**Ado.Ok**

**TUGAS AKHIR – KI141502**

**IMPLEMENTASI KOMPRESI ADAPTIVE MENGGUNAKAN METODE HEATSHRINK UNTUK PENGIRIMAN DATA PADA WIRELESS SENSOR NETWORK BERBASIS ZIGBEE**

MUHAMAD HENDRI FEBRIANSYAH

NRP 051114410000036

Dosen Pembimbing

Waskito Wibisono, S.Kom., M.Eng., Ph.D.

Ir. Muchammad Husni, M.Kom.

DEPARTEMEN INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018



**TUGAS AKHIR – KI141502**

**IMPLEMENTASI KOMPRESI ADAPTIVE MENGGUNAKAN METODE HEATSHRINK UNTUK PENGIRIMAN DATA PADA WIRELESS SENSOR NETWORK BERBASIS ZIGBEE**

MUHAMAD HENDRI FEBRIANSYAH

NRP 051114410000036

Dosen Pembimbing

Waskito Wibisono, S.Kom., M.Eng., Ph.D.

Ir. Muchammad Husni, M.Kom.

DEPARTEMEN INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



**FINAL PROJECT – KI141502**

**IMPLEMENTATION OF HUNT-AND-KILL ALGORITHM FOR PUZZLE ARRANGEMENTS ON ‘PLANT THE FUTURE’ GAME**

MUHAMAD HENDRI FEBRIANSYAH

NRP 051114410000036

Advisor

Waskito Wibisono, S.Kom., M.Eng., Ph.D.

Ir. Muchammad Husni, M.Kom.

INFORMATICS DEPARTEMENT

FACULTY OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**LEMBAR PENGESAHAN**

**IMPLEMENTASI KOMPRESI ADAPTIVE MENGGUNAKAN METODE HEATSHRINK UNTUK PENGIRIMAN DATA PADA WIRELESS SENSOR NETWORK BERBASIS ZIGBEE**

**TUGAS AKHIR**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat   
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada   
Bidang Studi Interaksi Grafika dan Seni  
Program Studi S-1 Departemen Informatika  
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**Muhamad Hendri Febriansyah**NRP : 05111440000036

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

|  |  |
| --- | --- |
| Waskito Wibisono, S.Kom., M.Eng., Ph.D.  NIP: 197612152003121001 | ........................... (pembimbing 1) |
| Ir. Muchammad Husni, M.Kom. NIP: 198106222005012002 | ........................... (pembimbing 2) |

**Surabaya  
MEI 2018**

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**IMPLEMENTASI KOMPRESI ADAPTIVE MENGGUNAKAN METODE HEATSHRINK UNTUK PENGIRIMAN DATA PADA WIRELESS SENSOR NETWORK BERBASIS ZIGBEE**

Nama Mahasiswa : MUHAMAD HENDRI FEBRIANSYAH

NRP : 05111440000036

Departemen : Informatika FTIK-ITS

Dosen Pembimbing I : Waskito Wibisono, S.Kom., M.Eng., Ph.D.

Dosen Pembimbing II : Ir. Muchammad Husni, M.Kom.

**Abstrak**

Kemajuan teknologi membuat banyak perubahan terutama dalam perkembangan game atau aplikasi permainan. Pengalaman bermain mulai berubah dari sesuatu yang statis menjadi dinamis, contohnya dalam penyusunan *maze* atau *puzzle* dalam aplikasi permainan. Cukup banyak algoritma yang dapat digunakan untuk menyusun *puzzle* dan membuatnya dinamis*,* namun *puzzle* sendiri memiliki aturan yang unik untuk masing-masingnya. Sehingga penerapan penyusunan *puzzle*  perlu disesuaikan dengan *gameplay* atau aturan permainan yang ada pada game.

Pada penelitian ini penulis menawarkan sebuah cara penggunaan algoritma penyusunan *maze* yang dapat digunakan dan disesuaikan agar dapat menghasilkan *puzzle* yang berubah-ubah dan dapat diselesaikan. ‘Plant the Future’ merupakan game *puzzle* yang dirancang untuk *smartphone* berbasis Android. Game ini memiliki stage dengan susunan *puzzle* yang mirip dengan *maze* sederhana dengan aturan permainan yang cukup unik, yaitu dengan adanya dua *puzzle* pada setiap stage. *Puzzle* yang ada bervariasi dimensinya mulai dari 4x4 hingga 11x11. Dalam permainan ini pergerakan pemain sangat bergantung pada susunan *puzzle* untuk mendapatkan poin agar dapat memenangkan permainan. Oleh karena itu diperlukan sebuah cara agar susunan *puzzle* dapat dimenangkan. Untuk penyusunan *puzzle* maka digunakan algoritma Hunt-and-Kill agar dapat menghasilkan susunan *puzzle* yang bukan hanya dinamis, namun juga dapat diselesaikan.

Uji coba dilakukan dengan memainkan 30 stage dengan susunan puzzle yang dirancang menggunakan algoritma Hunt-and-Kill. Setiap stage diuji coba masih-masing sebanyak lima kali dimainkan. Setelah diuji coba maka diamati apakah susunan puzzle stage yang dihasilkan oleh algoritma Hunt-and-Kill dapat diselesaikan atau tidak. Pada hasilnya, algoritma Hunt-and-Kill dapat menyusun puzzle pada 30 stage game ‘Plant the Future’ dengan baik. Puzzle yang dirancang dengan dimensi bervariasi dari 4x4 sampai 11x11 dapat diselesaikan dan dimenangkan, sehingga algoritma ini dapat dikatakan cocok dengan aturan permainan game ‘Plant the Future’.

**Kata kunci: Hunt-and-Kill, maze, puzzle**

**IMPLEMENTATION OF HUNT-AND-KILL ALGORITHM FOR PUZZLE ARRANGEMENTS ON PLANT THE FUTURE GAME**

Name : MUHAMAD HENDRI FEBRIANSYAH

NRP : 05111440000036

Major : Informatics – FTIK ITS

Supervisor I : Waskito Wibisono, S.Kom., M.Eng., Ph.D.

Supervisor II : Ir. Muchammad Husni, M.Kom.

**Abstract**

Technological advances make many changes especially in the development of games or game applications. Play experience starts to change from something static to dynamic, for example in the preparation of mazes or puzzles in game applications. Quite a lot of algorithms can be used to construct puzzles and make them dynamic, but the puzzles themselves have unique rules for each. So the application of puzzle preparation needs to be adjusted with the gameplay or game rules that exist in the game.

In this study the authors offer a way of using maze compilation algorithms that can be used and customized in order to produce puzzles that change and can be solved. 'Plant the Future' is a puzzle game designed for Android-based smartphones. This game has a stage with a puzzle arrangement similar to a simple maze with a game rules that are quite unique. Puzzles vary in dimensions ranging from 4x4 to 11x11. In this game the movement of players is very dependent on the order of the puzzle to get points. Therefore we need a way to make the puzzle arrangement can be won. To arrange a puzzle, Hunt-and-Kill algorithm is used in order to generate an array of puzzles that are not only dynamic but also resolvable.

Trials are performed by playing 30 stages with a puzzle arrangement designed using the Hunt-and-Kill algorithm. Each stage is tested each stage five times played. Once tested, it is observed whether the order of puzzle stages generated by the Hunt-and-Kill algorithm can be solved or not. In the result, the Hunt-and-Kill algorithm can construct the puzzle on 30 stage 'Plant the Future' games well. Puzzles designed with dimensions varying from 4x4 to 11x11 can be completed and won, so the algorithm can be said to match the game rules of 'Plant the Future' game.

**Keywords: Hunt-and-Kill, maze, puzzle**

**KATA PENGANTAR**

****

Alhamdulillahirabbil’alamin, segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “IMPLEMENTASI ALGORITMA HUNT-AND-KILL UNTUK PERANCANGAN *PUZZLE* PADA GAME 'PLANT THE FUTURE'”.

Pengerjaan Tugas Akhir ini merupakan suatu kesempatan yang sangat baik bagi penulis. Dengan pengerjaan tugas akhir ini penulis bisa mendapatkan ilmu lebih serta memanfaatkan semua ilmu yang telah didapatkan pada saat berkuliah di Departemen Informatika FTIK ITS.

Selesainya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan beberapa pihak. Sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan syukur dan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW.
2. Orang tua, Kakak, Adik serta Saudara-saudara yang selalu mendoakan dan mendukung penulis.
3. Pak Imam Kuswardayan, S.Kom, M.T. selaku pembimbing I yang selalu memberikan arahan, motivasi dan bantuan sekaligus bimbingan kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
4. Ibu Anny Yuniarti, S.Kom., M.Comp.Sc. selaku pembimbing II yang juga telah sangat membantu, dan membimbing saat pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Andreas Galang Anugerah dan Ade Nobi Miranto yang tergabung bersama penulis dalam tim fragments, yang telah membantu penulis selama pengerjaan Tugas Akhir.
6. Bapak dan Ibu Dosen Karyawan Teknik Informatika FTIf ITS yang telah memberikan ilmunya.
7. Teman-teman angkatan 2014 yang telah membantu, berbagi ilmu, menjaga kebersamaan, dan memberi motivasi kepada penulis, kakak-kakak angkatan 2013, 2012, serta adik-adik angkatan 2015 dan 2016 yang membuat penulis untuk selalu belajar.
8. Serta semua pihak yang yang telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Sehingga dengan kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk perbaikan ke depannya.

Surabaya, Mei 2018

**DAFTAR** ISI

[Abstrak vii](#_Toc504112800)

[Abstract ix](#_Toc504112801)

[KATA PENGANTAR xi](#_Toc504112802)

[DAFTAR ISI xiii](#_Toc504112803)

[DAFTAR GAMBAR xvii](#_Toc504112804)

[DAFTAR TABEL xix](#_Toc504112805)

[DAFTAR KODE SUMBER xxi](#_Toc504112806)

[BAB I PENDAHULUAN 1](#_Toc504112807)

[1.1. Latar Belakang 1](#_Toc504112808)

[1.2. Rumusan Masalah 2](#_Toc504112809)

[1.3. Batasan Masalah 2](#_Toc504112810)

[1.4. Tujuan 2](#_Toc504112811)

[1.5. Manfaat 3](#_Toc504112812)

[1.6. Metodologi Pembuatan Tugas Akhir 3](#_Toc504112813)

[1.7. Sistematika Penulisan 4](#_Toc504112814)

[BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7](#_Toc504112815)

[2.1. Human Computer Interaction 7](#_Toc504112818)

[2.2. Unity (Game Engine) 7](#_Toc504112819)

[2.3. Bahasa Pemrograman C# 7](#_Toc504112820)

[2.4. Game *Puzzle* 7](#_Toc504112821)

[2.5. Game Yang Mirip Dengan ‘Plant the Future’ 8](#_Toc504112822)

[2.6. Algoritma Hunt-and-Kill 8](#_Toc504112823)

[BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM 11](#_Toc504112824)

[3.1. Analisis 11](#_Toc504112825)

[3.1.1. Deskripsi Game Plant the Future 11](#_Toc504112826)

[3.1.2. Analisis *Gameplay* Aturan Permainan 11](#_Toc504112827)

[3.1.3. Analisis Komponen Permainan 14](#_Toc504112828)

[3.2. Perancangan 15](#_Toc504112829)

[3.2.1. Perancangan Stage 15](#_Toc504112830)

[3.2.2. Perancangan Asset 16](#_Toc504112831)

[3.2.3. Perancangan Algoritma Hunt-and-Kill 16](#_Toc504112832)

[3.2.4. Perancangan Realisasi Tampilan Permainan 25](#_Toc504112833)

[BAB IV IMPLEMENTASI SISTEM 27](#_Toc504112834)

[4.1. Lingkungan Pengembangan Sistem 27](#_Toc504112836)

[4.2. Implementasi *Gameplay* 27](#_Toc504112837)

[4.2.1. Implementasi Pergerakan Pemain 27](#_Toc504112838)

[4.2.2. Implementasi Berpindah Waktu 30](#_Toc504112839)

[4.2.3. Implementasi Mendapatkan Poin 31](#_Toc504112840)

[4.2.4. Implementasi Menanam Bibit 32](#_Toc504112841)

[4.2.5. Implementasi *Stage* 32](#_Toc504112842)

[4.3. Implementasi Antarmuka 33](#_Toc504112843)

[4.3.1. Implementasi *Main Menu* 33](#_Toc504112844)

[4.3.2. Implementasi *Stage Selection* 33](#_Toc504112845)

[4.3.3. Implementasi *Gameplay Stage* 34](#_Toc504112846)

[4.4. Implementasi Hunt-and-Kill 35](#_Toc504112847)

[4.5. Implementasi Realisasi *puzzle* 38](#_Toc504112848)

[BAB V PENGUJIAN DAN EVALUASI 41](#_Toc504112849)

[5.1. Lingkungan Pengujian 41](#_Toc504112851)

[5.2. Pengujian Fungsionalitas 41](#_Toc504112852)

[5.2.1. Skenario Pengujian 41](#_Toc504112853)

[5.2.2. Hasil Pengujian 48](#_Toc504112854)

