

**LEVEL KESULITAN ADAPTIF PADA *GAME* EDUKASI BENCANA
GUNUNG MELETUS MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK BACKPROPAGATION***

SKRIPSI

Oleh:
NURUL KHAFIDOH
NIM. 17650041



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**LEVEL KESULITAN ADAPTIF PADA GAME EDUKASI BENCANA
GUNUNG MELETUS MENGGUNAKAN METODE ARTIFICAL
NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION**

SKRIPSI

Oleh:
NURUL KHAFIDOH
NIM. 17650041

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh Gelar Sarjana
Komputer (S.Kom)

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

**LEVEL KESULITAN ADAPTIF PADA *GAME* EDUKASI BENCANA
GUNUNG MELETUS MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK BACKPROPAGATION***

SKRIPSI

Oleh :
NURUL KHAFIDOH
NIM. 17650041

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : 13 Desember 2022

Dosen Pembimbing I


Dr. Fesy Nugroho, M.T
NIP. 19710722 201101 1 001

Dosen Pembimbing II


Hani Nurhayati, M.T
NIP. 19780625 200801 2 006

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

LEVEL KESULITAN ADAPTIF PADA *GAME* EDUKASI BENCANA
GUNUNG MELETUS MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL NEURAL
NETWORK BACKPROPAGATION*

SKRIPSI

Oleh:
NURUL KHAFIDOH
NIM. 17650041

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Tanggal: 13 Desember 2022

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

Anggota Penguji I : Juniardi Nur Fadila, M.T
NIP. 19920605 201903 1 015

Anggota Penguji II : Dr. Fresy Nugroho, M.T
NIP. 19710722 201101 1 001

Anggota Penguji III : Hani Nurhayati, M.T
NIP. 19780625 200801 2 006



Mengetahui,
Ketua Proram Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Khafidoh

NIM : 17650041

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Level Kesulitan Adaptif Pada *Game* Edukasi Bencana Gunung Meletus Menggunakan Metode *Artifical Neural Network Backpropagation*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 13 Desember 2022
Yang membuat pernyataan,



Nurul Khafidoh
NIM. 17650041

HALAMAN MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Sesungguhnya dibalik kesulitan ada kemudahan”

Q.S : Al-Insyiroh : 5

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis persembahkan skripsi ini kepada keluarga penulis, teruntuk kedua orang tua penulis, Bapak Daiman dan Ibu Sofiyah yang selalu memberikan segala bentuk dukungan dan motivasi agar penulis mampu menyelesaikan skripsi. Kepada saudara dan saudari penulis yang selalu memberikan dukungan untuk selalu semangat dalam menyelesaikan skripsi. Semoga mereka selalu dalam Rahman Rahimnya Allah dimanapun, kapanpun, dan bagaimanapun.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji bagi Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam tak lupa dihanturkan kepada baginda tercinta Rasulullah *shalallahu 'alaihi wa sallam* sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan waktu yang tepat. Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang pernah terlibat langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan skripsi ini. Ucapan terimakasih penulis disampaikan kepada semua pihak dalam menyelesaikan skripsi ini, bukan hanya karena usaha keras dari penulis sendiri, akan tetapi karena adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis berterima kasih kepada:

1. Bapa Daiman dan mama Sofiyah selaku orang tua yang selalu tak henti-hentinya memberikan dukungan serta do'a sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Mas Imam, Mila, Mba Dian, dan Shanum selaku saudara penulis yang selalu memberikan dukungan positif dalam menyelesaikan skripsi.
3. Prof. Dr. M. Zainuddin, M.A., selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Sri Hariani, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. Fachrul Kurniawan M.MT., IPM selaku Ketua Prodi Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Dr. Fresy Nugroho, M.T., selaku dosen pembimbing I yang selalu sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi.
7. Hani Nurhayati, M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dalam menyelesaikan skripsi.
8. Bu Nia selaku admin Teknik Informatika yang selalu mendukung dan membantu penullis dalam menyelesaikan skripsi dan urusan administrasi jurusan.

9. Segenap civitas akademik Program Studi Teknik Informatika, dan seluruh dosen yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
10. Seta, Laili, mas Fahrul dan mas Kevin selaku teman satu bimbingan yang selalu mendukung dan membantu penulis ketika ada kesulitan dalam pengerjaan skripsi.
11. Teman-teman MHB Darul Hikmah yang selalu memberikan motivasi dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi, khususnya Mega dan dek Evi yang telah berjasa dalam meminjamkan laptop selama masa skripsi.
12. Teman-teman Teknik Informatika Angkatan 2017 (Unocore) yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi khususnya Nabila, Yustin, Winda, Laila, dan Alfi.
13. Penulis sendiri yang tetap bertahan ditengah kesulitan dan selalu bangkit setelah terjatuh dalam melaksanakan perkuliahan sampai menyelesaikan skripsi.
14. Serta semua pihak yang secara tidak langsung memotifasi, mendukung, dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis sangat menyadari dalam pengerjaan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis terbuka kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk semua orang.

Wassaamu'alaikum Warahmatulahi Wabarakatuh

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT	xvi
نبذة مختصرة.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II STUDI PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Terkait	8
2.2 Landasan Teori.....	10
2.3 Mitigasi Bencana.....	10
2.4 <i>Game</i> edukasi	11
2.5 <i>Aritifical Neural Network</i> (Jaringan Saraf Tiruan)	12
2.6 Asap Kabut.....	24
2.7 Ranah Kognitif	25
2.8 Ranah Afektif	26
2.9 Ranah Psikomotorik	30
BAB III ANALISIS DAN RANCANGAN SISTEM	34
3.1 Analisis dan Perancangan	35

3.2 Desain Sistem <i>Game</i>	35
3.3 Keterangan Umum <i>Game</i>	36
3.3.1 Desain Tampilan Menu	37
3.3.2 Gameplay	37
3.4 Desain sistem <i>Level</i> kesulitan adaptif denan menggunakan <i>Artifical Neural Network Backpropagation</i>	38
3.5 <i>Level</i> Kesulitan Adaptif.....	40
3.5.1 Perancangan <i>Level</i> Kesulitan Adaptif	40
3.6 Perancangan <i>Artifical Neural Network Backpropagation</i>	41
3.6.1 Normalisasi Data	42
3.7 Skenario Pengujian.....	48
BAB IV PEMBAHASAN.....	51
4.1 Implementasi Perangkat	51
4.1.1 Software.....	51
4.1.2 Hardware	51
4.2 Implementasi <i>User Interface</i>	51
4.2.1 Tampilan awal <i>Game</i>	52
4.2.2 Tampilan Kuis	52
4.2.3 Perubahan Kabut	53
4.3 Implementasi <i>Artificial Neural Network Backpropagation</i>	55
4.4 Pengujian <i>Level</i> dengan <i>Neural Network</i>	60
4.4.1 Data	60
4.4.2 Hasil Pengujian.....	63
4.4.3 Skenario Uji Arsitektur 7-4-3-4	63
4.4.4 Sebaran Bobot dan Bias	64
4.5 Integrasi Islam.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Neuron Sederhana <i>Artificial Neural Network</i>	14
Gambar 2.2 <i>Neuron</i> Sederhana Dengan Bias	15
Gambar 2.3 <i>Single Layer Neural Network</i>	16
Gambar 2.4 <i>Multi Layer Neural Network</i>	17
Gambar 2.5 Fungsi Aktivasi Identitas (Kusumadewi, 2010)	17
Gambar 2.6 Fungsi Aktivasi ReLu (Wibawa, 2016)	18
Gambar 2.7 Fungsi Aktivasi Tanh (Wibawa, 2016)	19
Gambar 2.8 Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner (Zainuddin, 2017)	20
Gambar 2.9 Fungsi aktivasi sigmoid bipolar (Zainuddin, 2017)	20
Gambar 2.10 Arsitektur Backpropagation 1 <i>Hidden Layer</i>	23
Gambar 2.11 Arsitektur Backpropagation Dengan 1 Input Dan 2 Input	24
Gambar 3.1 Blok Diagram Prosedur Penelitian	34
Gambar 3.2 Blok Diagram Desain Sistem Game	36
Gambar 3. 3 Desain Sistem Game Level Kesulitan Adaptif Menggunakan ANN Backpropagation	39
Gambar 4.1 Tampilan Awal	52
Gambar 4.2 Tampilan Kuis	52
Gambar 4.3 Tampilan Fitur Perubahan Kabut Pada Level 2	53
Gambar 4. 4 Tampilan Fitur Perubahan Kabut Pada Level 4	54
Gambar 4. 5 Tampilan Fitur Perubahan Kabut Pada Level 6	54
Gambar 4. 6 Arsitektur Jaringan 7 - 4 - 5 - 4	56
Gambar 4.7 Arsitektur Jaringan 7 - 4 - 5 - 4	57
Gambar 4.8 Arsitektur Jaringan 7 - 8 - 6 - 4	59
Gambar 4.9 Arsitektur 7 - 10 - 4	60
Gambar 4.10 <i>Confusion Matrix</i> 90:10	63
Gambar 4.11 <i>Confusion Matrix</i> 80:20	64
Gambar 4. 12 <i>Confusion Matrix</i> 70:30	65
Gambar 4.13 <i>Confusion Matrix</i> 60:40	67
Gambar 4.14 <i>Confusion Matrix</i> 50:50	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Analogi Jaringan Saraf dan Artificial Neural Network.....	13
Tabel 2.2 Aspek Kognitif.....	25
Tabel 2.3 Aspek Afektif.....	27
Tabel 2.4 Aspek Psikomotorik.....	31
Tabel 3.1 Perancangan Level Kesulitan Adaptif.....	40
Tabel 3.2 <i>Input</i>	41
Tabel 3.3 <i>Output</i>	42
Tabel 3. 4 Normalisasi	43
Tabel 3.5 Input Ke Hidden Layer 1	45
Tabel 3.6 Hidden Layer 1 Menuju Hidden Layer 2.....	45
Tabel 3.7 Hidden Layer 2 Menuju Output.....	46
Tabel 4.1 Arsitektur jaringan 7 – 4 – 3 - 4.....	55
Tabel 4.2 Arsitektur Jaringan 7 – 4 - 5- 4.....	57
Tabel 4.3 Arsitektur Jaringan 7 - 8 - 6 – 4.....	58
Tabel 4.4 Arsitektur Jaringan 7 – 10 - 4.....	59
Tabel 4.5 Training Data	60
Tabel 4.6 Nilai Precision, Recall, F1-Score	63
Tabel 4.7 Rata-rata <i>Precision, Recall, F1-Score</i>	64
Tabel 4.8 Nilai Precision, Recall, F1-Score	64
Tabel 4.9 Rata-rata Precision, Recall, F1-Score.....	65
Tabel 4.10 Nilai Precision, Recall, F1-Score	66
Tabel 4.11 Rata-Rata Precision, Recall, F1-Score	66
Tabel 4.12 Nilai Precision, Recall, F1-Score	67
Tabel 4.13 Rata-rata Precision, Recall, F1-Score.....	67
Tabel 4.14 Nilai Precision, Recall, F1-Score	68
Tabel 4.15 Rata-rata Precision, Recall, F1-Score.....	69
Tabel 4.16 Skenario Uji	69
Tabel 4.17 Sebaran Bobot.....	70
Tabel 4.18 Nilai Bobot Hidden Layer 1 → Hidden Layer 2.....	70
Tabel 4.19 Nilai Bobot Hidden Layer 2 → Output.....	71

ABSTRAK

Khafidoh, Nurul. 2022. **LEVEL KESULITAN ADAPTIF PADA GAME BENCANA GUNUNG MEETUS MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION** . Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Dr. Fresy Nugroho, M.T (II) Hani Nurhayati, M.T

Kata Kunci: *Game, Artificial Neural Network Backpropagation, Level Kesulitan Adaptif*

Perkembangan dunia *game* saat ini sangatlah pesat dari masa ke masa, mulai dari *game* yang paling sederhana sampai yang paling rumit dalam genre apapun. Selain itu *game* telah digunakan dalam banyak bidang, salah satu yang paling sering digunakan adalah dalam bidang pendidikan atau biasa disebut dengan *game* edukasi. Metode *artificial neural network backpropagation* pada *game* edukasi bencana alam gunung meletus akan digunakan sebagai pengaturan *level* kesulitan adaptif guna memberikan hasil yang baik. Pada metode *artificial neural network* terdapat masukan (*input*), layar tersembunyi (*hidden layer*), dan keluaran (*output*). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh penulis menggunakan metode *Artificial Neural Network Backpropagation* diperoleh hasil arsitektur jaringan paling optimal adalah arsitektur jaringan 7-4-3-4 nilai akurasi 1, dan nilai loss 0,2341120 dengan 5 pengujian skenario yaitu 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50, dan skenario uji yang optimal adalah 70 : 30.

