totaltrj; i++) {
38             closeID.add(-1);
39             closeDist.add(Double.MAX_VALUE);
40         }
41     }
42
43     /**
44      * set a vertex into the set
45      * @param v : vertex to be added to the set
46      */
47     public void add(MyVertex v) {
48         set.add(v);
49     }
50
51     /**
52      * check whether vertex v is a member of the set
53      * @param v : vertex to be checked
54      * @return true if v is a member of the set , false otherwise
55      */
56     public boolean contains(MyVertex v) {
57         return this.set.contains(v);
58     }
59 }

```