[5.3. Pengujian Penerapan Algoritma Hunt-and-Kill 49](#_Toc504112855)

[5.3.1. Skenario Pengujian 49](#_Toc504112856)

[5.3.2. Hasil Pengujian 49](#_Toc504112857)

[5.4. Pengujian Pengguna 51](#_Toc504112858)

[5.4.1. Skenario Pengujian 51](#_Toc504112859)

[5.4.2. Hasil Pengujian 51](#_Toc504112860)

[BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 53](#_Toc504112861)

[6.1. Kesimpulan 53](#_Toc504112863)

[6.2. Saran 53](#_Toc504112864)

[DAFTAR PUSTAKA 55](#_Toc504112865)

[BIODATA PENULIS 57](#_Toc504112866)

[LAMPIRAN A 59](#_Toc504112867)

[LAMPIRAN B 77](#_Toc504112868)

[LAMPIRAN C 93](#_Toc504112869)

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

DAFTAR GAMBAR

[Gambar 2.1 Game Cute Munchies 8](#_Toc504112739)

[Gambar 2.2 Algoritma Hunt-and-Kill 10](#_Toc504112740)

[Gambar 3.1 Poin yang tidak dapat dicapai di ‘Masa Depan’ 12](#_Toc504112741)

[Gambar 3.2 Tempat penanaman bibit di 'Masa Lalu' 13](#_Toc504112742)

[Gambar 3.3 Poin bisa didapatkan dengan adanya pohon 13](#_Toc504112743)

[Gambar 3.4 Flow diagram Algoritma Hunt-and-Kill 17](#_Toc504112744)

[Gambar 3.5 Class diagram rancangan Hunt-and-Kill 19](#_Toc504112745)

[Gambar 3.6 Flow diagram tahap ‘Hunt’ 20](file:///F:\Documents\Tugas%20Akhir\PASCA%20SIDANG\Revisi%20Buku\Dokumen%20Tugas%20Akhir%20Syauki%20Aulia.docx#_Toc504112746)

[Gambar 3.7 Flow diagram tahap ‘Kill’ 22](file:///F:\Documents\Tugas%20Akhir\PASCA%20SIDANG\Revisi%20Buku\Dokumen%20Tugas%20Akhir%20Syauki%20Aulia.docx#_Toc504112747)

[Gambar 3.8 Peletakan *obstacle* 24](file:///F:\Documents\Tugas%20Akhir\PASCA%20SIDANG\Revisi%20Buku\Dokumen%20Tugas%20Akhir%20Syauki%20Aulia.docx#_Toc504112748)

[Gambar 3.9 Array hasil(atas), tampilan realisasi'masa depan'(kiri) dan 'masa lalu'(kanan) 26](file:///F:\Documents\Tugas%20Akhir\PASCA%20SIDANG\Revisi%20Buku\Dokumen%20Tugas%20Akhir%20Syauki%20Aulia.docx#_Toc504112749)

[Gambar 4.1 Implementasi tampilan *Main Menu* 33](#_Toc504112750)

[Gambar 4.2 Implementasi Tampilan *Stage Selection* 34](file:///F:\Documents\Tugas%20Akhir\PASCA%20SIDANG\Revisi%20Buku\Dokumen%20Tugas%20Akhir%20Syauki%20Aulia.docx#_Toc504112751)

[Gambar 4.3 Implementasi tampilan *Gameplay* Stage 35](file:///F:\Documents\Tugas%20Akhir\PASCA%20SIDANG\Revisi%20Buku\Dokumen%20Tugas%20Akhir%20Syauki%20Aulia.docx#_Toc504112752)

[Gambar 4.4 Penerapan konfigurasi stage 37](#_Toc504112753)

[Gambar 5.1 Tampilan *Main Menu* 42](#_Toc504112754)

[Gambar 5.2 Tampilan *Stage Selection* 43](#_Toc504112755)

[Gambar 5.3 Tampilan pergerakakan karakter 44](#_Toc504112756)

[Gambar 5.4 Tampilan perpindahan waktu maze ‘masa depan’ (kiri) dan maze ‘masa lalu’(kanan) 45](#_Toc504112757)

[Gambar 5.5 Pemain mendapatkan poin saat bergerak 45](#_Toc504112758)

[Gambar 5.6 Bibit belum ditanam(kiri) dan setelah ditanam(kanan) 46](#_Toc504112759)

[Gambar 5.7 Pohon muncul di tampilan masa depan 47](#_Toc504112760)

[Gambar 5.8 Tampilan saat pemain menang 47](#_Toc504112761)

[Gambar 5.9 Batas waktu habis dan pemain kalah 48](#_Toc504112762)

[Gambar 5.10 Tampilan stage pengujian 49](#_Toc504112763)

[Gambar B.1 Stage 2 77](#_Toc504112764)

[Gambar B.2 Stage 3-1 77](#_Toc504112765)

[Gambar B.3 Stage 3-2 78](#_Toc504112766)

[Gambar B.4 Stage 4-1 78](#_Toc504112767)

[Gambar B.5 Stage 4-2 79](#_Toc504112768)

[Gambar B.6 Stage 4-3 79](#_Toc504112769)

[Gambar B.7 Stage 5-1 80](#_Toc504112770)

[Gambar B.8 Stage 5-2 80](#_Toc504112771)

[Gambar B.9 Stage 5-3 81](#_Toc504112772)

[Gambar B.10 Stage 5-4 81](#_Toc504112773)

[Gambar B.11 Stage 6-1 82](#_Toc504112774)

[Gambar B.12 Stage 6-2 82](#_Toc504112775)

[Gambar B.13 Stage 6-3 83](#_Toc504112776)

[Gambar B.14 Stage 6-4 83](#_Toc504112777)

[Gambar B.15 Stage 6-5 84](#_Toc504112778)

[Gambar B.16 Stage 7-1 84](#_Toc504112779)

[Gambar B.17 Stage 7-2 85](#_Toc504112780)

[Gambar B.18 Stage 7-3 85](#_Toc504112781)

[Gambar B.19 Stage 7-4 86](#_Toc504112782)

[Gambar B.20 Stage 7-5 86](#_Toc504112783)

[Gambar B.21 Stage 8-1 87](#_Toc504112784)

[Gambar B.22 Stage 8-2 87](#_Toc504112785)

[Gambar B.23 Stage 8-3 88](#_Toc504112786)

[Gambar B.24 Stage 8-4 88](#_Toc504112787)

[Gambar B.25 Stage 8-5 89](#_Toc504112788)

[Gambar B.26 Stage 9-1 89](#_Toc504112789)

[Gambar B.27 Stage 9-2 90](#_Toc504112790)

[Gambar B.28 Stage 9-3 90](#_Toc504112791)

[Gambar B.29 Stage 9-4 91](#_Toc504112792)

[Gambar B.30 Stage 9-5 91](#_Toc504112793)

[Gambar C.1 Form pengujian pengguna 1.A 93](#_Toc504112794)

[Gambar C.2 Form pengujian pengguna 1.B 94](#_Toc504112795)

[Gambar C.3 Form pengujian pengguna 2.A 95](#_Toc504112796)

[Gambar C.4 Form pengujian pengguna 2.B 96](#_Toc504112797)

[Gambar C.5 Form pengujian pengguna 3.A 97](#_Toc504112798)

[Gambar C.6 Form pengujian pengguna 3.B 98](#_Toc504112799)

DAFTAR TABEL

[Tabel 3.1 Konfigurasi stage game 15](#_Toc503524631)

[Tabel 4.1 Penjelasan metode MapGenerator 38](#_Toc503524632)

[Tabel 5.1 Lingkungan pengujian 41](#_Toc503524633)

[Tabel 5.2 Pengujian aplikasi permainan 41](#_Toc503524634)

[Tabel 5.3 Hasil pengujian fungsionalitas 48](#_Toc503524635)

[Tabel 5.4 Hasil pengujian 50](#_Toc503524636)

[Tabel 5.5 Hasil Pengujian Pengguna 51](#_Toc503524637)

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

DAFTAR KODE SUMBER

[Kode Sumber 4.1 Implementasi pergerakan karakter 30](#_Toc503524638)

[Kode Sumber 4.2 Perpindahan waktu 31](#_Toc503524639)

[Kode Sumber 4.3 Mendapatkan poin 32](#_Toc503524640)

[Kode Sumber 4.4 Penanaman bibit 32](#_Toc503524641)

[Kode Sumber 4.5 Pemilihan stage 33](#_Toc503524642)

[Kode Sumber 4.6 StageController.cs 37](#_Toc503524643)

[Kode Sumber 4.7 Implementasi realisasi *puzzle* 40](#_Toc503524644)

[Kode Sumber A.1 Hunt-and-Kill 76](#_Toc503524645)

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas garis besar penyusunan tugas akhir yang meliputi latar belakang, tujuan pembuatan, rumusan dan batasan permasalahan, metodologi penyusunan tugas akhir, dan sistematika penulisan.

## Latar Belakang

Wireless Sensor Network merupakan salah satu teknologi yang paling menjanjikan untuk kebutuhan di masa depan. Hal ini dikarenakan harganya yang murah, mudah dibangun, terdapat sensor cerdas, ukurannya kecil dan multi fungsionalitas sesuai kebutuhan. Berdasarkan research dari IDTechEx, diprediksi bahwa pasar WSN akan mengalami pertumbuhan menjadi $ 1,8 miliar pada tahun 2024. Data ini mengacu pada WSN yang didefinisikan sebagai jaringan mesh nirkabel, yaitu self-healing dan *self-organising* [1].

Terdapat banyak permasalahan dan tantangan yang harus dihadapi dalam WSN untuk meningkatkan efisiensi, kelayakan dan manfaat. Tantang tersebut dapat dikategorikan kedalam empat kategori, yaitu efisiensi daya, pengumpulan data, jaringan dan strategi penyebaran [2]. WSN pada dasarnya adalah system yang berbasis event, node sensor akan mendeteksi keadaan di lingkungan sekitarnya untuk dikirim ke sink. Namun, karena node sensor sering mendeteksi fenomena umum, maka kemungkinan ada beberapa redundansi dalam data yang sumbernya beragam berkomunikasi dengan sink tertentu. Untuk itu pemfilteran dan pemrosesan dalam jaringan diperlukan agar dapat menghemat penggunaan energi yang terbatas.

Agregasi data merupakan proses pengumpulan data dari berbagai node untuk menghilangkan redundansi, meminimalkan jumlah transmisi dan memberikan informasi yang ringkas ke simpul utama [3]. Tujuan agregasi data adalah untuk memperpanjang umur jaringan dengan mengurangi transmisi waktu atau ukuran data yang dipancarkan node menggunakan algoritma cerdas. Secara umum, agregasi data dapat dikategorikan menjadi dua subsistem yang berbeda, yaitu protocol jaringan dan penggabungan data. Gagasan protocol agregasi data pada jaringan adalah bekerjasama antar node spasial dan temporal berkorelasi [4] dalam menyebarkan data yang dikumpulkan. Pendekatan ini telah banyak diajukan dalam penelitian seperti LEECH, TEEN, HEED dan PEGASIS. Disisi lain penggabungan data bertujuan untuk mengurangi ukuran data yang ditransmisikan oleh sink atau node itu sendiri. Ukuran data dapat dikurangi menggunakan teknik operasi matematika [5] (median, average, moving average), kompresi, estimasi data dan pemodelan.

Kompresi data merupakan salah satu metode efektif untuk mengurangi penggunaan daya yang terbatas pada WSN. Diasumsikan bahwa beberapa kehilangan presisi atau kedetailan data pada saat kompresi dapat ditolerir jika hal tersebut dapat mengurangi komunikasi. Namun, perlu diperhatikan juga bahwa kualitas kedetailan data harus dipenuhi pada saat kondisi tertentu agar informasi yang didapatkan semakin banyak dan detail.

Disisi lain, menggunakan pendekatan agregasi data akan mempengaruhi perilaku komunikasi pada jaringan. Transmisi data yang harusnya kontinu diubah ke transmisi buffer berdasarkan kemampuan pemrosesan data lokal. Dengan menggabungkan agregasi data dengan komunikasi buffer maka ukuran paket data akan meningkat. Dengan demikian, slot waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan paket data juga ikut meningkat. Jika terjadi suatu kondisi dimana beberapa node ingin mentransmisikan datanya secara bersamaan, maka node forwarding masing-masing lingkungan multihop akan menjadi hambatan, terutama pada jaringan yang berdaya rendah dan bandwidth yang terbatas. Maka buffer overflows dan rasio paket loss yang meningkat akan menjadi masalah besar [6].

Pada kodisi nyata, jaringan komunikasi pada wireless sensor network memiliki buffer yang sangat kecil. Di nrf24l01+ payload data yang disediakan hanya 32 byte dan di IEEE 802.15.4 payload data sebesar 133 bytes. Belum lagi jika kita menggunakan modul tambahan. Pada Xbee beban buffer yang dialokasikan untuk 802.15.4 dan ZigBee masing-masing adalah 100 dan 72 byte [7].