ABSTRACT

Khafidoh, Nurul. 2022. **ADAPTIVE DIFFICULTY LEVELS IN THE**

MOUNTAIN DISASTER GAME MEETUS USING THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION METHOD. Thesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisor : (I) Dr. Fresy Nugroho, M.T (II) Hani Nurhayati, M.T

Keywords: Game, Artificial Neural Network Backpropagation, Adaptive Difficulty Level.

The development of the game world is currently very rapid from time to time, ranging from the simplest to the most complex games in any genre. In addition, games have been used in various fields, one of the most frequently used is in the field of education or commonly known as educational games. The backpropagation method of artificial neural networks in volcanic eruption natural disaster education games will be used as an adaptive difficulty level setting to give good results. In the artificial neural network method there are inputs, hidden screens, and outputs. Based on the tests that have been carried out by the author using the Artificial Neural Network Backpropagation method, the most optimal network architecture results are 7-4-3-4 network architecture with an accuracy value of 1, and a loss value of 0.2341120 with 5 test scenarios namely 90:10, 80 :20, 70:30, 60:40, 50:50, and the optimal test scenario is 70:30.

نبذة مختصرة

مستويات الصعوبة التكيفية في ٢.٢٢ . حافظة نزل
لقاء لعبة الكوارث الجبلية باستخدام أسلوب الارتداد للشبكة العصبية الاصطناعية
ك الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج , قسم هندسة المعلوماتية. أطروحة.
م.ت, هاني نر هاياتي (١١) م.ت, فريسي نغراها (١) : . مستشار, لية العلوم والتكنولوجيا

الكلمات الدالة: ألعاب, عودة انتشار الشبكة العصبية الاصطناعية, مستوى صعوبة التكيف.

إن تطور عالم اللعبة حاليًا سريع جدًا من وقت لآخر ، بدءًا من أبسط الألعاب إلى أكثرها تعقيدًا في أي نوع. بالإضافة إلى ذلك ، تم استخدام الألعاب في مجالات مختلفة ، ومن أكثرها استخدامًا في مجال التعليم أو المعروف باسم الألعاب التعليمية. سيتم استخدام طريقة الانتشار العكسي للشبكات العصبية الاصطناعية في ألعاب تعليم الكوارث الطبيعية للثوران البركاني كأعداد لمستوى الصعوبة التكيفي لإعطاء نتائج جيدة. في طريقة الشبكة العصبية الاصطناعية هناك مدخلات وشاشات مخفية ومخرجات. بناءً على الاختبارات التي أجراها المؤلف باستخدام طريقة الاصطناعية للشبكة العصبية الاصطناعية ، فإن أفضل نتائج هندسة الشبكة هي ٤-٣-٤-٧ بنية شبكة بقيمة دقة ١ ، وقيمة خسارة ٠.٢٣٤١١٢٠ مع 5 سيناريوهات اختبار وهي ٩٠:١٠ ، و ٨٠:٢٠ ، و ٧٠:٣٠ ، و ٦٠:٤٠ ، و ٥٠:٥٠ ، وسيناريو الاختبار الأمثل هو ٧٠:٣٠

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia *game* saat ini sangatlah pesat dari masa ke masa, mulai dari *game* yang paling sederhana sampai yang paling rumit dalam genre apapun. Selain itu *game* telah digunakan dalam banyak bidang, salah satu yang paling sering digunakan adalah dalam bidang pendidikan atau biasa disebut dengan *game* edukasi. *Game* edukasi yang telah dibuat oleh pengembang di Indonesia salah satunya adalah *game* edukasi bencana gunung meletus. *Game* ini dibuat dengan tujuan sarana pendidikan mitigasi bencana alam gunung meletus. Banyaknya gunung-gunung di Indonesia yang menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara yang sering terjadi bencana alam gunung meletus tersebut, selain karena banyaknya gunung, Indonesia terletak di antara 3 lempeng, yaitu lempeng pasifik, lempeng indo-australia, dan lempeng eurasia. Seperti yang difirmankan Allah dalam al-Qur'an Surat Al-Mursalat ayat 27:

وَجَعَلْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ شِجَاتٍ وَأَسْقَيْنُكُمْ مَاءً فُرَاتًا

“Dan kami jadikan padanya gunung-gunung yang tinggi, dan kami beri minum kamu dengan air tawar?”

Tafsir Al-Qur'an menurut Syaikh Muhammad bin Shalih asy-Syawi menjelaskan Allah berhujjah dengan kejadian yang akan terjadi di hari kebangkitan dengan bukti-bukti lain, Allah berkata: Bukanlah kami yang menjadikan bumi ini, yang kalian hidup di atasnya, sebagaimana seorang ibu yang mengandung anak di perutnya. Kalian dibiarkan hidup berkumpul di atas tanahnya dan mati di dalam kubur (tanahnya).

Terdapat 2 jenis gunung di Indonesia, yaitu gunung berapi (aktif) dan gunung yang sudah mati (tidak aktif). Gunung berapi terbentuk akibat aktivitas vulkanisme, yaitu proses naiknya material magma (awan panas, batu pijar, hujan abu, lava, gas beracun, lahar) dari dalam bumi menuju permukaan, baik dikeluarkan secara eklosif maupun efusif (Makrifah & Sudarmilah, 2019). Sebagian besar gunung di Indonesia adalah gunung yang masih aktif, jadi tidak menutup kemungkinan jika terjadi bencana alam gunung meletus, lingkungan sekitar akan terkena dampak (Bramasta & Irawan, 2020). Oleh karena itu pengetahuan mitigasi bencana alam sangatlah penting, selain meningkatkan kesiapan, mitigasi bencana alam juga memberikan pengetahuan mengenai langkah langkah ketika menghadapi bencana alam seperti gunung meletus (Bramasta & Irawan, 2020). Mitigasi bencana yaitu langkah langkah yang harus dilakukan untuk mengurangi bahaya sebelum bahaya itu terjadi (Haryanto & Lakoro, 2012). Seperti yang dilakukan oleh pusat vulkanologi dan mitigasi bencana geologi (PVMBG) Indonesia dan instansi terkait yang telah memberikan banyak informasi mengenai bencana alam gunung meletus yang ada di Indonesia. Salah satu sarana dalam memberikan pengetahuan mitigasi bencana alam yaitu dengan menggunakan sarana *game* atau biasa disebut dengan *game* edukasi. *Game* edukasi merupakan pembelajaran untuk pemain atau para siswa sekolah agar tidak jenuh dalam belajar sehingga pembelajaran lebih menarik dan menyenangkan, namun faktanya masih terdapat *game* edukasi yang membuat pemain masih tetap jenuh dalam memainkan *game* edukasi.

Adanya kejenuhan dalam memainkan *game* dikarenakan tingkatan *game* yang biasa saja, setiap pemain mempunyai tingkat kebosanan yang berbeda beda, sehingga perlu adanya aturan tingkatan kesulitan. Salah satu faktor internal *game*

yang menentukan kualitas *game* adalah *level* kesulitan (Sobociński, 2019). Pengaturan *level* kesulitan pada *game* telah berkembang, salah satunya dengan *level* kesulitan adaptif, *level* kesulitan adaptif merupakan penyesuaian tingkat kemampuan pada pemain.

Pada penelitian yang berjudul “*The Effect of Adaptive Difficulty Adjustment on the Effectiveness of a Game to Develop Executive Function Skills for Learners of Different Ages*” bahwa sistem adaptif digunakan untuk memenuhi perbedaan setiap pemain. Adaptif disini didefinisikan sebagai kemampuan *intervensi* untuk menjadikan setiap pemain dengan jenis pengalaman, dan membutuhkan waktu tertentu agar berhasil mencapai yang diinginkan. Keadaan emosional seperti frustrasi, kejenuhan, kepercayaan diri, dan perbedaan dalam faktor demografis dan sosiokultur. Cara mengatasi faktor faktor tersebut, sistem adaptif dapat mengoptimalkan parameter permainan pada tingkat kognitif, afektif, sosial budaya atau motivasi, penelitian ini juga penggunaan adaptif sebagai penyesuaian tingkat kesulitan pelatihan tugas untuk memfasilitasi keterlibatan kognitif yang optimal dan untuk menghindari emosi seperti frustrasi, dibuat dengan cara memanipulasi kesulitan *game* secara *real-time* berdasarkan *gameplay* pemain (Plass et al., 2019).

Game adaptif merupakan penyesuaian tingkat kemampuan pemain, pemain akan lebih menikmati jika *game* yang dimainkan mengatur tingkat kesulitan yang sesuai. Jika tantangannya terlalu sulit, maka pemain akan merasa kesulitan dan dapat menjadikan pemain tidak akan memainkan *game* kembali. Disisi lain jika *game* terlalu mudah, pemain akan mengalami kejenuhan. Dalam Penelitian sebelumnya yang berjudul “*Adaptive Game Mechanical for Learning Purposes:*

making serious games playable and fun” Terdapat empat mekanisme permainan adaptif utama: DDA, aliran adaptif, skema bermain *game*, menggunakan frustrasi (Tremblay et al., 2006). Seperti pada “*game Number to Number Combat*” yang dibuat agar pemain terbiasa dengan tantangan. *Level* kesulitan adaptif juga dapat diimplementasikan pada *game* berbasis edukasi.

Game edukasi merupakan *game* yang dirancang khusus sebagai media pembelajaran. *User* akan mendapatkan pengajaran dari suatu pembelajaran untuk pengembangan konsep dan pemahamannya. Menurut Edward dampak dari *game* edukasi sangatlah positif, antara lain membantu banyak orang dalam mengajarkan suatu pengetahuan, dan keterampilan lain dibidang lainnya (Makrifah & Sudarmilah, 2019). *Game* edukasi telah diterapkan diberbagai bidang manapun, salah satunya dalam edukasi bencana alam.

Game edukasi bencana alam bertujuan untuk meningkatkan kesadaran (*awareness*) terhadap bencana alam, baik secara emosional, kognitif, maupun perilaku, seperti contoh dalam penelitian sebelumnya yang berjudul “*Desain Serious Game Sosialisasi Bencana*” yang telah membuat *serious game* untuk meningkatkan *awareness* pada lingkungan sosial, meningkatkan *awareness* untuk mengenal kultur dan etika jepang, dan meningkatkan *awareness* tentang penyakit azheimer (Mochamad, 2019).

Selain karena tujuan metode *artificial neural network backpropagation*, yaitu untuk memodifikasi bobot pada semua ketertarikan dalam jaringan berlapis, kelebihan yang dimiliki metode *artificial neural network backpropagation* telah dibuktikan pada penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki akurasi yang

baik sehingga penulis memilih metode ini untuk mengimplementasikan pada game bencana alam gunung meletus.

Metode *artificial neural network backpropagation* pada *game* edukasi bencana alam gunung meletus akan digunakan sebagai pengaturan *level* kesulitan adaptif guna memberikan hasil yang baik. Pada metode *artificial neural network* terdapat masukan (*input*), layar tersembunyi (*hidden layer*), dan keluaran (*output*). Terdapat elemen-elemen pemrosesan (neuron) pada setiap lapisannya, *output* model dalam meminimalkan tingkat kesalahan (*error*) dapat dipengaruhi oleh jumlah unit pada *hidden layer* (Kurniawan, 2017).