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu managemen pengunaan paket yang baik untuk menghindari terjadinya buffer overflows. Dalam Tugas Akhir ini metode yang diusulkan adalah implementasi kompresi adaptive menggunakan metode heatshrink untuk pengiriman data pada wireless sensor network berbasis Zigbee. Algoritma kompresi data yang digunakan adalah heatshrink. Algoritma ini berbasis pada algoritma Lempel-Ziv-Storer-Szymanski (LZSS) yang merupakan lossless kompresi data yang cocok untuk kompresi data pada embedded system.

## Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini dapat dipaparkan sebagai berikut:

* 1. Bagaimana cara menentukan level kompresi data?
  2. Bagaimana metode yang digunakan dalam pengiriman data pada protocol Zigbee?
  3. Bagaimana tingkat efisiensi dari system yang dibangun dapat diukur?

## Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir memiliki beberapa batasan, yakni sebagai berikut:

1. Menggunakan mikrokontroller Arduino Mega.
2. Komunikasi nirkabel menggunakan protokol ZigBee.
3. Menggunakan algoritma Heatshrink untuk melakukan kompresi dan dekompresi data
4. Algoritma Heatshrink dibuat dalam bahasa pemrograman C.

## Tujuan

Tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah untuk memanfaatkan algoritma heatshrink dalam kompresi data sehingga dapat menghemat penggunaan energi pada saat melakukan pengiriman data pada *platform wireless sensor network*.

## Manfaat

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah adanya algoritma heatshrink yang dapat digunakan untuk kompresi adaptive dalam pengiriman data di *platform wireless sensor network* sehingga dapat mengemat penggunaan energi.

## Metodologi Pembuatan Tugas Akhir

Pembuatan tugas akhir dilakukan menggunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi literatur

Tahap studi literatur merupakan tahap pembelajaran dan pengumpulan informasi yang digunakan untuk mengimplementasikan tugas akhir. Tahap ini diawali dengan pengumpulan literatur, diskusi, eksplorasi teknologi, dan pustaka, serta pemahaman dasar teori yang digunakan pada topik tugas akhir. Literatur-literatur yang dimaksud disebutkan sebagai berikut:

1. Arduino
2. Bahasa pemrograman C
3. Algoritma Heatshrink
4. Protokol Zigbee
5. Analisis dan desain perangkat lunak

Pada tahap ini akan dilakukan analisa, perancangan, dan pendefinisian kebutuhan system untuk mengetahui permasalahan yang akan dihadapi pada tahap implementasi. Kemudian akan dijabarkan kebutuhan-kebutuhan tersebut ke dalam perancangan fitur sistem. Berikut langkah yang akan dilakukan perancangan proses perangkat lunak:

1. Perancangan rangkaian node yang akan dibuat
2. Uji coba komunikasi menggunkan protocol ZiBgee pada rangkaian node
3. Implementasi kompresi dan dekompresi pada node
4. Implementasi kompresi adaptive pada node
5. Implementasi dan pembuatan sistem

Aplikasi ini dibangun menggunakan Arduino IDE (Integrated Development Environment), dengan bahasa pemrograman C dan algoritma Heatshrink.

1. Pengujian dan Evaluasi

Tahap pengujian dan evaluasi berisi pengujian aplikasi dan evaluasi berdasarkan hasil pengujian. Pada tahap ini dilakukan pengujian dari fungsionalitas dan performa system WSN yang mana nanatinya akan dijalankan scenario yang sudah ditentukan. Hasil evaluasi menjabarkan tentang rangkuman hasil pengujian yang telah dilakukan. Pengujian fungsionalitas meliputi uji coba setiap bagian perangkat keras yang dirangkai pada Arduino dan juga uji coba keseluruhan sistem. Pengujian performa meliputi tingkat akurasi hasil kompresi data dan efisiensi data yang dapat di hemat.

1. Penyusunan laporan tugas akhir

Pada tahap ini dilakukan penyusunan laporan yang berisi dasar teori, dokumentasi dari perangkat lunak, dan hasil-hasil yang diperoleh selama pengerjaan tugas akhir.

## Sistematika Penulisan

Buku Tugas Akhir ini terdiri atas beberapa bab yang tersusun secara sistematis, yaitu sebagai berikut.

1. BAB 1, Pendahuluan, menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dari pembuatan tugas akhir, metodologi yang digunakan selama penyusunan, serta sistematika penulisan dari pembuatan tugas akhir.
2. BAB 2, Tinjauan Pustaka, memaparkan hasil studi literatur yang digunakan sebagai dasar untuk menyelesaikan tugas akhir ini, terdiri atas deskripsi mengenai wireless sensor network, mikrokontroller, protokol zigbee, bahasa pemrograman C, dan algoritma Heatshrink
3. BAB 3, Analisa dan Perancangan sistem wireless sensor network yang dikembangkan. Pada tahap ini dijelaskan deskripsi dari game Plant the Future dan dianalisa bagaimana *gameplay* dari game Plant the Future. Setelahnya dibahas menganai bagaimana perancangan *gameplay*, perancangan stage, dan bagaiman algoritma Hunt-and-Kill diterapakan dan disesuaikan dengan aturan permainan Plant the Future.
4. BAB 4, Bab ini membahas implementasi dari rancangan sistem yang dilakukan pada tahap perancangan. Penjelasan implementasi meliputi implementasi pembuatan aplikasi permain dengan menerapkan algoritma Hunt-and-Kill yang disesuaikan dengan aturan permainan.
5. BAB 5, Pengujian dan Evaluasi, pengujian dilakukan dengan menguji setiap stage yang menerapkan algoritma Hunt-and-Kill dalam penyusunan stagenya. Setiap stage akan diuji coba dan diamati apakah stage dapat diselesaikan atau tidak.
6. BAB 6, Kesimpulan dan Saran, berisi tentang kesimpulan yang didapat dari proses pembuatan tugas akhir beserta saran-saran untuk pengembangan selanjutnya.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

# BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang mendukung pembuatan tugas akhir. Teori yang mendukung tersebut adalah deskripsi mengenai perancangan perangkat lunak, *human computer interaction*, Unity sebagai *game engine*, bahsa pemrograman C#, game *puzzle*, dan algoritma Hunt-and-Kill.



## Wireless Sensor Network

*Wireless Network Sensor* (WSN) adalah jaringan yang dibentuk oleh sekumpulan banyak node sensor dimana masing-masing node dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi fenomena fisik seperti cahaya, panas, tekanan, getaran dan lain-lain. WSN dianggap sebagai metode pengumpulan informasi revolusioner untuk membangun sistem informasi dan komunikasi dalam meningkatkan kehandalan dan efisiensi sistem infrastruktur. Jika dibandingkan dengan solusi kabel, WSN lebih mudah dipasang dan memiliki fleksibilitas perangkat yang lebih baik [8].

WSN pada umumnya dapat digambarkan sebagai jaringan simpul yang secara kooperatif merasakan dan mengendalikan lingkungan, memungkinkan interaksi antar orang atau computer dan lingkungan sekitar [9]. WSN saat ini biasanya mencakup node sensor, node akuator, gateway dan klien. Sejumlah besar node sensor diletakkan secara acak didalam atau di dekat area pemantauan (*sensor field*), kemudian membentuk jaringan melalui self-organization. Node sensor memonitor data yang terkumpul untuk dikirim bersama ke node sensor lainnya dengan melompat. Selama proses transmisi, data yang dipantau dapat ditanggani oleh beberapa node untuk sampai ke node gateway setelah multihop routing dan akhirnya mencapai node management melalui internet atau satelit. Gambar 1 merupakan contoh ilustrasi atau gambaran mengenai WSN.



Gambar 2. 1 Ilustrasi Wireless Sensor Network [8]

## Arduino

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarenya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Arduino juga merupakan platform hardware terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan syntax dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema hardware arduino dan membangunnya. [10]



Gambar 2. 2 Arduino Mega

Terdapat tiga jenis memori yang ada pada mikrokontroller papan Arduino berbasis AVR [19], yaitu :

a. Flash memory, berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan sketsa Arduino.

b. SRAM adalah tempat sketsa menciptakan dan memanipulasi variable yang sedang dijalankan atau digunakan.

c. EEPROM adalah memori yang dapat digunakan untuk programmer menyimpan informasi jangka Panjang

Pada Flash memory dan EEPROM informasi yang disimpan tetap ada walaupun power telah dimatikan. Sedangkan untuk SRAM, informasi yang disimpan akan hilang ketika power dimatikan. Berikut ini adalah data sheet yang ada pada Arduino Mega2560 Chip ATmega2560 (ditunjukkan pada table 2.1).

|  |  |
| --- | --- |
| Mikrokontroller | ATmega2560 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7 - 12V |
| Input Voltage (limits) | 6 – 20 V |
| Digital I/O Pins | 54 (14 pin merupakan *pulse width modulation output*) |
| Analog Input Pins | 16 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash memory | 256 KB (8KB digunakan untuk bootloader) |
| SRAM | 8 KB |
| EPPROM | 4 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |

Tabel 2. 1 Data Sheet Arduino Mega2560

## *Arduino Integrated Development Environment*

Arduino Integrated Development Environment (IDE) merupakan editor teks untuk menulis kode, area pesan, konsol teks dan memiliki toolbar dengan tombol untuk fungsi umum dan serangkaian menu. Arduino IDE terhubung ke perangkat keras Arduino dan Genuino untuk mengunggah program dan dapat berkomunikasi dengan meraka. Program yang ditulis menggunakan Arduino Software (IDE) disebut sketsa. Sketsa ini ditulis dalam editor teks dan disimpan dengan ekstensi file .ino. Editor memiliki fitur untuk memotong / menempel dan mencari / mengganti teks. Area pesan memberi umpan balik saat menyimpan dan mengekspor dan menampilkan kesalahan. Konsol menampilkan output teks oleh Arduino Software (IDE), termasuk pesan kesalahan dan informasi lainnya yang lengkap [11].



Gambar 2. 3 Antarmuka Arduino IDE

## XBee Shield

Shield adalah papan PCB atau lebih dikenal board yang dapat dihubungkan dengan papan Arduino untuk menambah fungsi dari arduino. Xbee Shield ini dirancang dengan agar arduino dapat berkomunikasi secara nirkabel dengan modul XBee dari Maxstream. Dengan adanya modul ini, sebuah arduino akan mampu berkomunikasi secara nirkabel melebihi 30 meter di dalam ruangan dan 90 meter jika di luar ruangan. Dapat digunakan sebagai serial ataupun USB [12].



Gambar 2. 4 XBee Shield pabrikan Funduino

Pada penelitian ini, penulis menggunakan dua tipe XBee Shield. Pertama XBee Shield V03 keluaran dari perusahaan Funduino, dimana jumper yang digunakan bertipe switch, sehingga user lebih mudah untuk memilih mode jumper. Terdapat dua jenis jumper, yaitu mode XBee (berfungsi untuk pengiriman data) dan mode USB (berfungsi untuk programming). Perlu di perhatikan ketika memilih mode jumper, ketika ingin melakukan upload code ke arduino jumper harus berada dalam mode USB jika tidak maka code tidak akan bisa terupload. Begitu pula sebaliknya, ketika ingin mengirimkan data via wireless jumper harus berada dalam mode XBee.



Gambar 2. 5 XBee Shield pabrikan ITead Studio

Adapun XBee Shield jenis kedua merupakan XBee Shield V1.1 keluaran perusahaan ITead Studio. Terdapat dua jenis jumper yaitu mode USB dan mode XBee. Berikut posisi jumper shield tersebut



Gambar 2. 6 Konfigurasi Jumper mode USB



Gambar 2. 7 Konfigurasi Jumper mode XBee

## XBee Modul S2

XBee modul seri 2 merupakan modul yang berfungsi untuk komunikasi antar jaringan nirkabel. Xbee modul seri 2 menggunakan protocol Zigbee untuk saling berkomunikasi. Modul ini menyediakan transfer data yang sangat handal dengan kecepatan transfer mencapai 250kbps. Setiap perangkat output serial dapat mengunakan modul untuk transfer data, transmisi point to point dan transmisi jaringan multi-point. Modul ini dirancang untuk aplikasi high-throughput (35kbps) yang membutuhkan latency rendah dan waktu komunikasi yang dapat diprediksi.



Gambar 2. 8 XBee Modul S2

## Protokol ZigBee

ZigBee merupakan standar komunikasi untuk perangkat nirkabel jarak pendek berdaya rendah yang berbasis pada standar IEEE 802.15.4 untuk jaringan area pribadi (PAN). Perangkat Zigbee mampu berkomunikasi peer-to-peer, point-to-multipoint dan mesh. Teknologi ini cocok untuk transfer data rate yang rendah, konsumsi daya yang rendah, biaya rendah, protocol jaringan nirkabel yang ditujukan untuk aplikasi otomasi dan remote control. Perangkat nirkabel yang sesuai dengan ZigBee diperkirakan dapat melakukan transmisi 10 sampai 75 meter tergantung pada linkungan RF dan konsumsi daya yang dikeluarkan untuk aplikasi tertentu. ZigBee memiliki tiga jenis tipe, yaitu 2.4GHz global (data rate 250kbps), 915MHz Americas (data rate 40kbps) dan 868 MHz Europe (data rate 20kbps). Jaringan ZigBee terdiri dari tiga jenis perangkat, yaitu: koordinator, router, dan end devices. Setiap jaringan memiliki ID PAN 16bit. Semua perangkat dalam jaringan ZigBee diberi satu ID PAN.