Kelebihan dari *artificial neural network backpropagation* yaitu fleksibel dalam perubahan peraturan perkiraan dan mampu memformulasikan pengalaman (mataram, dalam widodo dkk 2017). *Artificial neural network* juga mempunyai toleransi tinggi pada data yang terdapat *noise* dan mampu menangkap hubungan yang sangat kompleks antara variabel prediktor (*input*) dengan *output* (Apriyani, 2018).

Penelitian sebelumnya *artificial neural network* diterapkan pada curah hujan limpasan, dengan data curah hujan sebagai *input* dan data debit sebagai *variable output*, dari hasil yang didapat koefisien korelasi tertinggi sebesar 0,813 atau 81,3%. Pada penelitian lain (Dulasrip, 2015) membahas tentang data status gizi balita dengan metode *backpropagation*, model arsitektur jaringan yang diterapkan adalah 2 *input*, 10 *hidden node* pada 1 *hidden layer*, dan 4 *output*, dengan hasil yang didapat adalah nilai *mean square error* yang telah minimum yang artinya nilai yang didapatkan telah maksimal dalam mendeteksi status gizi balita (Dulasrip, 2015).

1.2 Identifikasi Masalah

Seberapa besar tingkat akurasi, *recall*, dan *f-measure* metode *Artificial Neural Network Backpropagation* untuk mengatur *level* kesulitan adaptif?

1.3 Tujuan Penelitian

Menganalisa tingkat akurasi, *recall*, dan *f-measure* metode *Artificial Neural Network Backpropagation* untuk mengatur *level* kesulitan adaptif.

1.4 Manfaat Penelitian

Menjadikan *game* edukasi mitigasi bencana gunung meletus sebagai sarana pembelajaran yang menyenangkan dan tidak membosankan.

1.5 Batasan Penelitian

Berdasarkan identifikasi diatas, berikut batasan penelitian:

1. Keluaran dari pengolahan *Artificial Neural Network Backpropagation* yaitu pengaturan *level* kesulitan.
2. *Game* edukasi bencana gunung meletus di fokuskan untuk siswa kelas 4 sekolah dasar, berdasarkan rujukan konten edukasi yang di adopsi dari penelitian sebelumnya.
3. *Game* ini bertema *game* edukasi dengan genre *adventure*
4. *Game* ini memiliki 7 *input* yaitu:
 1. Skor
 2. Waktu
 3. Darah pemain
 4. Tipe musuh

5. Tipe barang
6. Nilai barang
7. Jumlah musuh
5. Memiliki 4 *output*, yaitu:
 1. *Level* Kabut
 2. Pertanyaan kognitif
 3. Pertanyaan afektif
 4. Pertanyaan psikomotorik

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait dari berbagai sumber akan dikembangkan sebagai referensi dalam penelitian ini, guna mendapatkan informasi. Berikut penelitian terkait:

Penelitian yang dilakukan oleh Yudhi Andrian dan Erlinda Ningsih dengan tema memprediksi curah hujan di Kota Medan menggunakan metode *backpropagation Neural Network* yang bertujuan agar prediksi lebih akurat. Pengujian menggunakan data sekunder curah hujan bulanan Kota Medan pada tahun 1997 – 2012 yang bersumber dari BMKG.

Penelitian yang lain dilakukan oleh mohammad halim, Muhammad aminul akbar dan tri afrianto membahas tentang neural network atau jaringan saraf tiruan yang diterapkan untuk bantuan pengereman pemain pada *game* balapan. *System* bantuan pengereman diimplementasikan dalam *framework racing game starter kit*, sebuah paket asset dari *unity asset store*. Data balapan pemain ahli direkam, lalu sebuah algoritma dilatih mempelajari data tersebut. Semua kebutuhan fungsional JST telah divalidasi menggunakan pengujian *blackbox*, pengujian f1 skor 0,78 dan pengujian penerimaan pengguna menunjukkan penurunan jumlah tabrakan, tapi waktu penyelasain lintasan bertambah.

Penelitian yang berjudul Implementasi *Neural Network backpropagation* pada *leveling game* tebak hukum tajwid juz amma oleh penulis Muhammad ashof sanbalawen. Hasil penelitian ini adalah memudahkan dalam pembelajaran ilmu tajwid juz 'amma dengan menggunakan sarana *game* yang berbentuk kuis. Metode *Neural Network Backpropagation* diterapkan pada *leveling* dalam *game*

tersebut. *Level* ditentukan oleh sisa waktu dan jumlah skor setelah melakukan permainan pada tiap *level*.

Pada penelitian yang ditulis oleh Steve Nebel dan kawan kawannya, yang berjudul “*Competitive Agents and Adaptive Difficulty Within Educational Video Games*”. Penelitian ini membahas mengenai edukasi pada *game* video dengan menggunakan agen kompetitif dan kesulitan adaptif. Pada metode penyesuaian adaptif dimanfaatkan untuk potensi sistem buatan efek yang dihasilkan adalah perbedaan pemain dapat diamati.

Pada penelitian yang berjudul “Implementasi algoritma genetika pada struktur *Backpropagation Neural Network* untuk klasifikasi kanker payudara” pada penelitian sebelumnya mengkombinasikan metode *Neural Network* dengan *Association Rule* (AR), Namun diketahui metode ini belum optimal, oleh karena itu digunakanlah kombinasi *Neural Network* sebagai *Artificial Intelligence* dengan algoritma genetika sebagai pengoptimalan parameter *Neural Network*. Perbandingan juga sebagai salah satu tujuan dalam penelitian ini, yang mana metode kombinasi *Neural Network* dan algoritma genetika dibandingkan dengan *Naive Bayes*. Hasil uji coba yang dilakukan adalah menggunakan metode *10 fold cross validation* dengan hasil bahwa metode *Neural Network* dengan optimasi menggunakan algoritma genetika adalah akurasi yang cukup tinggi yaitu 97,00%, dan hasil tersebut menunjukkan lebih tinggi dibandingkan *Naive Bayes* yaitu 96,24%, dan lebih baik juga dibandingkan dengan metode *Neural Network* dengan *Association Rules* yang menghasilkan 95,6%.

2.2 Landasan Teori

Landasan Teori membahas teori yang berkaitan dengan penelitian ini, diantaranya level kesulitan adaptif, mitigasi bencana gunung meletus, *Artificial Neural Network Backpropagation*.

2.3 Mitigasi Bencana

Pengertian bencana merupakan sebuah peristiwa yang mengganggu dan mengancam kehidupan dan penghidupan manusia yang dikarenakan oleh faktor alam maupun non alam begitu juga faktor manusia itu sendiri yang mengakibatkan korban jiwa, rusaknya lingkungan, kerugian harta benda, dan bencana sosial (Muhammad et al., 2018).

Mitigasi bencana adalah tindakan-tindakan untuk mengurangi pengaruh pengaruh dari satu bahaya sebelum bahaya itu terjadi. Istilah mitigasi ini berlaku luas dari aktivitas-aktivitas dan tindakan-tindakan perlindungan, seperti persiapan bangunan, persiapan alat-alat medis, persiapan kebutuhan yang diperlukan saat bencana terjadi dan juga termasuk teknik perlindungan yang dilakukan sebagai persiapan jika terjadi bencana (Haryanto & Lakoro, 2012).

Kata *game* berasal dari bahasa Inggris yang artinya adalah permainan, dalam artian “kelincahan intelektual”. Arti lain sebagai keputusan dan aksi pemainnya, terdapat target untuk mencapainya. Ukuran ketertarikan untuk dimainkan secara maksimal dalam memainkan *game*, dapat dilihat dari seberapa kelincahan intelektual pada tingkat tertentu. Terdapat kamus yang mengartikan bahwa *game* secara umum adalah bentuk universal dari sebuah hiburan yang melakukan sebuah aktivitas menarik. Terdapat 3 komponen pada sebuah *game*

yaitu partisipasi pemain, aturan yang mendefinisikan batasan *game*, tujuan yang berakibat konflik dan persaingan antar pemain (Asmiatun dan Fitri, 2017).

Tujuan *game* adalah untuk menghibur, oleh karena itu pecinta *game* tidak memandang usia, dari mulai kalangan anak-anak sampai orang dewasa. *Game* juga penting dalam pembelajaran otak manusia, yang dimanfaatkan sebagai meningkatkan konsentrasi, memecahkan masalah dengan tepat dan cepat, disamping manfaat yang didapat dari sebuah *game* terdapat kerugian jika terus menerus memainkannya, *game* dapat menjadikan seseorang kecanduan sehingga lupa waktu dan mengganggu aktifitas – aktifitas yang harus dilakukan.

2.1.1 *Game* edukasi

Game edukasi adalah pembelajaran menggunakan *game* (permainan), dimana *game* akan mengajarkan kepada pengguna tentang suatu pembelajaran tertentu, konsep dan pemahaman. Menurut Edward, dampak positif yang ditimbulkan oleh *game* edukasi sangat beragam diantaranya media pembelajaran untuk mengajarkan kepada orang lain, membangun keterampilan dibanyak bidang seperti bidang edukasi, bisnis, militer maupun bidang lainnya (Makrifah & Sudarmilah, 2019).

Game edukasi merupakan *game* yang dirancang khusus sebagai media pembelajaran. *User* akan mendapatkan pengajaran dari suatu pembelajaran untuk pengembangan konsep dan pemahamannya. Menurut Edward dampak dari *game* edukasi sangatlah positif, antara lain membantu banyak orang dalam mengajarkan suatu pengetahuan, dan keterampilan lain dibidang lainnya. (Makrifah & Sudarmilah, 2019).

Pembelajaran menggunakan sarana *game* akan memberikan stimulus untuk bagian penting yaitu emosi, kecerdasan, dan psikomotorik. Terdapat alasan alasan mengapa generasi sekarang sangat cocok dengan adanya media pembelajaran dengan *game* ini, berikut alasannya:

1. Menyenangkan dan menambah motivasi menjadikan semangat belajar siswa
2. Kerja sama tim dan kompetisi juga dapat dijadikan sebagai motivasi belajar
3. Umpan balik cepat dan spesifik menjadikan siswa mudah dalam berfikir cara lain untuk menyelesaikan tugas. Namun pembelajaran konvensional juga harus diseimbangkan dengan pembelajaran berbasis *game* tersebut, meskipun pembelajaran *game* (Haryanto & Lakoro, 2012).

2.2.3 Artificial Neural Network (Jaringan Saraf Tiruan)

Artificial Neural Network atau jaringan syaraf tiruan merupakan suatu model *machine learning* yang memodelkan fungsi dan cara kerja seperti jaringan saraf biologis pada otak manusia. Cara kerja pada jaringan saraf otak manusia adalah dengan memulai masuknya informasi, selanjutnya diproses oleh neuron dan kemudian keluarlah hasil dari proses tersebut. Dasar dari neuron adalah untuk bereaksi terhadap pola yang dipelajari sebelumnya. *Artificial Neural Network* umumnya merupakan rantai simpul yang terkait satu sama lain melalui tautan tempat mereka mulai berinteraksi (Nandy & Biswas, 2018). Berikut analogi jaringan saraf manusia dan *Artificial Neural Network* pada table 2.1 (Wibawa, 2016).

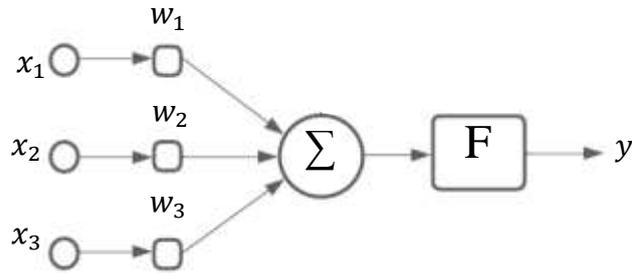
Tabel 2.1 Analogi Jaringan Saraf dan Artificial Neural Network

Jaringan Saraf Biologis	<i>Artificial Neural Network</i>
Soma	<i>Neuron</i>
Dendrit	<i>Input</i>
Akson	<i>Output</i>
Simposisi	Bobot

Seperti halnya otak manusia, *artificial neural network* juga memiliki neuron-neuron yang terhubung satu sama lain. Neuron-neuron akan mengirim informasi kepada neuron neuron lain melalui sambungan yang terhubung, dalam *artificial neural network* yang disebut dengan bobot, didalam bobot terdapat suatu nilai yang berisi informasi tertentu (Wibawa, 2016). Setelah pemrosesan masukan dilakukan, kemudian nilai-nilai bobot datang dan akan diproses oleh fungsi perambatan untuk dijumlahkan, kemudian akan dibandingkan antara hasil penjumlahan dan suatu nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Neuron akan diaktifkan ketika msukkan melewati nilai ambang. Setelah itu neuron akan diaktifkan untuk mengirim keluaran melalui bobot-bobot keluaran ke semua neuron yang berhubungan (Zainuddin, 2017).

Terdapat lapisan neuron yang terbentuk dari neuron-neuron yang dikumpulkan dalam lapisan-lapisan pada jaringan syaraf. Lapisan yang terhubung dengan lapisan sebelum dan sesudahnya adalah lapisan neuron. Informasi akan dikirimkan melalui jaringan syaraf, berjalan dari lapisan satu ke lapisan lain, yang dimulai dari masukkan sampai keluaran melalui lapisan tersembunyi.

Berikut gambar *Artificial Neural Network* (ANN) sederhana :



Gambar 2.1 Struktur Neuron Sederhana *Artificial Neural Network*

Pada gambar 2.1 tersebut, *input* (x_1, x_2, x_3) yang setiap *input* memiliki bobot mempunyai rumus:

$$y_{in} \sum_i^n = 1X_i W_i \quad (2.1)$$

Kemudian F fungsi aktivasi akan mengaktifkan untuk menjadi keluaran, sebanyak m buah maka pada neuron data akan diolah menjadi:

$$y_{in_j} = \sum_i^n = 1X_i W_{ij} ; j = 1, \dots, m \quad (2.2)$$

W_{ij} merupakan bobot penghubung antara inputan ke- i menuju neuron ke- j . *Artificial neural network* tidak selalu dapat mengakomodasi informasi pada data-data *input* maupun bobot bobotnya, oleh karena itu bias sebagai tambahan yang senantiasa bernilai 1, berikut gambar rumus. Jika *Artificial neural network* dilengkapi bias, maka proses komputasi neuron sebagai berikut:

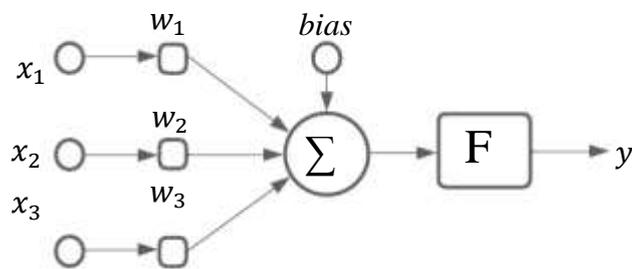
$$y_{in} = \sum_{i=1}^n x_i w_{ij} + b \quad (2.3)$$

Artificial neural network dengan jumlah neuron pada lapisan keluaran sebanyak m buah, berikut rumus untuk proses pengolahan data pada neuron ke-

$$j: y_{in_j} = \sum_{i=1}^n X_i W_{ij} + b_j; j = 1, \dots, m \quad (2.4)$$

b_j merupakan bobot bias menuju neuron ke j , berikut model neuron sederhana dengan bias.

Berikut gambar Artificial Neural Network (ANN) sederhana:



Gambar 2.2 Neuron Sederhana Dengan Bias

Pada gambar 2.2 merupakan neuron sederhana yang ditambah dengan bias, yang mana bias akan berpengaruh pada neuron yang ditunjukkan dengan bobot bias (b).

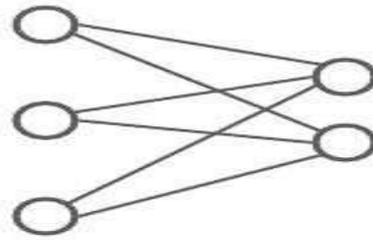
1. Arsitektur Jaringan

Arsitektur jaringan pada metode *artificial neural network* memiliki beberapa macam, yang berguna untuk menjelaskan arah *input* jaringan. Hasil dari Arsitektur jaringan ini keluar dengan apa yang diharapkan karena membentuk berbagai macam model *artificial neural network*. (Syukri, & Samsuddin. (2019).

Macam-macam Arsitektur *Neural Network*:

a. *Single layer network* (Jaringan lapis tunggal)

Single layer adalah bentuk *Artificial neural network* yang paling sederhana. Cara kerjanya yaitu *input layer* langsung terhubung dengan *output layer*, setiap input membawa bobot masing masing yang akan diproses menjadi output tanpa layer lain (*hidden layer*).



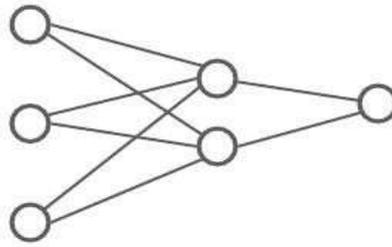
Input layer bobot output layer

Gambar 2.3 *Single Layer Neural Network*

Pada gambar 2.3 adalah *single layer neural network*, yang hanya berisi *input layer* bobot dan *output layer*.

b. Multi Layer Neural Network

Multi layer Neural Network merupakan jaringan yang kompleks. Jika *single layer* tidak dapat menampung *hidden layer*, maka *multi layer* yang akan menampungnya. Cara kerja *multi layer* yaitu *input* masuk pada *hidden layer* kemudian, *input* yang dimasukkan akan berkomputasi, setelah itu menuju ke *output*.



Input layer hidden layer output
Gambar 2.4 *Multi Layer Neural Network*

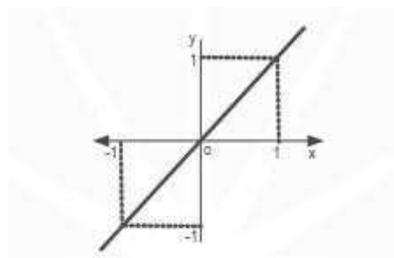
Gambar 2.4 merupakan *Multi Layer Neural Network* yang didalamnya terdapat *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*.

2. Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi ialah sebuah fungsi matematis dalam mendapatkan *output* dari nilai *input* dan dinamakan aktivasi jika melewati nilai *threshold* maka *output* akan bernilai. Macam - macam fungsi aktivasi pada *neural network*:

a. Fungsi Linear atau fungsi identitas

Fungsi linear merupakan fungsi yang mempunyai kegunaan untuk memprediksi atau aproksimasi linear. *Output* yang dihasilkan sama dengan nilai *input*, tipe *output* bertipe deskrit, berikut rumus fungsi linier:



$$y = x$$

(2.5)

Gambar 2.5 Fungsi Aktivasi Identitas (Kusumadewi, 2010)

b. *Rectified Linear Unit* (ReLU)

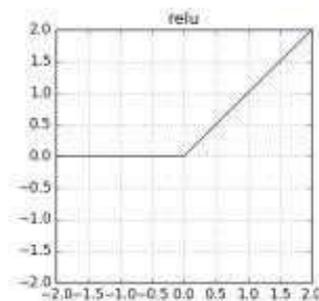
Rectified Linear Unit (ReLU) merupakan fungsi aktivasi yang sederhana dalam perhitungannya. Kondisi *if* hanya digunakan pada proses *forward* dan *backward* melalui ReLU. Nilai 0 diset jika elemen bernilai negatif. Operasi eksponensial, perkalian dan pembagian ditiadakan. Kelebihan ReLU akan muncul ketika jaringan yang memiliki neuron yang banyak dihadapkannya, oleh karena itu dapat mengurangi waktu training dan testing dengan signifikan.

Berikut persamaan fungsi ReLU:

$$\begin{aligned}
 f(x) &= 0, \text{ jika } x < 0 \\
 f(x) &= x, \text{ jika } x \geq 0 \\
 f(x) &= \max(0, x)
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

Fungsi turunan:

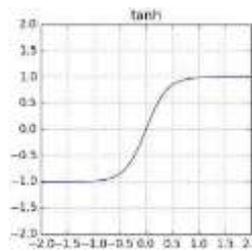
$$\begin{aligned}
 f(x) &= 1, \text{ jika } x > 0 \\
 f(x) &= 0, \text{ jika } x \leq 0
 \end{aligned}
 \tag{2.7}$$



Gambar 2.6 Fungsi Aktivasi ReLu (Wibawa, 2016)

c. Hyperbolic Tangent Function (TANH)

Hyperbolic tangent function atau TANH merupakan fungsi aktivasi yang umumnya lebih cepat mencapai konvergensi daripada fungsi aktivasi sigmoid dan logistik dan akurasi yang dihasilkan lebih tinggi. Hasil dari performa yang ditawarkan tanh hampir sama dengan hasil klasifikasi oleh fungsi aktivasi ReLU.



Gambar 2.7 Fungsi Aktivasi Tanh (Wibawa, 2016)

d. Sigmoid

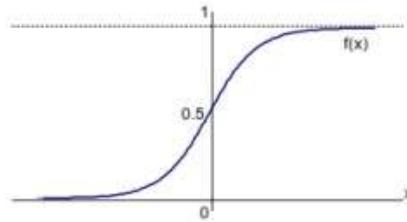
Fungsi sigmoid merupakan fungsi pada *artificial neural network* yang pada umumnya sering digunakan oleh pembelajaran *backpropagation* dan pengenalan pola. Bentuk pada fungsi sigmoid yaitu seperti kurva huruf s. Terdapat 2 fungsi sigmoid yaitu: sigmoid biner dan bipolar. Jika biner bernilai interval 0 sampai 1, namun sigmoid bipolar bernilai interval -1 sampai 1. Berikut rumus sigmoid biner dan bipolar:

a. Sigmoid Biner

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2.8)$$

Fungsi step dirumuskan sebagai :

$$y'(x) = f(x) (1 - f(x))$$



Gambar 2.8 Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner (Zainuddin, 2017)

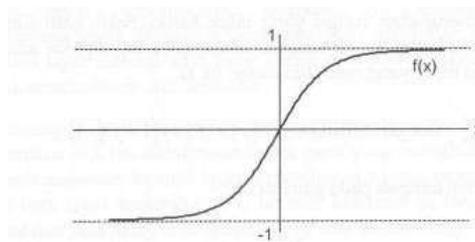
b. Sigmoid Bipolar

Hampir sama seperti biner, fungsi sigmoid bipolar keluarannya hanya dari fungsi antara 1 sampai dengan -1. Seperti pada rumus berikut:

$$f(x) = \frac{2}{1+e^{-x}} - 1 \quad (2.10)$$

dengan turunan

$$f'(x) = \frac{(1 + f(x))(1 - f(x))}{2} \quad (2.11)$$



Gambar 2.9 Fungsi aktivasi sigmoid bipolar (Zainuddin, 2017)

Backpropagation neural network merupakan salah satu model dari *artificial neural network* dengan arsitektur *multilayer* yang biasa digunakan dalam mencari bobot optimal pada *artificial neural network*. *Backpropagation* atau bisa disebut propagasi balik termasuk neural network yang melakukan perhitungan sebanyak 2

tahap, yaitu : perhitungan maju dan perhitungan mundur, untuk perhitungan maju tahapanya yaitu menghitung galat antara *output* aktual dan target, dan untuk perhitungan mundur mempropogasikan balik galat agar bobot- bobot sinaptik dapat diperbaiki. Berikut langkah-langah *Backpropagation*:

1. Penjelasan masalah, contoh matriks *inputan* (P) dan matriks target (T).
2. Penginisialisasian
3. Pelatihan jaringan

- a. Perhitungan Maju

Pada inisialisasi awal bobot telah ditentukan ($W1$), aktivasi sigmoid digunakan sebagai perhitungan keluaran dari *hidden layer*, berikut persamaannya:

$$A1 = \frac{1}{1+e^{-(W1 \cdot P + B1)}} \quad (2.12)$$

Keluaran dari *output layer* didapatkan dari hasil keluaran *hidden layer* ($A2$), Berikut persamaannya:

$$A2 = W2 * A1 + B2 \quad (2.13)$$

Perbandingan keluaran jaringan ($A2$) dengan target yang diinginkan.