Berikut ini adalah penjelasan lebih lanjut mengenai ketiga jenis perangkat ZigBee [13] :

a. ZigBee Coordinator (ZC) : ZC bertindak sebagai coordinator yang mengatur lalu lintas jaringan komunikasi. Harus ada satu ZC dalam setiap jaringan karena perangkat ini memulai jaringan dari awal. Koordinator memulai Personal Area Network (PAN) dengan memilih saluran RF dan PAN ID. ZC memungkinkan router dan end-devices untuk bergabung dengan PAN. Selain itu ZC, mampu menyimpan informasi tentang jaringan, termasuk bertindak sebagai Trust Center dan repository untuk kunci keamanan.

b. ZigBee Router (ZR) : ZR menjalanan fungsi aplikasi, selain itu router bertindak sebagai perantara, meneruskan data dari satu perangkat ke perangkat lain.

c. ZigBee End Device (ZED) : ZED dapat melakukan komunikasi dengan koordinator dan router, akan tetapi tidak dapat menyampaikan data dari perangkat lain. Hubungan ini memungkinkan simpul untuk tidur dalam waktu yang cukup lama, sehingga dapat menghemat penggunaan baterai. ZED harus bergabung dengan PAN seperti router sebelum mengirimkan data sensor.

Kelebihan menggunakan ZigBee terutama terletak pada mode AT defaultnya, dimana lapisan PHY dan MAC frame transparan bagi pengguna. Artinya, pengguna biasa tidak akan melihat frame acknowledgment (ACK) atau transmisi ulang modul frekuensi radio (RF) termasuk semua byte aktual yang dikirim. Pengguna hanya akan menyaksikan apakah data berhasil dikirim atau tidak, dengan semua teknis seperti Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance (CSMA-CA) tersembunyi dari pandangan biasa dan karenanya menawarkan antarmuka yang lebih sederhana [7].

Beban maksimum yang dapat dialokasikan buffer Xbee untuk 802.15.4 dan ZigBee masing-masing adalah 100 dan 72 byte. Manfaat buffer adalah pembacaan sensor ganda dapat dimasukkan ke dalam frame yang sama untuk satu sesi transmisi selama buffer overflow dihindari. [14] menunjukkan bahwa lonjakan arus untuk daya ZigBee menghabiskan 5 sampai 10 kali lebih besar daripada pada operasi normal. Oleh karena itu, buffer harus digunakan untuk mentransmisikan data sebanyak mungkin dalam interval yang dapat ditoleransi dengan aktivasi modul RF minimum.

## Algoritma Heatshrink

Heatshrink merupakan algoritma kompresi lossless yang berbasis pada Lempel-Ziv-Storer-Szymanski (LZSS). Algoritma kompresi lossless memungkinkan untuk membentuk data asli yang tepat sama dari data yang sudah dikompresi. Algoritma ini cocok digunakan pada system embedded karena dapat berjalan dalam jumlah memori yang sangat kecil (dibawah 50 byte untuk dekompresi praktis). Selain itu, heatshrink dapat bekerja sedikit demi sedikit sambil menangani kebutuan lain dari system yang berjalan secara real time [15].

Heatshrink menggunakan algoritma Lempel-Ziv-Storer-Szymanski untuk melakukan kompresi dengan beberapa detail implementasi penting yang harus diperhatikan, yaitu [15] :

1. Proses kompresi dan dekompresi telah dirancang untuk berjalan secara bertahap, pemrosesan dapat bekerja beberapa byte setiap saat. Selain itu dapat juga menangguhkan dan melanjutkan proses sebagai data tambahan atau pada buffer yang tersedia.

2. Teknik optional indexing yang digunakan dapat mempercepat proses kompresi.

3. Secara umum trade-off implementasi banyak disukai pada penggunaan memori yang rendah.

Lempel-Ziv-Storer-Szymanski (LZSS) adalah salah satu jenis algoritma kompresi yang berbasis dictionary yang bersifat lossless (data dapat di rekonstruksi ulang menjadi data asli). LZSS merupakan salah satu varian dari LZ77 (Lempel Ziv 1977) yang dikembangkan oleh Storer dan Szymansky pada tahun 1982. Perbedaan yang mendasar antara kedua algoritma ini adalah jumlah token (tanda) yang terbentuk yakni dua token pada LZSS dan tiga token pada LZ77. Dua token yang dihasilkan oleh LZSS menunjukkan indeks dan panjang karakter yang sama pada dictionary. Sedangkan pada algoritma LZ77, dua token awal mempunyai fungsi sama dengan LZSS namun ada tambahan satu token yang berisi satu karakter yang mengikuti frasa yang sama tersebut [16].

Untuk proses kompresi dan dekompresi akan dijelaskan secara detail sebagai berikut [17].

1. Proses Kompresi

Buffer dibagi menjadi dua, yakni buffer untuk pencarian dan buffer look-ahead. Setelah menginisialisasi buffer, karakter dibaca dari input data ke buffer data yang belum di kodekan. Untuk setiap karakter pada buffer yg belum di kodekan, dilakukan proses pencarian substring yang terpanjang di buffer pencarian sesuai dengan buffer look-ahead dimulai dengan karakter inputan pertama. Jika kecocokan substring sudah cukup, maka program akan mengkodekan indeks dan panjang substring ke dalam output. Jika tidak ada substring yang cocok dimulai dengan input pertama karakter masukan yang diberikan, maka karakter tersebut akan langsung ditulis ke output dengan flag yang menandakan tidak ada pengkodean yang dilakukan. Algoritma ini melakukan langkah-langkah ini sampai tidak ada karakter yang tertinggal. Pengkodean dua karakter yang sesuai membutuhkan jumlah byte yang sama jika kita langsung menampilkan dua karakter.

Berikut ini adalah contoh ilustrasi dari proses kompresi data [18]. Pada Gambar 5 menampilkan text asli yang masih belum di kompresi. Pada Gambar 6 akan menampilkan hasil kompresi yang telah dilakukan oleh algoritma LZSS.



Gambar 2. 9 Contoh text asli [18]



Gambar 2. 10 Hasil teks yang ditelah dikompresi [18]

Pada text asli yang belum mengalami pengompresan, jumlah byte yang dihasilkan adalah 177 byte dari 177 karakter (termasuk spasi dan enter). Setelah dilakukan kompresi, jumlah byte berkurang menjadi 94 byte. Ini tidak termasuk 12 byte pada flag yang menunjukkan apakah potongan teks berikutnya adalah pointer atau literal. Jika ditambahkan dengan jumlah flag maka total ukurannya menjadi 106 byte, tentunya ini masih lebih pendek jika dibandingkan dengan ukuran aslinya 177 byte.

1. Proses Dekompresi

Proses dekompresi dilakukan dengan menguraikan kode secara langsung dengan melibatkan membaca dan menulis ulang hasil tanpa melakukan pencarian apapun. Flag pengkodean dibaca untuk mengetahui karakter mana yang dikodekan. Jika flag menunjukkan bahwa karakter tersebut dikodekan, jumlah karakter dan posisi awal dikumpulkan dari bagian yang dikodekan. Kemudian jumlah karakter dengan indeks yang diberikan ditulis dari jendela geser ke file output atau memori. Jika tidak dikodekan, karakternya adalah output secara langsung. Dekompresi mengkonsumsi lebih sedikit sumber daya memori dan waktu komputasi jika dibandingkan dengan proses kompresi.

## Bahasa Pemrograman C

Bahasa C merupakan salah satu bahasa pemrograman level rendah yang menjadi induk dari bahasa pemrograman modern seperti C++, C#, PHP, Javascript dan masih banyak lagi. Bahasa pemrograman C dibuat pertama kali oleh Dennis M Ritchie dengan tujuan untuk mengembangkan system operasi UNIX yang sebelumnya menggunakan bahasa assembly. Adapun beberapa keunggulan bahasa C dibandingkan dengan bahasa pemrograman yang lain, yaitu: bahasa C termasuk bahasa pemrograman procedural, bahasa C sangat cepat dan efisien, dan Bahasa C merupakan portable language.

## MicroSD Card Adapter

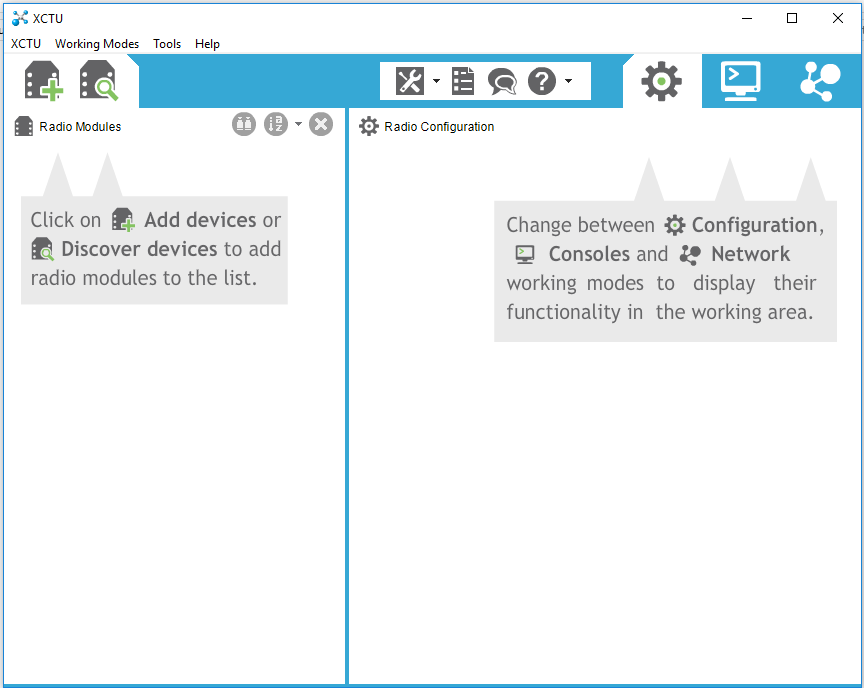
MicroSD Card Adapter ini merupakan modul pembaca kartu MicroSD melalui system file dan SPI antarmuka driver, MCU untuk membaca dan menulis pada kartu microSD. Dengan menggunakan Arduino IDE dan libarary SD card, pengguna dapat menginisialisasi kartu SD card, membaca dan menulisnya.



Gambar 2. 11 MicroSD Card Adapter

## DIGI XCTU

XCTU merupakan aplikasi multi-platform gratis yang dirancang untuk memungkinkan pengembangan modul Digi RF melalui antarmuka grafis yang mudah digunakan. Aplikasi ini dapat digunakan untuk melakukan konfigurasi dan pengujian pada modul XBee® RF. XCTU memiliki semua *tools* yang dibutuhkan pengembang untuk melakukan pengembangan dengan XBee. Terdapat fitur unik didalamnya, seperti tampilan jaringan grafis, yang secara grafis mewakili jaringan XBee yang ada bersama dengan kekuatan sinyal setiap sambungan. Selain itu kita dapat menggunakan XBee API yang secara intuitif membantu dalam membangun dan menafsirkan API *frame* untuk XBee yang menggunakan mode API. Dengan menggunakan aplikasi ini, kita lebih mudah dalam melakukan pengembangan pada platform wireless sensor network yang menggunakan XBee.



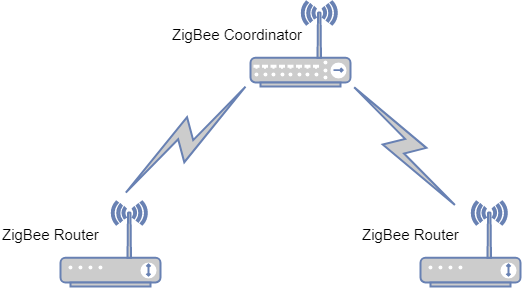
Gambar 2. 12 Antarmuka XCTU

# BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN

Bab ini membahas mengenai dasar dari perancanga sistem yang akan dibangun pada tugas akhir. Perancangan yang dibahas meliputi deskripsi umum sistem, proses perancangan, alur dan implementasinya.

## Deskripsi Umum Sistem

Pada tugas akhir ini akan dibangun suatu sistem kompresi dan dekompresi data pada platform wireless sensor network dengan menggunakan algorima heatshrink. Teknologi wireless sensor network menggunakan mikrokontroller Arduino dan protokol ZigBee sebagai jalur komunikasi. Terdapat tiga node yang akan digunakan, yaitu sebuah node yang bertindak sebagai Coordinator (penerima) dan dua buah node sebagai Router (pengirim). Sebelum data di transfer melalui ZigBee, data yang ada pada node pengirim akan dikompresi terlebih dahulu lalu dikirimkan beserta konfigurasi kompresi yang digunakan. Proses pengiriman akan dilakukan secara bertahap dikarenakan keterbatasan buffer yang ada. Setelah semua data diterima oleh node penerima, data tersebut akan dikompresi sesuai konfigurasi yang telah ditentukan sebelumnya.