Selisih nilai tersebut adalah error (galat) dari jaringan. Berikut persamaan:

$$E = T - A2 \quad (2.14)$$

Nilai galat keseluruhan dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$SSE = \sum \sum E^2 \quad (2.15)$$

b. Perhitungan Mundur

Parameter dalam pelatihan didapatkan dari nilai galat. Ketika galat telah diterima maka pelatihan akan selesai. Galat akan mengembalikan lapisanlapisan didepannya, kemudian, neuron akan memperbaiki nilai-nilai bobot. Perhitungan perbaikan bobot pada persamaan sebagai berikut:

$$D2 = (1 - a_2) * E \quad (2.16)$$

$$D1 = (1 - a_1^2) * (W2 * D2)$$

$$dW1 = dW1 + (lr * D2 * P)$$

$$dB1 = dB1 + (lr * D1)$$

$$dB2 = dB2 + (lr * D2 * P)$$

$$dB2 = dB2 + (lr * D2)$$

c. Perbaikan Bobot Jaringan

Setelah Nilai akan didapatkan oleh neuron-neuron yang sesuai dengan kontribusi pada galat keluaran, selanjutnya agar galat dapat diperkecil maka bobot-bobot jaringan diperbaiki. Berikut persamaan-persamaan bobot jaringan untuk perbaikan:

$$TW1 = W1 + dW1 \quad (2.17)$$

$$TB1 = B1 + dB1$$

$$TW2 = W2 + dW2$$

$$TB2 = B2 + dB2$$

d. Presentasi Bobot Jaringan

Bobot-bobot yang cukup baik bagi jaringan diketahui melalui bobot-bobot baru yang dipakai kembali dengan hasil perbaikan. Jaringan jika sudah baik dengan bobot-bobot tersebut, maka galat yang dihasilkan sudah cukup kecil. Berikut persamaan-persamaan bobot-bobot baru:

$$\frac{1}{1 + e^{-(tw_1 + P + TB_1)}} \quad (2.18)$$

$$TA_2 = TW_2 * TA_1 + TB_2$$

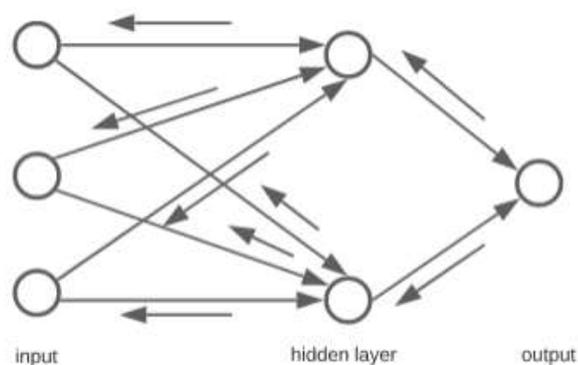
$$TE = T - TA_2$$

$$TSSE = \sum \sum TE_2$$

Setelah itu untuk dijadikan bobot-bobot baru, maka mengubah bobot-bobot sinapsis jaringan:

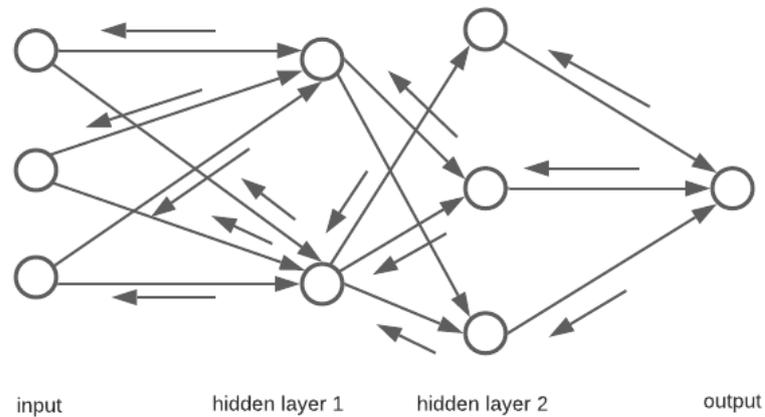
$$\begin{aligned} W_1 &= TW_1; B_1 = TB_1 \\ W_2 &= TW_2; B_2 = TB_2; \\ A_1 &= TA_1; A_2 = TA_2 \\ E &= TE \\ SSE &= TSSE \end{aligned} \quad (2.1)$$

Berikut arsitektur *backpropagation* dengan 3 *input* dan 1 *hidden layer*:



Gambar 2.10 Arsitektur Backpropagation 1 *Hidden Layer*

Pada gambar 2.10 terdapat 3 *input*, 1 *hidden layer* dan 1 *output*. Berikut arsitektur *backpropagation* dengan 2 *hidden layer*:



Gambar 2.11 Arsitektur Backpropagation Dengan 1 Input Dan 2 Input

Pada gambar 2.11 terdapat arsitektur jaringan yang menunjukkan 4 *input* yang mempunyai 2 *hidden layer*, yang dimana 1 *layer* masing masing berisi 5 node dan 1 *output*.

2.2.4 Asap Kabut

Asap kabut merupakan keadaan cuaca tertentu yang dapat bertahan dalam waktu cukup panjang dan menjadikan suatu wilayah tertutup yang disebabkan oleh banyak faktor. Kandungan yang ada dalam asap kabut mayoritas berupa oksidasi nitrogen, misalnya nitrogen dioksida dan ozon troposferik. Hasil penguapan yang berasal dari bahan bakar minyak, pestisida, cat, dan bahan kimia lainnya biasa disebut *Volatile Organic Compound (VOC)*, dan sedangkan bahan bakar yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil contohnya mesin mobil dan mesin listrik menghasilkan oksida nitrogen (suryani 2012).

2.2.5 Ranah Kognitif

Ranah Kognitif merupakan ranah yang berhubungan dengan kecerdasan seseorang. Utari (2012) menyebutkan ranah kognitif mengandung perilaku yang menekankan aspek intelektual misalnya keterampilan berfikir dan pengetahuan (profil kemampuan kognitif). Menurut M.solihin dalam Lorenzo dkk (2016) Ranah Kognitif ialah ranah yang berhubungan dengan aspek aspek intelektual, cara berfikir atau nalar, yang didalamnya meliputi pengetahuan, pemahaman, pepaduan, penilaian, penerapan, dan penguraian. Dalam ranah ini peserta didik mampu menguraikan yang kemudian dipadukan dengan pelajaran yang telah ia pelajari yang akhirnya diberi nilai atau pertimbangan(Kasendaetal.,2016).

Tabel 2.2 Aspek Kognitif

	Output Pertanyaan	Kognitif
1	Apa yang kamu ketahui tentang bencana alam? Apa yang kamu ketahui tentang gunung meletus? Apa yang kamu ketahui tentang banjir? Apa yang kamu ketahui tentang tanah longsor? Apa yang kamu ketahui tentang kekeringan? Apa yang kamu ketahui tentang kebakaran hutan?	K1
2	Sebutkan 3 jenis bencana alam yang sering terjadi di Indonesia! Sebutkan 3 bencana alam gunung meletus yang pernah terjadi di Indonesia! Sebutkan 3 bencana alam banjir yang pernah terjadi di Indonesia Sebutkan 3 bencana alam tanah longsor yang pernah terjadi di Indonesia Sebutkan 3 bencana alam kekeringan yang pernah terjadi di Indonesia Sebutkan 3 bencana alam kebakaran hutan yang pernah terjadi di Indonesia	K2
3	Sebutkan 3 dampak bencana alam gunung meletus? Sebutkan 3 dampak bencana alam banjir? Sebutkan 3 dampak bencana alam tanah longsor? Sebutkan 3 dampak bencana alam kekeringan? Sebutkan 3 dampak bencana alam kebakaran hutan?	K3
4	Sebutkan 2 penyebab gunung Meletus	K4

	Sebutkan 2 penyebab banjir	
	Sebutkan 2 penyebab tanah longsor	
	Sebutkan 2 penyebab kekeringan	
	Sebutkan 2 penyebab kebakaran hutan	
5	Apa tujuan mitigasi bencana gunung meletus?	K5
	Apa tujuan mitigasi bencana banjir?	
	Apa tujuan mitigasi bencana tanah longsor?	
	Apa tujuan mitigasi bencana kekeringan?	
	Apa tujuan mitigasi bencana kebakaran hutan?	
6	Apa yang kamu ketahui tentang ciri ciri gunung meletus?	K6
	Apa yang kamu ketahui tentang ciri ciri banjir?	
	Apa yang kamu ketahui tentang ciri ciri tanah longsor?	
	Apa yang kamu ketahui tentang ciri ciri kekeringan?	
	Apa yang kamu ketahui tentang ciri ciri kebakaran?	
7	Apa yang salah dari cara penanganan gunung meletus?	K7
	Apa yang salah dari cara penanganan banjir?	
	Apa yang salah dari cara penanganan tanah longsor?	
	Apa yang salah dari cara penanganan kekeringan?	
	Apa yang salah dari cara penanganan kebakaran hutan?	
8	Apa yang perlu ditingkatkan dari penanganan gunung meletus?	K8
	Apa yang perlu ditingkatkan dari penanganan banjir?	
	Apa yang perlu ditingkatkan dari penanganan tanah longsor?	
	Apa yang perlu ditingkatkan dari penanganan kekeringan?	
	Apa yang perlu ditingkatkan dari penanganan kebakaran hutan?	
9	Sebutkan lembaga yang menangani bencana gunung meletus	K9
	Sebutkan lembaga yang menangani bencana banjir	
	Sebutkan lembaga yang menangani bencana kekeringan	
	Sebutkan lembaga yang menangani bencana tanah longsor	
	Sebutkan lembaga yang menangani bencana kebakaran hutan?	
10	Sebutkan akibat dari terlambatnya penanganan bencana gunung meletus	K10
	Sebutkan akibat dari terlambatnya penanganan banjir	
	Sebutkan akibat dari terlambatnya penanganan tanah longsor	
	Sebutkan akibat dari terlambatnya penanganan kekeringan	
	Sebutkan akibat dari terlambatnya penanganan kebakaran	

2.2.6 Ranah Afektif

Ranah afektif merupakan ranah yang berkaitan dengan emosional, seperti perasaan, sikap, minat, kepatuhan terhadap moral. Dalam ranah ini peserta didik dinilai sejauh mana kemampuan dalam menginternalisasikan nilai nilai pembelajaran dalam diri sendiri, Ranah ini berkaitan erat dengan tata nilai dan konsep. (Kasenda et al., 2016). Afektif berhubungan dengan nilai (*value*) yang sulit diukur. Sebab berhubungan dengan kesadaran seseorang yang tumbuh dalam dirinya. Afektif atau sikap erat kaitannya dengan nilai yang dimiliki seseorang, sikap merupakan refleksi dari nilai yang dimiliki seseorang. Karenanya pendidikan sikap pada dasarnya adalah pendidikan nilai. Nilai adalah suatu konsep yang berada dalam pikiran yang sifatnya tersembunyi, tidak berada dalam dunia empiris (St et al., 2015).

Tabel 2.3 Aspek Afektif

	Output Pertanyaan	Afektif
1	Bagaimana sikapmu jika ada teman yang tertimpa bencana gunung meletus?	A1
	Bagaimana sikapmu jika ada teman yang tertimpa bencana banjir?	
	Bagaimana sikapmu jika ada teman yang tertimpa bencana tanah longsor?	
	Bagaimana sikapmu jika ada teman yang tertimpa bencana kekeringan?	
	Bagaimana sikapmu jika ada teman yang tertimpa bencana kebakaran hutan?	
2	Bagaimana sikapmu ada orang yang membuang sampah di sungai?	A2
	Bagaimana sikapmu ada orang yang membuang sampah di laut?	

	Bagaimana sikapmu ada orang yang membuang sampah di rawa?	
	Bagaimana sikapmu ada orang yang membuang sampah di dermaga?	
	Bagaimana sikapmu ada orang yang membuang sampah di taman?	
3	Bagaimana sikapmu jika melihat percikan api yang berpotensi menimbulkan kebakaran hutan?	A3
	Bagaimana sikapmu jika terjadi guncangan bumi?	
	Bagaimana sikapmu jika gunung berapi mengeluarkan awan panas?	
	Bagaimana sikapmu jika melihat air sungai yang meluap?	
	Bagaimana sikapmu jika melihat pergeseran tanah pada tebing?	
4	Bagaimana pendapatmu jika ada orang yang mengabaikan peringatan bencana gunung meletus?	A4
	Bagaimana pendapatmu jika ada orang yang mengabaikan peringatan bencana banjir?	
	Bagaimana pendapatmu jika ada orang yang mengabaikan peringatan bencana tanah longsor?	
	Bagaimana pendapatmu jika ada orang mengabaikan peringatan bencana kekeringan?	
	Bagaimana pendapatmu jika ada orang yang mengabaikan peringatan bencana kebakaran hutan?	
5	Bagaimana sikapmu jika melihat warga Ketawanggede sedang bergotong royong membersihkan sungai?	A5
	Bagaimana sikapmu jika melihat warga Ketawanggede sedang bergotong royong dalam hal reboisasi?	
	Bagaimana sikapmu jika melihat warga Ketawanggede sedang bergotong royong membersihkan selokan?	
	Bagaimana sikapmu jika melihat warga Ketawanggede sedang bergotong royong membersihkan taman?	
	Bagaimana sikapmu jika melihat warga Ketawanggede sedang bergotong royong menimbun genangan?	

6	Bagaimana sikapmu terhadap warga yang enggan bergotong royong membantu korban bencana alam gunung meletus?	A6
	Bagaimana sikapmu terhadap warga yang enggan bergotong royong membantu korban bencana alam tanah longsor?	
	Bagaimana sikapmu terhadap warga yang enggan bergotong royong membantu korban bencana alam kekeringan?	
	Bagaimana sikapmu terhadap warga yang enggan bergotong royong membantu korban bencana alam kebakaran hutan?	
	Bagaimana sikapmu terhadap warga yang enggan bergotong royong membantu korban bencana alam banjir?	
7	Apa yang kamu rasakan jika seseorang kehilangan keluarganya kaena bencana alam gunung meletus?	A7
	Apa yang kamu rasakan jika seseorang kehilangan keluarganya kaena bencana alam tanah longsor??	
	Apa yang kamu rasakan jika seseorang kehilangan keluarganya kaena bencana alam kekeringan?	
	Apa yang kamu rasakan jika seseorang kehilangan keluarganya kaena bencana alam kebakaran hutan?	
	Apa yang kamu rasakan jika seseorang kehilangan keluarganya kaena bencana alam banjir?	
8	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat memberikan bantuan terhadap korban bencana gunung meletus?	A8
	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat memberikan bantuan terhadap korban bencana tanah longsor?	
	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat memberikan bantuan terhadap korban bencana kekeringan?	
	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat memberikan bantuan terhadap korban bencana kebakaran hutan?	
	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat memberikan bantuan terhadap korban bencana banjir?	

9	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat melakukan evakuasi terhadap korban bencana gunung meletus?	A9
	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat melakukan evakuasi terhadap korban bencana tanah longsor?	
	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat melakukan evakuasi terhadap korban bencana kekeringan?	
	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat melakukan evakuasi terhadap korban bencana kebakaran hutan?	
	Apa yang kamu lakukan jika pemerintah telat melakukan evakuasi terhadap korban bencana banjir?	
10	Apa yang kamu lakukan jika mobilmu digunakan untuk evakuasi korban bencana alam gunung meletus?	A10
	Apa yang kamu lakukan jika mobilmu digunakan untuk evakuasi korban bencana tanah longsor?	
	Apa yang kamu lakukan jika mobilmu digunakan untuk evakuasi korban bencana kekeringan?	
	Apa yang kamu lakukan jika mobilmu digunakan untuk evakuasi korban bencana kebakaran hutan?	
	Apa yang kamu lakukan jika mobilmu digunakan untuk evakuasi korban bencana alam banjir?	

2.2.7 Ranah Psikomotorik

Ranah Psikomotorik adalah lanjutan dari pembelajaran kognitif dan afektif, dimana Psikomotorik merupakan tindakan atau perilaku atas sebuah makna terkandung dalam dua ranah dalam kehidupan sehari-hari, atau juga bisa disebut tampak dalam bentuk keterampilan (skill) dan kemampuan bertindak individu (Perilaku Belajar Efektif Terhadap Kemampuan Kognitif Psikomotorik Siswa Dalam Pembelajaran Matematika 2018). Menurut Arikunto dalam Andi Nurwati (2014) “ranah psikomotorik berhubungan erat dengan kerja otot sehingga

menyebabkan geraknya tubuh atau bagianbagiannya”(Nurwati, 2014). Menurut Haryati dalam Lorenzo (2016) Ranah Psikomotorik adalah ranah yang berkaitan dengan aspek keterampilan yang melibatkan sistem kerja system saraf dan fungsi psikis. Ranah ini meliputi kesiapan, peniruan, pembiasaan, penyesuaian dan penciptaan(Kasenda et al., 2016).

Tabel 2.4 Aspek Psikomotorik

	Output Pertanyaan	Psikomotorik
1	Apa yang kamu lakukan jika mendengar kabar akan terjadi bencana gunung meletus di daerahmu?	P1
	Apa yang kamu lakukan jika mendengar kabar akan terjadi bencana tanah longsor di daerahmu?	
	Apa yang kamu lakukan jika mendengar kabar akan terjadi bencana kekeringan di daerahmu?	
	Apa yang kamu lakukan jika mendengar kabar akan terjadi bencana kebakaran hutan di daerahmu?	
	Apa yang kamu lakukan jika mendengar kabar akan terjadi bencana banjir di daerahmu?	
2	Apa yang kamu lakukan saat terjadi bencana gunung meletus?	P2
	Apa yang kamu lakukan saat terjadi bencana tanah longsor?	
	Apa yang kamu lakukan saat terjadi bencana kekeringan?	
	Apa yang kamu lakukan saat terjadi bencana kebakaran hutan?	
	Apa yang kamu lakukan saat terjadi bencana banjir?	
3	Apa yang kamu lakukan setelah terjadi bencana gunung meletus ?	P3
	Apa yang kamu lakukan setelah terjadi bencana tanah longsor?	
	Apa yang kamu lakukan setelah terjadi bencana kekeringan?	

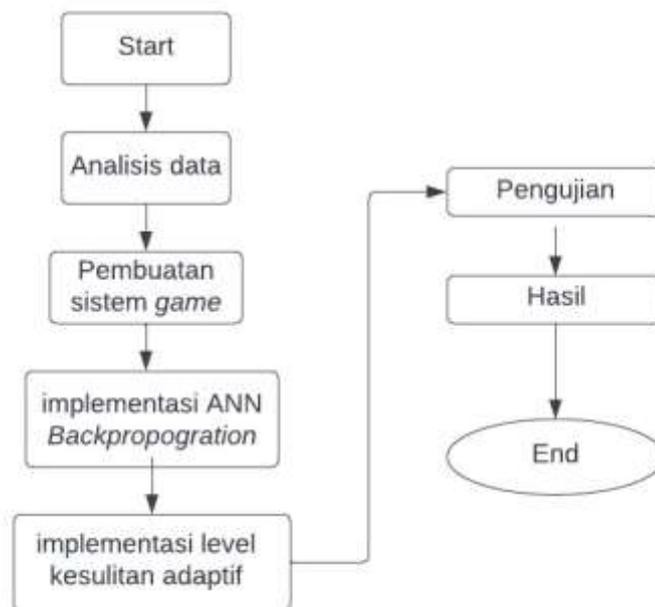
	<p>Apa yang kamu lakukan setelah terjadi bencana kebakaran hutan?</p> <p>Apa yang kamu lakukan setelah terjadi bencana banjir?</p>	
4	<p>Jenis bantuan apa yang kamu akan berikan kepada korban bencana gunung meletus?</p> <p>Jenis bantuan apa yang kamu akan berikan kepada korban bencana tanah longsor?</p> <p>Jenis bantuan apa yang kamu akan berikan kepada korban bencana kekeringan?</p> <p>Jenis bantuan apa yang kamu akan berikan kepada korban bencana kebakaran hutan?</p> <p>Jenis bantuan apa yang kamu akan berikan kepada korban bencana banjir?</p>	P4
5	<p>Usaha apa yang dapat kamu lakukan untuk mencegah terjadinya gunung meletus?</p> <p>Usaha apa yang dapat kamu lakukan untuk mencegah terjadinya tanah longsor?</p> <p>Usaha apa yang dapat kamu lakukan untuk mencegah terjadinya kekeringan?</p> <p>Usaha apa yang dapat kamu lakukan untuk mencegah terjadinya kebakaran hutan?</p> <p>Usaha apa yang dapat kamu lakukan untuk mencegah terjadinya banjir?</p>	P5
6	<p>Apa yang kamu lakukan ketika temanmu mengajakmu membantu korban bencana gunung meletus?</p> <p>Apa yang kamu lakukan ketika temanmu mengajakmu membantu korban bencana tanah longsor?</p> <p>Apa yang kamu lakukan ketika temanmu mengajakmu membantu korban bencana kekeringan?</p> <p>Apa yang kamu lakukan ketika temanmu mengajakmu membantu korban bencana kebakaran hutan?</p>	P6
7	<p>Apa yang kamu lakukan ketika melihat kotak sumbangan bencana alam gunung meletus?</p>	P7
	<p>Apa yang kamu lakukan ketika melihat kotak sumbangan bencana alam tanah longsor?</p>	

	<p>Apa yang kamu lakukan ketika melihat kotak sumbangan bencana alam kekeringan?</p> <p>Apa yang kamu lakukan ketika melihat korban bencana alam kebakaran hutan?</p> <p>Apa yang kamu lakukan ketika melihat korban bencana alam banjir?</p>	
8	<p>Apa yang kamu lakukan ketika melihat korban bencana alam gunung meletus?</p> <p>Apa yang kamu lakukan ketika melihat korban bencana alam tanah longsor?</p> <p>Apa yang kamu lakukan ketika melihat korban bencana kekeringan?</p> <p>Apa yang kamu lakukan jika melihat korban bencana alam kebakaran hutan?</p> <p>Apa yang kamu lakukan jika melihat korban bencana alam banjir?</p>	P8
9	<p>Apa yang kamu rasakan ketika keluargamu terdampak bencana alam gunung meletus?</p> <p>Apa yang kamu rasakan ketika keluargamu terdampak bencana tanah longsor?</p> <p>Apa yang kamu rasakan ketika keluargamu terdampak bencana kekeringan?</p> <p>Apa yang kamu rasakan ketika keluargamu terdampak bencana kebakaran hutan?</p> <p>Apa yang kamu rasakan ketika keluargamu terdampak bencana banjir?</p>	P9