Gambar 3. 1 Arsitektur jaringan yang akan dibangun

## Arsitektur Umum Sistem

Teknologi wireless sensor network yang dikembangkan pada tugas akhir ini, menggunakan perangkat XBee S2 yang akan berperan sebagai perangkat yang membantu komunikasi antar node dengan protokol ZigBee sebagai jalur komunikasinya. Pada nantinya, dibutuhkan dua jenis perangkat ZigBee, yaitu node ZigBee Router dan node ZigBee Coordinator. Perangkat node ZigBee Router berfungsi menampung data yang telah ditentukan. Kemudian data tersebut akan dikompresi lalu dikirimkan melalui protokol ZigBee ke node ZigBee Coordinator. Selanjutnya, perangkat node ZigBee Coordinator akan medekompresi data yang telah diterima beserta konfigurasi kompresi yang digunakan.

Gambar arsitektur sistem

Berdasarkan gambar x.x sistem kompresi dan dekompresi data pada platform wireless sensor network memiliki alur proses yang akan dijabarkan sebagai berikut.

1. Pada ZigBee Coordinator, XBee Shield dipasang diatas Arduino Mega 2560, kemudian diatas XBee Shield tersebut dipasang modul XBee S2
2. Pada ZigBee Router, XBee Shield dipasang diatas Arduino Mega 2560, kemudian diatas XBee Shield tersebut dipasang modul XBee S2
3. Pada ZigBee Router, dipasang modul MicroSD Card Adapter berisikan data yang akan dikompresi.

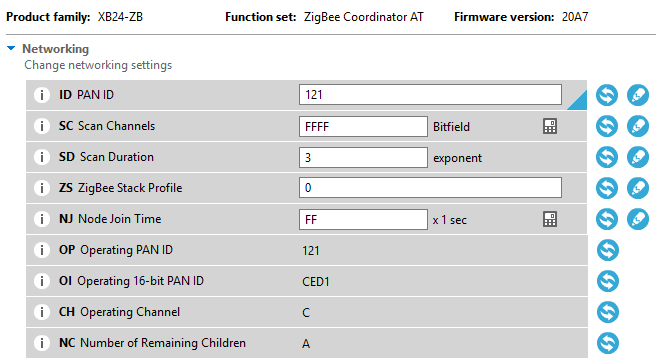
## Perancangan Komunikasi Sistem

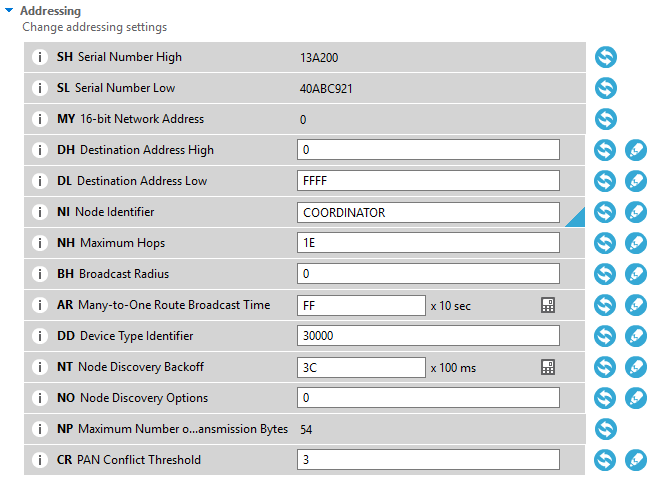
Perancangan komunikasi sistem merupakan salah satu proses penting yang harus dilakukan dalam membangun sistem agar node pada jaringan dapat saling berkomunikasi. Protokol jaringan komunikasi yang digunakan adalah protokol ZigBee, dimana pada jaringan tersebut minimal terdapat sebuah node yang bertindak sebagai Coordinator.

Pada penelitian tugas akhir ini, akan menggunakan dua buah node yang berfungsi sebagai ZigBee Router dan sebuah node sebagai ZigBee Coordinator. Agar setiap node dapat berkomunikasi, harus dilakukan konfigurasi terlebih dahulu terhadap node coordinator dan router dengan memanfaatkan aplikasi XCTU yang disediakan oleh Digi International Inc. Beberapa hal yang harus di perhatikan pada saat melakukan konfigurasi antara lain :

* **Function Set**
* **ID** PAN ID
* **DH** Destination Address High
* **DL** Destination Address Low

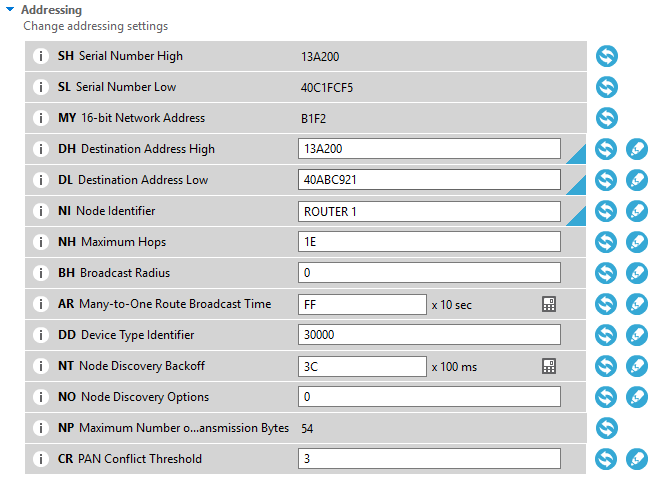
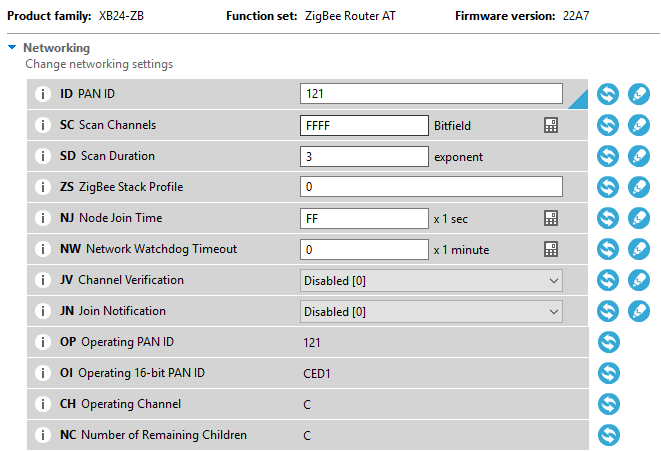
Berikut ini adalah configurasi secara detail pada ZigBee Coordinator dan ZigBee Router





Gambar 3. 2 Konfigurasi pada node ZigBee Coordinator

**Function Set** yang digunakan pada konfigurasi node ZigBee Coordinator adalah **ZigBee Coordinator AT.** Untuk **PAN ID (ID)** nya **121**. PAN ID ini memiliki fungsi yang hampir sama dengan subnet, dimana semua node yang ada pada jaringan ZigBee nilainya harus sama agar dapat saling berkomunikasi. **Destination Address High (DH)** yang digunakan yaitu **0** dan **Destination Address Low (DL)** yaitu **FFFF.** Konfigurasi merupakan*broadcast* sehingga node Coordinator dapat mengirimkan pesan kepada semua node yang ada pada jaringan.



Gambar 3. 3 Konfigurasi pada node ZigBee Router

Setelah mensetting node Coordinator**,** langkah selanjutnya adalah mensetting node Router. **Function Set** yang digunakan pada konfigurasi node ZigBee Router adalah **ZigBee Router AT.** Untuk **PAN ID (ID)** nilainya **121**. **Destination Address High (DH)** yang digunakan adalah **13A200**, dimana nilai ini didapat dari **Serial Number High (SH)** pada node ZigBee Coordinator. Selainnya itu **Destination Address Low (DL)** nilainya **40ABC921** yang merupakan nilai **Serial Number Low (SL)** pada node ZigBee Coordinator. Konfigurasi ini bertujuan agar node ZigBee Router dapat megirimkan pesan pada node ZigBee Coordinator.

## Perancangan Kompresi Data

Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana perancangan yang dilakukan sebelum data di kompresi. Untuk melakukan proses kompresi dan dekompresi, pada penelitian ini menggunakan algoritma Heatshrink, dimana algoritma ini berbasis pada algoritma Lempel-Ziv-Storer-Szymanski (LZSS).

## Perancangan Pengiriman Data

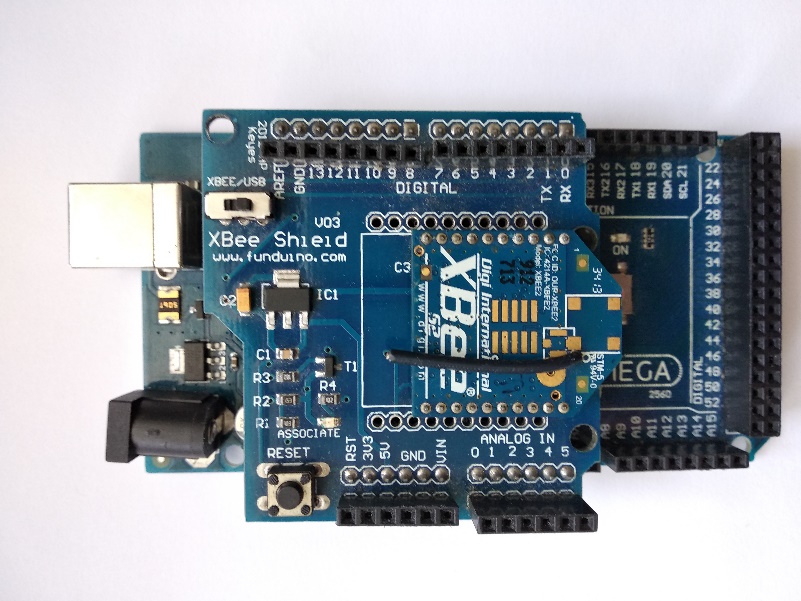
## Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras secara umum menjelaskan mengenai penempatan perangkat keras yang digunakan dalam membangun sistem, yang mana terdiri dari rangkaian ZigBee Coordinator dan ZigBee Router. Rangkaian perangkat keras pada sistem dapat dilihat pada gambar xx dan gambar xx. Agar sistem dapat berjalan sebagai mestinya, terdapat beberapa komponen yang dibutuhkan antara lain:

1. Tiga buah Arduino Mega
2. Tiga buah baterai 9V
3. Tiga buah XBee Shield
4. Tiga buah XBee S2
5. Dua buah MicroSD Card Adapter
6. Dua buah SD Card

### Perancangan Perangkat ZigBee Coordinator

Pada rangkaian ZigBee Coordinator, XBee Shield V03 pabrikan Funduino menempati tepat di bagian atas Arduino Mega 2560 dengan posisi pin Tx dan Rx yang sama dengan pin Tx dan Rx pada XBee Shield. Kemudian modul XBee S2 Pro di letakkan pada space yang telah disediakan pada XBee Shield. Pastikan kepala modul XBee S2 menghadap arah yang berlawanan dengan konektor USB.



Gambar 3. 4 Node ZigBee Coordinator

### Perancangan Perangkat ZigBee Router

Pada rangkaian ZigBee Router posisinya hampir sama dengan rangkaian ZigBee Coordinator. Xbee Shield diletakkan diatas Arduino Mega dengan posisi pin Tx dan Rx yang sama. Selain itu letakkan modul XBee S2 pada tempat yang telah disediakan. Pada perangkat ZigBee Router membutuhkan MicroSD Card Adapter yang berfungsi untuk menampung data yang akan di kompresi. Pastikan sudah terdapat SD Card pada modul tersebut, kemudian sambungkan pin yang terdapat pada MicroSD Card Adapter kepada pin yang sudah ditentukan, berikut ini rincian pinnya :

* Pin **CS** dihubungkan dengan pin **digital 53**
* Pin **SCK** dihubungkan dengan pin **digital 52**
* Pin **MOSI** dihubungkan dengan pin **digital 51**
* Pin **MISO** dihubungkan dengan pin **digital 50**
* Pin **VCC** dihubungkan dengan pin **tegangan 5V**
* Pin **GND** dihubungkan dengan pin **GND**



Gambar 3. 5 Node ZigBee Router disertai MicroSD

# BAB IV IMPLEMENTASI

Bab ini membahas mengenai implementasi yang dilakukan berdasarkan rancangan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya. Implementasi berupa *pseudocode* untuk membangun program. Cakupan implementasi dari perancangan system ini meliputi perangkat node ZigBee Router yang bertugas untuk melakukan kompresi data dan mengirimkan hasilnya ke perangkat node ZigBee Coordinator, kemudian akan di dekompresi berdasarkan konfigurasi yang telah diterima sebelumnya. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Bahasa pemrograman C.



## Lingkungan Implementasi

Lingkungan implementasi merupakan suatu lingkungan dimana sistem akan dibangun. Untuk mempermudah penjelasan, lingkungan impelementasi akan terbagi menjadi dua bagian. Pembahasan pertama mengenai lingkungan implementasi perangkat keras dan pembahasan kedua mengenai lingkungan implementasi perangkat lunak.