BAB III

ANALISIS DAN RANCANGAN SISTEM

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis dan rancangan sistem yang akan dibangun. Sistem *game* yang akan ada dibuat menggunakan aplikasi *unity*, adalah *game* dengan kategori *adventure* yang diimplementasikan sebagai penentu tingkat kesulitan menggunakan level kesulitan adaptive dengan metode *Artificial Neural Network Backpropogation* sebagai penerapan yang digunakan dalam sistem. Penelitian *game* yang telah ini, dibangun sebagai sarana edukasi dalam mitigasi bencana alam. Desain dan rancangan sistem:



Gambar 3.1 Blok Diagram Prosedur Penelitian

Perancangan sistem pembuatan *game* edukasi gunung meletus dimulai dengan menganalisa data, yaitu dengan mengumpulkan penelitian-penelitian terdahulu, dan studi literatur, kemudian pembuatan sistem *game* yang

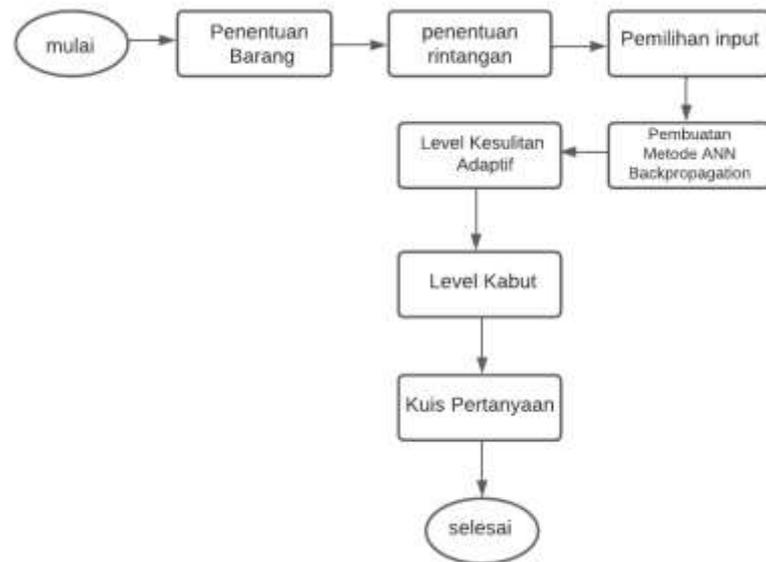
dikembangkan dari penelitian terdahulu dengan mengimplementasikan metode *Artificial Neural Network Backpropagation* dan *level* kesulitan adaptif dalam penentuan level, setelah semua perancangan dan pembuatan selesai dilakukan pengujian untuk menilai akurasi terbaik pada bobot, yang terakhir adalah hasil.

3.1 Analisis dan Perancangan

Game ini adalah *game* edukasi dengan genre *adventure*. Pada *gameplay* disimulasikan untuk menentukan level kabut dan memberi pertanyaan sebagai bahan edukasi pemain, dalam hal ini menjadi keluaran (*output*). Metode penelitian dalam permainan ini adalah *Artificial Neural Network backpropogation* untuk menentukan *level* kesulitan pada *game* tersebut. Tingkat kesulitan pada setiap *level* adalah seberapa tipis atau tebalnya kabut dan pertanyaan kognitif, afektif, dan psikomotorik.

3.2 Desain Sistem Game

Desain sistem *game* yang dirancang adalah *game* dengan genre *adventure*, dengan menggunakan metode *artificial neural network backpropagation*, berikut desain sistem *game*:



Gambar 3.2 Blok Diagram Desain Sistem Game

Level kabut dan kuis pertanyaan yang dihasilkan akan menjadi penentu tingkat kesulitan didalam *game*. Oleh karena itu munculnya kabut akan berbeda beda pada setiap *levelnya* berdasarkan tingkat perilaku pemain.

3.3 Keterangan Umum *Game*

Game Edukasi Gunung Meletus merupakan *game* edukasi berbasis desktop yang dimainkan pada komputer atau laptop dan dijadikan media pembelajaran dalam mengatasi bencana alam atau mitigasi bencana. *Game* tersebut dijadikan sarana dalam memberikan informasi terkait mitigasi bencana alam dengan menerapkan pertanyaan pertanyaan mengenai bencana alam dengan cara pemain akan memainkan *game* terlebih dahulu yang kemudian pertanyaan akan muncul ketika perpindahan *level*. *Game* ini dimainkan secara individu,

dengan memiliki beberapa *level*, dan setiap *level* memiliki pertanyaan yang berbeda. Semakin tinggi *level game* maka pertanyaan semakin sulit.

3.3.1 Desain Tampilan Menu

Pada tampilan menu, mulanya dibuatkan desain tampilan menu yang dapat dimanfaatkan sebagai rancangan pembuatan main menu. Berikut rancangan desain tampilan menu:

1. *Splash Screen*
2. *Opening Loading Screen*
3. *Title Screen*
4. *Option Screen*
5. *Variabel penyeimbang kesulitan*
6. *Game Loading*
7. *Game playing*

3.3.2 Gameplay

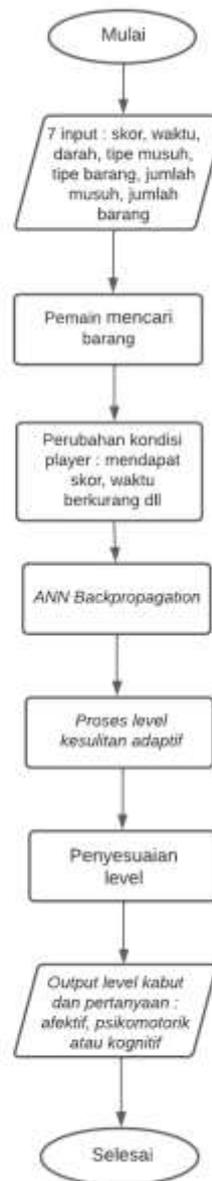
Pada *game* ini pemain harus mencari mengambil barang-barang yang menjadi target, dan diantara benda-benda tersebut juga terdapat *NPC*. Jika pemain mendapatkan benda target tersebut, maka skor ditambahkan, namun jika pemain mendapat *NPC* maka skor akan berkurang, didalam permainan tersebut nantinya akan diberikan pertanyaan pertanyaan mengenai mitigasi bencana alam, berikut skenario pada *game* bencana alam gunung meletus:

1. Pemain berjalan untuk mencari barang-barang target yang akan dibawa untuk mendaki gunung dengan 7 *input* yang telah ditentukan, kemudian mengumpulkan barang-barang tersebut.

2. Rintangan yang akan dihadapi adalah menghindari *NPC*, agar skor tidak berkurang atau bisa jadi *game over*.
3. Kemudian jika mendapatkan barang-barang target, maka skor akan bertambah.
4. Sehingga jika skor bertambah maka *Level* kabut dan pertanyaan afektif, kognitif, dan psikomotorik dengan menerapkan *level* kesulitan adaptif akan dipengaruhi oleh darah dan skor yang didapatkan, berapa barang yang diambil, nilai barang, tipe musuh, jumlah musuh yang telah dilawan dan waktu yang berkurang.
5. Jika skor telah mencapai target maka permainan selesai
6. Menang tidaknya pemain ditentukan dengan skor yang didapat dan waktu tidak habis maka pemain menang, namun jika kalah ketika waktu habis dan darah pemain juga habis untuk mengumpulkan barang.

3.4 Desain sistem *Level* kesulitan adaptif dengan menggunakan *Artificial Neural Network Backpropagation*

Level kesulitan adaptif pada *game* gunung meletus akan ditambahkan sebagai penentu kesulitan dengan menggunakan fitur kabut.



Gambar 3. 3 Desain Sistem Game Level Kesulitan Adaptif Menggunakan ANN Backpropagation

Penambahan *7 input* yang akan dibuat dalam penelitian ini digunakan untuk menyesuaikan dan mempengaruhi perubahan tingkat kesulitan kabut sesuai *level game*.

3.5 Level Kesulitan Adaptif

Level kesulitan adaptif akan berjalan secara *realtime* dengan batas waktu permainan selesai atau berhenti. Proses berjalannya *level* kesulitan sebagai berikut:

1. Pemain akan mengumpulkan barang-barang yang nantinya akan diakumulasikan menjadi *input* penyeimbang kesulitan yaitu *score*.
2. Selama berjaan, sistem akan menghitung nilai kemampuan pemain yang diambil dari variabel skor dan nilai kemampuan musuh yang diambil dari nilai variabe kecepatan musuh.
3. Kemampuan musuh dihitung semua dari yang paling lambat hingga paling cepat.

3.5.1 Perancangan *Level* Kesulitan Adaptif

Tabel 3.1 Perancangan Level Kesulitan Adaptif

			<i>Input</i>					<i>Output</i>		
Skor	Waktu	Darah	Tipe Musuh	Tipe Barang	Nilai Barang	Jumlah Musuh	Kognitif	Afektif	Psikomotorik	Level kabut
+10	+10	+3	1	2	2	5	K1-1	A1-1	K1-1	Level 1
+10	+12	+3	1	4	2	10	K1-2	A1-2	K1-2	Level 2
+10	+8	+3	2	5	3	15	K1-3	A1-3	K1-3	Level 3
+8	+8	+3	2	6	3	30	K1-4	A1-4	K1-4	Level 4
+8	+6	+3	3	6	4	40	K2-1	A2-1	K2-1	Level 5
+8	+6	+2	3	7	4	45	K2-2	A2-2	K2-2	Level 6
+6	+5	+2	4	7	5	50	K2-3	A2-3	K2-3	Level 7
+6	+5	+2	4	8	5	60	K3-1	A3-1	K3-1	Level 8
+4	+2	+2	5	9	6	60	K3-2	A3-2	K3-2	Level 9
+4	+2	+2	5	10	6	65	K3-3	A3-3	K3-3	Level 10

Pada tabel 3.1 dijealskan perubahan pada variabel, yaitu: skor, waktu, darah, tipe musuh, tipe barang, nilai barang, jumlah musuh, pertanyaan pertanyaan kuis, dan *level* kabut. Jika semakin banyak *level* kesulitan yang dilewati maka tantangan semakin sulit, begitupun sebaliknya.

3.6 Perancangan Artificial Neural Network Backpropagation

Arsitektur *Neural Network backpropagation* merupakan salah satu arsitekur jaringan saraf tiruan yang dapat digunakan untuk mempelajari dan menganalisis pola data masa lalu yang lebih tepat sehingga diperoleh keluaran yang lebih akurat (dengan kesalahan atau *error* minimum).

a. *Input Metode Artificial Neural Network*

Terdapat 7 *input* yang digunakan dalam sistem game edukasi tersebut.

Berikut 7 *input* yang akan digunakan:

Tabel 3.2 *Input*

<i>Input</i>	Nama <i>Input</i>
X1	Skor
X2	Waktu
X3	Darah Pemain
X4	Jumlah Musuh
X5	Nilai Musuh
X6	Jumlah Barang
X7	Nilai Barang

7 *input* tersebut diperoleh dari proses dalam memainkan game edukasi bencana gunung meletus, dan kemudian ouput akan ada output yang telah ditentukan.

b. *Output Metode Artificial Neural Network*

Terdapat 4 *output* yang aan dihasilkan pada game edukasi, 4 *output* tersebut yaitu:

Tabel 3.3 *Output*

Output	Nama Output
Y1	<i>Level</i> kabut
Y2	Pertanyaan kognitif
Y3	Pertanyaan afektif
Y4	Pertanyaan psikomotorik

Pada table 3.3 terdapat 4 *output* yang akan digunakan dalam game edukasi ini. *Output* yang dihasilkan diantaranya 3 pertanyaan dan 1 *level*.