### Lingkungan Implementasi Perangkat Keras

Pada bagian ini akan dibahas mengenai perangkat keras apa saja yang dibutuhkan untuk membangun system. Linkungan implementasi perangkat keras dari system yang akan dibangun secara lebih lengkap dijelaskan pada Tabel XX dibawah ini

|  |  |
| --- | --- |
| Perangkat | Detail Perangkat |
| Perangkat Komputer | Model :   * Lenovo Y410P |
| Manufaktur :   * Lenovo |
| Processor :   * Intel® Core™ i7-4700MQ (2.40GHz 1600MHz 6MB) |
| Memori :   * 8GB PC3-12800 DDR3L SDRAM 1600 MH |
| Perangkat Mikrokontroler | Mikrokontroler :   * ATmega2560 |
| Model :   * Arduino Mega 2560 |
| Tegangan :   * 5 V |
| Memori Flash :   * 256 KB (8KB digunakan untuk bootloader) |
| SRAM :   * 8 KB |
| Perangkat XBee Shield | Model:   * XBee Shield V0.3 (a) * XBee Shield V1.1 (b) |
| Manufaktur :   * Funduino (a) * ITead Studio (b) |
| Tipe jumper :   * Switch (a) * Pasang lepas (b) |
| Perangkat Modul XBee | Model :   * XBee S2 |
| Manufaktur :   * Digi International Inc. |

### Lingkungan Implementasi Perangkat Lunak

Pada bagian ini akan dibahas mengenai perangkat lunak apa saja yang dibutuhkan untuk membangun sistem. Linkungan impementasi perangkat lunak dari sistem yang akan dibangun secara lebihh detail akan dijelaskan pada Tabel XX dibawah ini.

|  |  |
| --- | --- |
| Perangkat | Detail Perangkat |
| Perangkat Lunak | Sistem Operasi :   * Microsoft Windows 10 Pro 64-bit |
| Software Arduino :   * Arduino IDE 1.8.5 |
| Software XBee :   * DIGI XCTU 6.3.13 |

### Implementasi Mendapatkan Poin

Pemain dapat memenangkan permainan saat berhasil mendapatkan seluruh poin harapan yang ada. Pemain bisa mendapatkan poin harapan dengan cara karakter pemain bersentuhan dengan poin harapan. Implementasi kondisi menang permainan sebagaimana yang telah dijelaskan dapat dilihat pada Kode Sumber 4.3.

1. public  class  PointHope :  MonoBehaviour  {
2. private  EndGame  ed;
3. private  MoveChar  itsa;
4. MappingGround  map;
5. public  AudioClip  sound;
6. void  Start ()  {
7. ed  =  GameObject.FindGameObjectWithTag("End").GetComponent < EndGame > ();
8. itsa  =  GameObject.FindGameObjectWithTag("Itsa").GetComponent < MoveChar > ();
9. map  =  GameObject.Find("MapGround").GetComponent < MappingGround > ();
10. }
11. void  OnTriggerEnter2D(Collider2D  coll)     {
12. if  (coll.tag == "Itsa")         {
13. if  (PlayerPrefs.GetInt("soundEffect")  ==  1)                 AudioSource.PlayClipAtPoint(sound,  Camera.main.transform.position);
14. map.stageFuture[itsa.positionItsaX,  itsa.positionItsaY]  =  0;
15. ed.countPoin--;
16. if  (ed.countPoin  ==  0)             {
17. itsa.isMove  =  false;
18. itsa.ani.Play("ItsaSenang");
19. ed.isEnd  =  true;
20. ed.End();
21. }
22. Destroy(gameObject);
23. }
24. }
25. }

Kode Sumber 4.3 Mendapatkan poin

### Implementasi Menanam Bibit

Pemain dapat menanam bibit saat berada di *maze* masa lalu. Pemain dapat menanam di area yang disediakan yaitu tempat penanaman bibit. Pemain dapat menanam bibit dengan cara karakter pemain melewati atau berhenti di tempat penanaman bibit. Implementasi dapat dilihat pada Kode Sumber 4.4.

1. void  Planting()    {
2. mg.stageFuture[positionItsaX,  positionItsaY]  =  4;
3. mg.stagePast[positionItsaX,  positionItsaY]  =  13;
4. mg.deleteInst();
5. mg.MapRealization();
6. }

Kode Sumber 4.4 Penanaman bibit

### Implementasi *Stage*

Pengaturan stage yang mencakup segala hal yang berhubungan dengan pengaturan *load stage* dalam permainan. Kode dapat dilihat di Kode Sumber 4.5.

1. public  void  GoToStage(int  stage)     {
2. SceneManager.LoadScene(stage);
3. }
4. public  void  OpenWindow(GameObject  TempWindow)     {
5. TempWindow.SetActive(true);
6. }
7. public  void  CloseWindow(GameObject  TempWindow)     {
8. TempWindow.SetActive(false);
9. }

Kode Sumber 4.5 Pemilihan stage

## Implementasi Antarmuka

### Implementasi *Main Menu*

Implementasi dari Main Menu mencakup tombol menuju ke *stage selection* yaitu dengan menggunakan tombol ‘play’ dan tombol untuk keluar aplikasi, serta tombol untuk pengaturan suara. *Screenshot* dari *Main Menu* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Implementasi tampilan *Main Menu*

### Implementasi Stage Selection

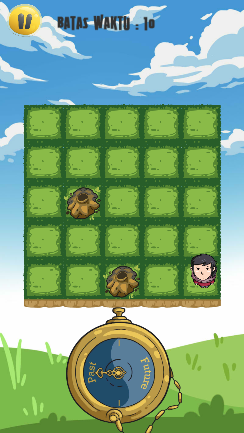
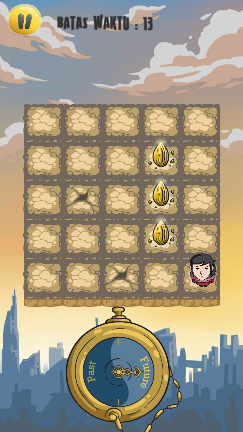
Implementasi *Stage Selection* mencakup daftar *substage* yang dapat dimainkan dan dapat diakses setelah pemain memilih stage, serta pilihan untuk kembali ke main menu. *Screenshot* dari Level Menu dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Implementasi Tampilan *Stage Selection*

### Implementasi Gameplay Stage

Implementasi *Gameplay Stage* mencakup komponen stage berupa karakter pemain, tombol perpindahan waktu, *obstacle*, tempat penanaman bibit, poin dan susunan *puzzle* yang direalisasikan dari array yang terbentuk oleh algoritma Hunt-and-Kill. Pada bagian atas layar permainan terdapat batas waktu untuk menyelesaikan stage, selain itu juga terdapat tombol pause yang dapat mengarahkan pemain kembali *stage selection*. *Screenshot* dari *gameplay* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Implementasi tampilan *Gameplay* Stage

## Implementasi Hunt-and-Kill

Pada bagian ini menjelaskan bagaimana menerapkan aturan algoritma Hunt-and-Kill untuk digunakan ke aplikasi permainan dalam pembentukan array susunan *puzzle* stage. Penerapan algoritma Hunt-and-Kill akan berjalan setelah konfigurasi StageController dilakukan. Code dari stage controller dapat dilihat pada Kode Sumber 4.6.

1. public  class  StageController :  MonoBehaviour  {
2. public  MapGenerator  stageGenerator;
3. public  int[, ]  stageFuture;
4. public  int[, ]  stagePast;
5. int  rowLength  =  0;
6. int  columnLength  =  0;
7. public  int  leRow;
8. public  int  leColumn;
9. public  int  winhope;
10. public  GameObject  pastMap;
11. public  GameObject  Future;
12. void  Start ()  {
13. Future  =  GameObject.Find("Future");
14. Generate*Puzzle*();
15. Generate*Puzzle*Past();
16. }
17. void  Generate*Puzzle*()     {
18. int  temp  =  0;
19. rowLength  =  leRow;
20. columnLength  =  leColumn;
21. stageFuture  =  new  int[rowLength,  columnLength];
22. stageGenerator.Generate(leRow,  leColumn);
23. for  (int  i  =  0;  i  <  rowLength;  i++)         {
24. for (int  j  =  0;  j  <  columnLength;  j++)             {
25. temp  =  stageGenerator.get*Puzzle*(i,  j);
26. if  (temp  ==  6)                     temp  =  -1;
27. else  if  (temp  ==  3)                     temp  =  1;
28. else  if  (temp  ==  1)                     temp  =  0;
29. else  if  (temp  ==  4)                     temp  =  3;
30. else  if  (temp  ==  2)                     temp  =  6;
31. stageFuture[i,  j]  =  temp;
32. }
33. }
34. }
35. void  Generate*Puzzle*Past()     {
36. int  temp  =  0;
37. stagePast  =  new  int[rowLength,  columnLength];
38. for  (int  i  =  0;  i  <  rowLength;  i++)         {
39. for  (int  j  =  0;  j  <  columnLength;  j++)             {
40. temp  =  stageGenerator.get*Puzzle*Past(i,  j);
41. if  (temp  ==  1)                     temp  =  7;
42. else  if  (temp  ==  4)                     temp  =  2;
43. else  if  (temp  ==  6)                     temp  =  7;
44. else  if  (temp  ==  2)                     temp  =  5;
45. stagePast[i,  j]  =  temp;
46. }
47. }
48. }
49. }

Kode Sumber 4.6 StageController.cs

StageController akan melakukan konfigurasi terhadap variabel-variabel yang dimasukkan untuk tiap stagenya. Contoh konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Penerapan konfigurasi stage

Pada konfigurasi StageController Le Row dan Le Column merupakan dimensi dari *puzze* dan Winhope merupakan jumlah dari poin yang akan dimunculkan dalam *puzzle* sesuai yang tertera di bagian perancangan stage pada bagian 3.2.1. Sedangkan Stage Generator akan membuat realisasi dari array yang didapatkan dari hasil algoritma Hunt-and-Kill.

Algoritma Hunt-and-Kill diterapkan dalam bentuk sebuah class bernama MapGenerator.cs. Tahap ‘Hunt’ dan ‘Kill’ masuk kedalamnya dan berjalan sesuai dengan perancangan yang di jelaskan dalam bagian perancangan 3.2.3.Implementasi Hunt-and-Kill dapat di lihat pada Kode Sumber 1.A pada bagian Lampiran A Tugas Akhir ini.

Kode sumber yang menerapkan algoritma Hunt-and-Kill akan menghasilkan array yang kemudian akan direalisasikan menjadi tampilan permainan. Penjelasan mengenai fungsi yang terdapat pada Kode Sumber 1.A yang ada pada lampiran terdapat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Penjelasan metode MapGenerator

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | Nama Fungsi | Penjelasan Fungsi |
| 1 | HistReset() | Reset seluruh array *history* penelusuran |
| 2 | Generate() | Fungsi utama untuk mengatur jalannya class |
| 3 | SeedPlace() | Mengubah sejumlah *obstacle* menjadi tempat penanaman bibit |
| 4 | ClearHope() | Mengubah array poin menjadi ground |
| 5 | ResetPath() | Mengubah seluruh nilai array kembali menjadi 0 |
| 6 | SetFutureMap() | Set *puzzle* masa depan |
| 7 | get*Puzzle*() | Melakukan *return* isi array susunan *puzzle* masa depan |
| 8 | get*Puzzle*Past() | Melakukan *return* isi array susunan *puzzle* masa lalu |
| 9 | ResetMap() | Melakukan reset pada array *puzzle* masa lalu dan masa depan |
| 10 | PlaceHope() | Meletakkan poin pada array |
| 11 | Generate*Puzzle*() | Inisialisasi Algoritma Hunt-and-Kill |
| 12 | StageNormalization() | Mengubah titik potensial pemberhentian karakter menjadi ground |
| 13 | CheckRightLeft() | Cek kanan dan kiri dari titik penelusuran |
| 14 | CheckTopBottom() | Cek atas dan bawah dari titik penelusuran |
| 15 | HuntPoint() | Melakukan ‘Hunt’ |
| 16 | FirstHunt() | Melakukan ‘First Hunt’ |
| 17 | DoHunt() | Inisialisasi ‘Hunt’ |
| 18 | DoKill() | Inisialisasi ‘Kill’ |
| 19 | CheckTurn() | Cek apakah penelusuran akan menyebabkan belokan |
| 20 | *Obstacle*Mark() | Meletakkan *Obstacle* |
| 21 | Movekill() | Melakukan ‘Kill’ |
| 22 | WayObserve() | Melakukan pengecekan arah yang dapat ditelusuri |

## Implementasi Realisasi *puzzle*

Algoritma Hunt-and-Kill menghasilkan array yang akan digunakan untuk merealisasikan tampilan *puzzle* stage. Array yang dihasilkan akan digunakan untuk susunan *puzzle* masa depan dan *puzzle* masa lalu dengan penerapan yang berbeda. Perbedaan penerapannya terletak pada tempat penanaman bibi dan poin. Tempat penanaman bibit hanya ada di *puzzle* masa lalu, sedangkan di *puzzle* masa depan hanya berupa jalan biasa. Poin hanya ada di *puzzle* masa depan sedangkan di *puzzle* masa lalu poin tidak ditampilkan. Titik atau posisi yang tidak di cek akan di realisasikan sebagai tampilan *ground* atau jalan. Method yang menampilkan realisasi *puzzle* dapat dilihat pada Kode Sumber 4.7.

1. void  mapFuture(int  i,  int  j,  float  xPoint,  float  yPoint,  float  width)     {
2. if (stageFuture[i,  j]  !=  -1)             obj  =  Instantiate(ground[stageFuture[i,  j]],  new  Vector3(0,  0),  transform.rotation);
3. else  if  (stageFuture[i,  j]  ==  -1)         {
4. obj  =  Instantiate(ground[0],  new  Vector3(0,  0),  transform.rotation);
5. stageFuture[i,  j]  =  0;
6. if  (PlayerPrefs.GetInt("karakter") == 0) {
7. GameObject  charItsa  =  Instantiate(Itsa,  new  Vector3(0,  0),  transform.rotation);
8. charItsa.SetActive(true);
9. charItsa.transform.SetParent(gameObject.transform);
10. charItsa.GetComponent < RectTransform > ().sizeDelta  =  new  Vector2(width  -  20,  width  -  10);
11. charItsa.transform.localPosition  =  new  Vector3(xPoint  +  width  /  15,  yPoint  +  (width  /  4),  0);
12. charItsa.GetComponent < MoveChar > ().positionItsaX  =  i;
13. charItsa.GetComponent < MoveChar > ().positionItsaY  =  j;
14. }
15. }
16. obj.transform.SetParent(gameObject.transform.GetChild(0));
17. obj.GetComponent < RectTransform > ().sizeDelta  =  new  Vector2(width,  width);
18. obj.transform.localPosition  =  new  Vector3(xPoint,  yPoint,  0);
19. }
20. void  mapPast(int  i,  int  j,  float  xPoint,  float  yPoint,  float  width)     {
21. if  (stagePast[i,  j]  ==  0)             obj  =  Instantiate(ground[7],  new  Vector3(0,  0),  transform.rotation);
22. else             obj  =  Instantiate(ground[stagePast[i,  j]],  new  Vector3(0,  0),  transform.rotation);
23. obj.transform.SetParent(gameObject.transform.GetChild(1));
24. obj.GetComponent < RectTransform > ().sizeDelta  =  new  Vector2(width,  width);
25. obj.transform.localPosition  =  new  Vector3(xPoint,  yPoint,  0);
26. }

Kode Sumber 4.7 Implementasi realisasi *puzzle*

# BAB V PENGUJIAN DAN EVALUASI



## Lingkungan Pengujian

Lingkungan pelaksanaan uji coba meliputi perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan pada sistem ini. Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam rangka uji coba perangkat lunak ini dicantumkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Lingkungan pengujian

|  |  |
| --- | --- |
| Perangkat Keras | Samsung Galaxy S7  CPU: Octa-core 2.6GHz  Memori : 4.00 GB |
| Perangkat Lunak | Sistem Operasi Android 7.0 |

## Pengujian Fungsionalitas

Untuk mengetahui kesesuaian keluaran dari tiap tahap dan langkah penggunaan fitur terhadap skenario yang dipersiapkan, maka dibutuhkan pengujian fungsionalitas.

Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah fungsionalitas yang diidentifikasi benar-benar diimplementasikan dan bekerja sebagaimana seharusnya. Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui kesesuaian setiap tahapan atau langkah penggunaan fitur terhadap skenario yang dipersiapkan. Pengujian dilakukan dengan metode *black-box*.

### Skenario Pengujian

Skenario pengujian fungsionalitas digunakan untuk memberikan tahap-tahap dalam pengujian sistem. Skenario tertera pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Pengujian aplikasi permainan

|  |  |
| --- | --- |
| Kondisi Awal | Pengguna berada pada layar Main Menu |
| Prosedur Pengujian | Pengguna masuk ke *Stage Selection*, memilih Stage yang akan dimainkan, lalu memainkan permainan hingga selesai |
| Hasil yang diharapkan | Pengguna berhasil menyelesaikan permainan dan fungsionalitas permainan berjalan dengan lancar. |
| Hasil yang diperoleh | Pengguna berhasil menyelesaikan permainan dan fungsionalitas berjalan lancar. |
| Kesimpulan | Pengujian berhasil |

#### Pengujian Main Menu dan Stage Selection

Pengujian dimulai ketika pengguna telah masuk ke layar Main menu seperti yang terlihat pada Gambar 5.1. Pemain memilih menekan tombol ‘Play’ untuk masuk ke dalam layar *Stage Selection*.



Gambar 5.1 Tampilan *Main Menu*

Setelah menekan tombol ‘Play’ maka sistem menampilkan layar *Stage Selection* seperti yang terlihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Tampilan *Stage Selection*

Setelah masuk ke tampilan *stage selection,* pemain dapat memilih stage yang ingin dimainkan dengan memilih salah satu stage. Saat pemain memilih stage maka akan muncul substage yang akan dipilih pemain, pemain dapat memilih substage yang ingin dimainkan. Selain itu di tampilan stage selection juga terdapat tombol ‘back’ yang dapat digunakan untuk kembali ke tampilan *Main Menu.*

Setelah melakukan pengujian, sistem berhasil masuk ke Game Menu dan melakukan load sesuai stage yang dipilih. Selain itu sistem juga berhasil kembali ke *Main Menu* ketika pengguna menekan tombol ‘back’. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengujian untuk layar *Main Menu* dan *Stage Selection* berhasil.

#### Pengujian Pergerakan Karakter Pemain

Pengujian dimulai ketika pemain telah masuk ke *gameplay stage*. Pemain dapat menggerakkan karakter dengan cara melakukan *swipe* layar permainan dan terus bergerak hingga menemui batas *puzzle* atau bertemu dengan *obstacle*. Setelah pengujian, karakter pemain dapat bergerak dengan baik sesuai *gameplay* permainan. sehingga dapat disimpulkan bahwa pengujian untuk pergerakan karakter pemain berhasil. Berikut hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Tampilan pergerakakan karakter

#### Pengujian Perpindahan Waktu

Pengujian dimulai ketika pemain telah masuk ke *gameplay stage*. Pemain dapat melakukan perpindahan waktu ke masa lalu ataupun sebaliknya dan mendapatkan tampilan yang berbeda dengan cara menyentuh tombol perpindahan waktu. Setelah diuji disimpulkan bahwa perpindahan waktu berhasil. Berikut hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Tampilan perpindahan waktu maze ‘masa depan’ (kiri) dan maze ‘masa lalu’(kanan)

#### Pengujian Mendapatkan Poin

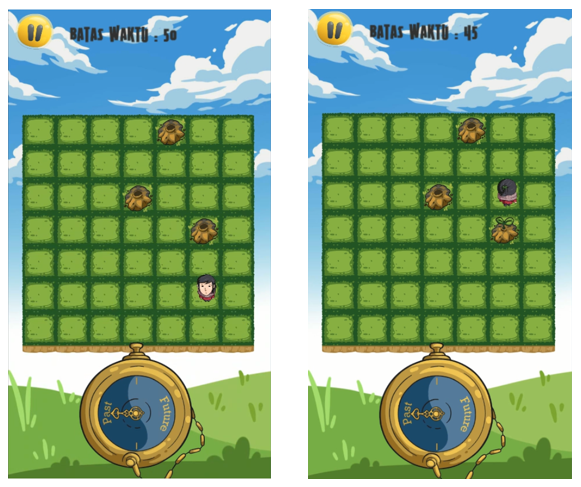
Pengujian dimulai ketika pemain telah masuk ke *gameplay stage*. Untuk kondisi awalnya poin harapan akan ada pada stage di posisi tertentu. Karakter pemain melewati poin harapan dan poin harapan akan hilang menandakan poin harapan telah berhasil didapatkan oleh pemain. Berikut hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada gambar 5.5.



Gambar 5.5 Pemain mendapatkan poin saat bergerak

#### Pengujian Penanaman Bibit

Pengujian dimulai ketika pemain telah masuk ke *gameplay stage*, dan telah berpindah waktu menjadi ‘masa lalu’. Untuk kondisi awalnya tempat penanaman bibit terletak di posisi tertentu pada stage. Karakter pemain melewati atau berhenti di tempat penanaman bibit dan muncul tampilan tempat penanaman bibit berubah menandakan bibit telah berhasil ditanam oleh pemain. Berikut hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Bibit belum ditanam(kiri) dan setelah ditanam(kanan)

Setelah penanaman bibit dilkukan maka di ‘masa depan’ muncul objek pohon. Objek pohon yang muncul berada di posisi yang sama dengan tempat pemain menanam bibit di ‘masa lalu’. Setelah diuji disimpulkan bahwa pengujian penananman bibit berhasil dan pohon sebagai *obstacle* berhasil muncul di *puzzle* masa depan. Berikut hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada gambar 5.7.



Gambar 5.7 Pohon muncul di tampilan masa depan

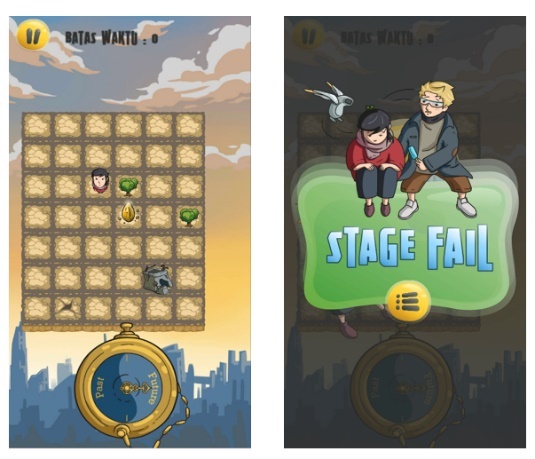
#### Pengujian Menang dan Kalah

Pengujian ini dimulai dengan menyelesaikan stage permainan. Saat permain telah mendapatkan seluruh poin yang ada dalam stage dan memenangkan permainan maka *window* atau tampilan menang akan muncul, menandakan pemain telah sukses menyelesaikan stage. Tampilan pemain menang dan tampilan stage menang muncul dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Tampilan saat pemain menang

Pemain akan dinyatakan kalah saat waktu habis. Saat waktu habis maka akan muncul *window* atau tampilan kalah atau stage gagal. Tampilan pengujian pemain kalah karena batas waktu telah habis dan pemain tidak berhasil mendapatkan poin sehinggan akan muncul tampilan stage gagal dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Batas waktu habis dan pemain kalah

### Hasil Pengujian

Hasil uji fungsionalitas yang telah dilakukan berdasarkan skenario sebelumnya, menunjukkan bahwa semua fungsionalitas permainan berjalan dengan baik dan sesuai dengan sebagaimana mestinya yang telah dibuat pada tahap perancangan. Hasil uji fungsionalitas dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil pengujian fungsionalitas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | Pengujian | Hasil Pengujian |
| 1 | *Main Menu* dan *Stage Selection* | Berhasil |
| 2 | Pergerakan karakter pemain | Berhasil |
| 3 | Perpindahan waktu | Berhasil |
| 4 | Mendapatkan poin | Berhasil |
| 5 | Penanaman bibit | Berhasil |
| 6 | Menang dan Kalah | Berhasil |

## Pengujian Penerapan Algoritma Hunt-and-Kill

Pengujian penerapan algoritma Hunt-and-Kill pada game Plant the Future mencakup seberapa efektif algoritma tersebut digunakan sebagai penyusun *puzzle* yang dapat diselesaikan. Pengujian ini dilakukan oleh satu orang pengguna.

### Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan pada 30 stage pada game ‘Plant the Future’ yang menerapkan algoritma Hunt-and-Kill. Pengujian dilakukan dengan memainkan setiap stage sebanyak lima kali secara beruntun dan diamati apakah stage yang dibuat dapat diselesaikan atau tidak. Penulis secara manual menguji stage yang merupakan *puzzle* hasil dari penerapan algoritma Hunt-and-Kill.

### Hasil Pengujian

Hasil yang diuji merupakan tampilan dari realisasi array menjadi tampilan permainan. Salah Satu contoh tampilan, hasil dari penggunaan algoritma Hunt-and-Kill dapat dilihat pada gambar 5.10. Seluruh tampilan dari stage yang diuji dapat dilihat pada bagian lampiran tugas akhir ini.



Gambar 5.10 Tampilan stage pengujian

Pengujian dilakukan pada seluruh stage yang menerapkan algoritma Hunt-and-Kill yaitu berjumlah 30 stage dengan dimensi puzzle yang berbeda-beda. Hasil pengujian 30 stage sebanyak lima kali masing-masingnya dengan total 150 stage uji coba, menghasilkan hasil seperti ditunjukkan pada Table 5.4.

Tabel 5.4 Hasil pengujian

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Stage | Jumlah Pengujian Stage | Jumlah berhasil diselesaikan |
| 1 | 2 | 5 | 5 |
| 2 | 3-1 | 5 | 5 |
| 3 | 3-2 | 5 | 5 |
| 4 | 4-1 | 5 | 5 |
| 5 | 4-2 | 5 | 5 |
| 6 | 4-3 | 5 | 5 |
| 7 | 5-1 | 5 | 5 |
| 8 | 5-2 | 5 | 5 |
| 9 | 5-3 | 5 | 5 |
| 10 | 5-4 | 5 | 5 |
| 11 | 6-1 | 5 | 5 |
| 12 | 6-2 | 5 | 5 |
| 13 | 6-3 | 5 | 5 |
| 14 | 6-4 | 5 | 5 |
| 15 | 6-5 | 5 | 5 |
| 16 | 7-1 | 5 | 5 |
| 17 | 7-2 | 5 | 5 |
| 18 | 7-3 | 5 | 5 |
| 19 | 7-4 | 5 | 5 |
| 20 | 7-5 | 5 | 5 |
| 21 | 8-1 | 5 | 5 |
| 22 | 8-2 | 5 | 5 |
| 23 | 8-3 | 5 | 5 |
| 24 | 8-4 | 5 | 5 |
| 25 | 8-5 | 5 | 5 |
| 26 | 9-1 | 5 | 5 |
| 27 | 9-2 | 5 | 5 |
| 28 | 9-3 | 5 | 5 |
| 29 | 9-4 | 5 | 5 |
| 30 | 9-5 | 5 | 5 |

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa dari 150 stage yang diuji seluruhnya berhasil diselesaikan. Sehingga Hunt-and-Kill dapat dikatakan berhasil diterapkan pada permainan ‘Plant the Future’ sebagai algoritma penyusun stage.

## Pengujian Pengguna

Pengujian pengguna adalah untuk mendapatkan informasi mengenai pendapat pengguna mengenai game ‘Plant the Future’ dan stage dinamis yang diterapkan pada game ‘Plant the Future’. Pengujian dilakukan ke tiga pengguna.

### Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan oleh pengguna (pemain) dengan memainkan game ‘Plant the Future’. Pemain memainkan satu stage yang sama berulang-ulang. Kemudian pemain diberikan *form* berisi beberapa pertanyaan. Pertanyaan yang diberikan meliputi pendapatnya mengenai game ‘Plant the Future’, pendapat pengguna mengenai stage dinamis yang diterapkan, dan masukan untuk pengembangan aplikasi permainan lebih lanjut.

### Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian oleh pengguna, didapatkan beberapa informasi. Pengguna berpendapat bahwa dari segi penggunaan aplikasi permainan, ‘Plant the Future’ sudah cukup baik. Aplikasi permainan sudah cukup mudah untuk dimengerti dan sudah nyaman untuk digunakan. Gameplay permainan juga menarik dan permainan sudah dapat berjalan sebagaimana mestinya. Informasi stage yang berulang kali dicoba pemain ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Pengguna

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Pengguna | Stage yang dicoba | Jumlah Dimainkan | Jumlah Menang |
| 1 | 4-1 | 10 | 7 |
| 2 | 4-3 | 7 | 6 |
| 3 | 3-1 | 4 | 4 |

Selama bermain di stage yang sama, permainan berhasil menghasilkan stage yang berbeda setiap kali pengguna memainkannya. Adanya batas waktu membuat pemain lebih tertantang untuk menyelesaikan permainan. Pengguna juga berpendapat bahwa dengan stage dinamis yang menghasilkan susunan puzzle membuat permainan lebih tidak membosankan jika dimainkan berulang kali.

# 

# BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas mengenai kesimpulan yang dapat diambil dari hasil uji coba yang telah dilakukan sebagai jawaban dari rumusan masalah yang dikemukakan. Selain kesimpulan, juga terdapat saran yang ditujukan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.



## Kesimpulan

Dari proses penerapan algoritma Hunt-and-Kill untuk perancangan *puzzle* pada game Plant the Future dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. ‘Plant the Future’ berhasil dirancang dengan baik menerapkan pergerakan karakter permainan yang diadopsi dari permainan yang mirip dan menggunakan *gameplay* aturan permainan yang dirancang sendiri oleh penulis.
2. Aturan perancangan puzzle menggunakan algoritma Hunt-and-Kill diterapkan dengan memodifikasi algoritma yaitu menambahkan beberapa kondisi untuk menyesuaikan Hunt-and-Kill dan *gameplay* game ‘Plant the Future’.
3. Penerapan algoritma Hunt-and-Kill dalam perancangan puzzle dalam game diterapkan dalam *game engine*, dan permainan dapat berjalan sebagaimana mestinya dalam perangkat mobile.

## Saran

Saran yang diberikan terkait pengembangan pada Tugas Akhir ini berdasarkan perancangan, implementasi, dan uji coba adalah:

* + - 1. Menambah parameter tingkat kesulitan dalam penyusunan *puzzle* stage.
      2. Memperbanyak jumlah pengujian terhadap setiap stage.
      3. Untuk pengembangan lebih lanjut disarankan agar menggabungkan penggunaan algoritma Hunt-and-Kill dengan algoritma lain untuk menciptakan tingkat kesulitan dengan parameter yang lebih banyak dan terarah, bukan hanya dari sisi dimensi stage.
      4. Menambah fitur mode permainan dan power up.
      5. Petunjuk permainan lebih diperjelas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ijsselsteijn, Wijanand et al. (2008). Measuring the Experience of Digital Game Enjoyment. Proceedings of Measuring Behavior 2008, 6th International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research. Maastricht, Netherlands, August 26-29, 2008.
2. Dix, Alan et al. (2004). Human-Computer Interaction 3rd. England: Pearson Education Limited.
3. Unity. “CREATE GAMES, CONNECT WITH YOUR AUDIENCE, AND ACHIEVE SUCCESS”. Unity Technologies, 2017. [Online]. Available: http://unity3d.com/unity. [Diakses 2 September 2017].
4. Kemppainen, Jaakko. (2014). Designing a Knowledge Based Puzzle Game. Finlandia: Aalto University.
5. Buck, Jamis. (2015). *Maze* for Programmers. United States of America: The Pragmatic Programmers.

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Pekanbaru, 25 September 1996, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Dalam menjalani pendidikan semasa hidup, penulis menempuh pendidikan di TK An-Nur Pekanbaru, SDN 001 Sail Pekanbaru, SMPN 4 Pekanbaru, SMAN 8 Pekanbaru dan S1 Departemen Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada rumpun Interaksi Grafika dan Seni (IGS).

Selama menjadi mahasiswa, penulis ikut dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Komputer Informatika ITS, dalam departemen Ristek pada tahun kedua, dilanjutkan dengan tahun ketiga di departemen Teknologi sebagai staf ahli, staf ahli departemen Syiar KMI(Keluarga Muslim Informatika) dan staf Schematics 2016 di biro NPC. Penulis telah menghasilkan beberapa karya aplikasi permainan diantaranya: ‘Logic Bullet’,’Logic Bullet Extented’, ‘Get the Trash’, ‘EnCollect’ dan ‘Plant the Future’. Berkat kegemarannya di ranah game development, penulis berkesempatan mengikuti beberapa kompetisi bersama tim fragments. Penulis mengikuti beberapa kompetisi seperti ajang Gemastik 9 yang diselenggarakan di Universitas Indonesia berhasil menjadi finalis dengan membawakan game ‘Logic Bullet’, mendapatkan juara 1(satu) pada ajang Game Development MAGE 2017 dengan membawakan game ‘Logic Bullet Extended’, mendapatkan juara 1(satu) pada ajang Game Development FTIF Festival 2017 dengan membawakan game ‘Get the Trash’ dan mendapatkan medali emas kategori aplikasi permainan pada ajang Gemastik 10 di Universitas Indonesia dengan membawakan game ‘Plant the Future’.

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

LAMPIRAN A

1. public  class  MapGenerator :  MonoBehaviour  {
2. public  int  sumHope;
3. int  chunt = 1;
4. bool  future  =  true;
5. bool  PlayerWay  =  true;
6. int  row  =  5;
7. int  column  =  5;
8. int  rowPoint;
9. int  columnPoint;
10. int  count;
11. bool  character = true;
12. int  crow;
13. int  ccol;
14. int  *obstacle*  =  0;
15. int  test  =  20;
16. int[, ]  map;
17. int[, ]  pastMap;
18. int[, ]  futureMap;
19. int[, ]  dummyMap;
20. int[]  randomDirection;
21. *obstacle*s[]  obs;
22. int[]  histRow;
23. int[]  histCol;
24. int  hisDir  =  0;
25. int  frow;
26. int  fcolumn;
27. int  through;
28. int  nowTurn;
29. int  direction  =  0;
30. /\* atas = 1     \* kanan = 2     \* kiri = 3     \* bawah = 4     \*/
32. bool  isHunt  =  false;
33. bool  isKill  =  false;
34. bool  first  =  true;
36. struct  *obstacle*s     {
37. public  int  x;
38. public  int  y;
39. }
40. void  HistReset()     {
41. hisDir  =  0;
42. histRow[0]  =  -1;
43. histCol[0]  =  -1;
44. histRow[1]  =  -1;
45. histCol[1]  =  -1;
46. direction  =  0;
47. }
48. public  void  Generate(int  newRow,  int  newCol)     {
49. row  =  newRow;
50. column  =  newCol;
51. obs  =  new  *obstacle*s[65];
52. direction  =  0;
53. histRow  =  new  int[2];
54. histCol  =  new  int[2];
55. dummyMap  =  new  int[row,  column];
56. Debug.Log("Now Generating *Maze*!");
57. map  =  new  int[row,  column];
58. ResetMap();
59. Generate*Puzzle*();
60. SetFutureMap();
61. ResetPath();
62. future  =  false;
63. PlayerWay  =  true;
64. Debug.Log("END");
65. ClearHope();
66. SeedPlace();
67. }
68. void  SeedPlace()     {
69. int  tree  =   (*obstacle*  \*  75)  /  100;
70. int  seedy  =  0;
71. if (*obstacle* < 3)         {
72. for (int  i = 0; i < *obstacle*; i++)             {
73. futureMap[obs[i].x,  obs[i].y]  =  4;
74. map[obs[i].x,  obs[i].y]  =  4;
75. }
76. }
77. else  if (*obstacle* > 2)         {
78. while (tree > 0)             {
79. seedy  =  Random.Range(0,  *obstacle*  -  1);
80. randomDirection[available]  =  3;
81. available++;
82. }
83. }
84. else             {
85. if  (map[rowPoint  +  1,  columnPoint]  ==  0  ||  map[rowPoint  +  1,  columnPoint]  ==  3)                 {
86. randomDirection[available]  =  3;
87. available++;
88. }
89. }
90. }
91. if  (columnPoint  !=  0)         {
92. if  (CheckTurn(rowPoint,  columnPoint  -  1)  ==  1  &&  (map[rowPoint,  columnPoint  -  1]  ==  0  ||  map[rowPoint,  columnPoint  -  1]  ==  3))             {
93. if  ((direction  ==  3  ||  direction  ==  0)  &&  rowPoint  +  1 < row)                 {
94. if  (map[rowPoint  +  1,  columnPoint]  ==  0  ||  map[rowPoint  +  1,  columnPoint]  ==  2)                     {
95. randomDirection[available]  =  4;
96. available++;
97. }
98. else  if  (rowPoint  +  2  <  row  &&  (map[rowPoint  +  1,  columnPoint]  ==  0  ||  map[rowPoint  +  1,  columnPoint]  ==  2))                     {
99. if  (map[rowPoint  +  2,  columnPoint]  ==  1)                         {
100. randomDirection[available]  =  4;
101. available++;
102. }
103. }
104. }
105. else  if  ((direction  ==  1  ||  direction  ==  0)  &&  rowPoint - 1  >=  0)                 {
106. if  (map[rowPoint  -  1,  columnPoint]  ==  0  ||  map[rowPoint  -  1,  columnPoint]  ==  2)                     {
107. randomDirection[available]  =  4;
108. available++;
109. }
110. else  if  (rowPoint  -  2  >=  0  &&  (map[rowPoint  -  1,  columnPoint]  ==  0  ||  map[rowPoint  -  1,  columnPoint]  ==  2))                     {
111. if  (map[rowPoint  -  2,  columnPoint]  ==  1)                         {
112. randomDirection[available]  =  4;
113. available++;
114. }
115. }
116. }
117. else  if ((rowPoint == 0 || rowPoint == row - 1)  &&  (map[rowPoint,  columnPoint  -  1]  ==  0  ||  map[rowPoint,  columnPoint  -  1]  ==  3))                 {
118. randomDirection[available]  =  4;
119. available++;
120. }
121. }
122. else             {
123. if  (map[rowPoint,  columnPoint  -  1]  ==  0  ||  map[rowPoint,  columnPoint  -  1]  ==  3)                 {
124. randomDirection[available]  =  4;
125. available++;
126. }
127. }
128. }
129. count  =  available;
130. }
131. }

Kode Sumber A.1 Hunt-and-Kill

LAMPIRAN B



Gambar B.1 Stage 2



Gambar B.2 Stage 3-1