3.6.1 Normalisasi Data

Normalisasi data merupakan tahap yang dilakukan sebelum masuk dalam proses perhitungan *artificial neural network backpropagation*, salah satu teknik normalisasi data adalah minmax normalization, min-max normalization merupakan teknik output yang diformasikan dari satu rentang nilai ke nilai lain. Berikut min-max normalization:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (3.1)$$

Keterangan :

x' = nilai normalisasi

x = nilai data aktual

$\min(x)$ = nilai minimum data aktual

$\max(x)$ = nilai maksimal data aktual

Tabel 3. 4 Normalisasi

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Data 1	0	1	1	0	0	0	0
Data 2	0,111111	0,888889	0,888889	0	0,25	0	0,083333
Data 3	-1	0,888889	0,928571	-1	-0,25	-0,5	-0,5
Data 4	-0,5	0,875	0,923077	0	-0,2	0	-1
Data 5	-0,333333	0,857143	0,916667	-0,5	0	-0,333333	-0,333333
Data 6	-0,25	0,833333	0,909091	0	-0,16667	0	-0,125
Data 7	-0,2	0,8	0,9	-0,333333	0	-0,25	-0,111111
Data 8	-0,16667	0,75	0,888889	0	-0,14286	0	-0,2
Data 9	-0,14286	0,666667	0,875	-0,25	-0,125	-0,2	0
Data 10	-0,125	0,5	0,857143	0	-0,111111	0	-0,083333

Setelah normalisasi dilakukan, selanjutnya inisialisasi perhitungan pada variabel variabel, seperti akurasi, loss dan lain-lain. Pembobotan dan bias juga perlu di inisialisasi, bobot didapatkan dari nilai random. Tahap selanjutnya propogasi maju (*feedforward*).

Berikut perhitungan antara *input* dan *hidden layer* yang terhubung agar mendapat nilai z_{w_1} :

$$Z_{W_1} = f(Z_{net} W_1) = \frac{1}{1+e^{-Z_{net} W_1}} \quad (3.1)$$

Rumus diatas terdapat (f) fungsi aktivasi yang digunakan sebagai pengaktifan ataupun non pengaktifan pada unit *neural network*.

Rumus selanjutnya digunakan untuk menghitung unit pada *output layer*

$$O' = Y_{net} W_2 = f(Y_{net} W_2) = \frac{1}{1+e^{-Y_{net} W_2}} \quad (3.2)$$

Setelah nilai *output* telah ditemukan, tahap berikutnya menghitung eror, eror merupakan pengukur jumlah kesalahan atau selisih dari *output* terhadap nilai yang diharapkan. Proses tersebut masuk dalam kategori propogasi mundur.

Berikut rumusnya:

$$\delta_2 = (O - O')f(y_{net\ w_2}) = (O - O')O'(1 - O') \quad (3.3)$$

Proses dari propagasi maju sampai propagasi mundur akan terus diaukan pada tiap data training. Selanjutnya bias dan bobot melaukan proses *update*, berikut rumus untuk perhitungan *update* bobot:

$$W_{2new} = \alpha\delta_{new} = \alpha\delta_2 Z_{W1} \quad (3.4)$$

Kemudian rumus untuk *update* bias, berikut rumusnya:

$$B_{2new} = \alpha\delta_1 \quad (3.5)$$

Setelah semua perhitungan selesai, maka akan menghasikan bobot yang optimal sesuai proses pembelajaran yang dilakukan.

Arsitektur yang telah ditentukan ini adalah arsitektur yang paling optimal diantara arsitektur lain pada percobaan yang telah dilakukan. Setelah dilakukan proses proses sampai pada *output layer* maka akan dilakukan pengiriman sinyal mundur kembali menuju *input layer*, inilah perbedaan antara *feedforward* dengan *backpropagation*.

Berikut perhitungan arsitektur jaringan 7-4-3-4:

1. Nilai bobot dan bias dari input menuju *hidden layer*

Tabel 3.5 Input Ke Hidden Layer 1

	<i>Hidden_neuron 1</i>	<i>Hidden_neuron 2</i>	<i>Hidden_neuron 3</i>	<i>Hidden_neuron 4</i>
<i>Input 1</i>	-0,4154	0,033779	0,411177	-0,35386
<i>Input 2</i>	0,532162	-0,01668	0,541709	-0,25486
<i>Input 3</i>	0,036924	0,673947	-0,58125	0,759565
<i>Input 4</i>	-0,20337119	0,902356002	-0,235154006	0,447696388
<i>Input 5</i>	-0,319113	-0,28998	-0,298277	0,5308617
<i>Input 6</i>	-0,094169395	-0,223305986	-0,858724844	0,589575607
<i>Input 7</i>	-0,5928821	-0,1611395	-0,3070003	-0,7191417
Bias	-0,65479	-0,15124	0,445015	0,838819

Pada tabel 3.5 menunjukkan nilai bobot dan bias pada 7 *input layer* dan 1 *hidden layer* dengan 4 neuron.

2. Nilai bobot dan bias dari *hidden layer 1* menuju *hidden layer 2*

Tabel 3.6 Hidden Layer 1 Menuju Hidden Layer 2

	<i>Hidden_neuron 1</i>	<i>Hidden_neuron 2</i>	<i>Hidden_neuron 3</i>
<i>Hidden_neuron 1</i>	-0,12729	0,315607	0,860538
<i>Hidden_neuron 2</i>	0,448971	0,188985	-0,01861
<i>Hidden_neuron 3</i>	-0,09473	0,176119	-0,6185
<i>Hidden_neuron 4</i>	0,033015	-0,83856	-0,41803
Bias	-0,36322	0,72356	-0,47536

Pada tabel 3.6 menunjukkan nilai bobot dan bias pada *hidden layer 1* dengan 4 neuron dan *hidden layer 2* dengan 3 neuron.

3. Nilai bobot dan bias dari *hidden layer 2* menuju *output*

Tabel 3.7 Hidden Layer 2 Menuju Output

	<i>Hidden_neuron 1</i>	<i>Hidden_neuron 2</i>	<i>Hidden_neuron 3</i>	Bias
<i>Output 1</i>	-0,42459	-0,61553	0,008406	0,261917
<i>Output 2</i>	-0,60214	0,938615	-0,6864	-0,86705
<i>Output 3</i>	0,242706	0,719288	-0,61035	-0,09327
<i>Output 4</i>	0,043187	-0,87528	-0,99392	0,000834

Berikutnya, nilai bobot dan bias yang telah ditampilkan pada tabel 3.6, 3.7, 3.8 dengan hitungan *neural network*, sebagai berikut :

1. Menghitung nilai *input*

$$Z_{net1} = \sum_{i=1}^{10} x_i w_{ij} + w_{0j}$$

$$\begin{aligned} Z_{net1} = & ((-0,4154 \times 0,2) + (0,532162 \times 0,8) + (0,036924 \times 0,9) + (0,20337110 \\ & \times 0,3) + (-0,319113 \times 0,4) + (-0,094169395 \times 0,3) + (-0,5928821 \times 0,1 \\ &) + 0,765093 = 0,875806 \end{aligned}$$

$$Z_{net2} = 0,892223$$

$$Z_{net3} = -0,80766$$

$$Z_{net3} = -0,22902$$

2. Menghitung dengan aktivasi ReLU

$$S_{net} = f(s_{in}) = f(0, s_{in})$$

$$S1 = f(0, 0,875806) = 0,875806$$

$$S2 = 0,892223$$

$$S3 = 0$$

$$S4 = 0$$

3. Menghitung nilai *hidden layer*

$$Z_{net1} = \sum_{i=1}^{10} x_i w_{ij} + w_{0j}$$

$$Z_{net1} = ((0,97678 \times 0,705952) + (1,140954 \times 0,709349) + (0,308389 \times 1,022321) + (0,442994 \times 0) + 0,762753) = 0,705952$$

$$Z_{net2} = 0,709349$$

$$Z_{net3} = -0,308389$$

$$Z_{net3} = -0,443994$$

4. Menghitung kembali fungsi aktivasi *sigmoid*

$$YP = f(y_{in}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{in}}}$$

$$y1 = \frac{1}{1 + e^{-0,97678}}$$

$$y1 = 0,726469$$

$$y2 = 0,757855$$

$$y3 = 0,735424$$

5. Menghitung dengan aktivasi ReLU

$$S_{net} = f(s_{in}) = f(0, s_{in})$$

$$S1 = f(0,0,97678) = 0,0,97678$$

$$S2 = 1,140954$$

$$S3 = 1,022321$$

$$\delta_2 = (a - a')(y_{net_{w2}}) = (a - a')0'(1 - a')$$

$$\delta_2 = (a - a')(y_{net_{w2}}) = (-0,8592404 - 0,297498)0,297498(1 - 0,297498) = -0,24175021$$

$$\delta_1 = f'(Z_{net_{w1}})(\delta_2 W_2) = Z_{w1}(1 - Z_{w1})(\delta_2 W_2)$$

$$\delta_1 = 0,726469(1 - 0,726469)(0,24175021 * -0,42459) = 0,02039672$$

$$W_{2_{new}} = \alpha \delta_2 Z_{w1}$$

$$W_{2_{new}} = 0,1 * -0,24175021 * 0,726469 = -0,01756$$

$$B_{2_{new}} = \alpha \delta_2$$

$$B_{2_{new}} = 0,1 * -0,24175021 = -0,02418$$

$$W_{1_{new}} = \alpha \delta_1$$

$$W_{1_{new}} = 0,1 * -0,02039672 - 0,2 = 0,000265$$

$$B_{1_{new}} = \alpha \delta_1$$

$$B_{1_{new}} = 0,1 * -0,016669421 = 0,001667$$

3.7 Skenario Pengujian

Tahap ini adalah tahap terakhir dalam penelitian ini. Proses pada tahap ini digunakan untuk menentukan nilai akurasi, *precision*, *recall*, dan F1-Score. Data akan dibagi menjadi 2 jenis yaitu *data training* dan *data testing*. Data training adalah data yang digunakan untuk melatih model yang telah dibangun. Model

dilatih agar dapat menghasilkan nilai keluaran yang sesuai dengan nilai yang diharapkan. Sedangkan data testing adalah data yang digunakan untuk menguji model yang telah melewati tahap *training*. Hasil uji dari data *testing* ditampung di dalam *confusion matrix* untuk dihitung nilai *True Positive*, *True Negative*, *False Positive*, dan *False Negative*. Hasil perhitungan *True Positive*, *True Negative*, *False Positive*, dan *False Negative* lalu dihitung menggunakan formula sebagai berikut :

$$1. \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (3.6)$$

$$2. \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \quad (3.7)$$

$$3. \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \quad (3.8)$$

$$4. \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{recision}+\text{recall}} \times 100\% \quad (3.9)$$

Perhitungan dengan rumus diatas, menghasilkan nilai akurasi, precision, recall, dan F1-Score. Sedangkan pengujian pada penelitian ini diajukan dengan 5 skenario pengujian, yaitu:

a. Skenario Pengujian 90 : 10

Pengujian 90 : 10 adalah membagi *raw data* secara acak menjadi data training dan data testing dengan presentasi 90% data *training* dan 10% data *testing*.

b. Skenario Pengujian 80 : 20

Pengujian 80 : 20 adalah membagi *raw data* secara acak menjadi data training dan data testing dengan presentasi 80% data *training* dan 20% data *testing*.

c. Skenario Pengujian 70 : 30

Pengujian 70 : 30 adalah membagi *raw data* secara acak menjadi data training dan data testing dengan presentasi 70% data *training* dan 30% data *testing*.

d. Skenario Pengujian 60 : 40

Pengujian 60 : 40 adalah membagi *raw data* secara acak menjadi data training dan data testing dengan presentasi 60% data *training* dan 40% data *testing*.

e. Skenario Pengujian 50 : 50

Pengujian 50 : 50 adalah membagi *raw data* secara acak menjadi data training dan data testing dengan presentasi 50% data *training* dan 50% data *testing*.

BAB IV

PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan sistem game edukasi bencana gunung meletus dengan metode *Artificial Neural Network Backpropagation*, yang kemudian akan dihitung menggunakan confusion matrix guna menentukan *accuracy*, *presisi*, *recall* dan *f-measure*.

4.1 Implementasi Perangkat

4.1.1 Software

Software yang digunakan yaitu:

- a. OS Windows 11 64 bit
- b. *Visual Studio Code*
- c. *Unity3D*
- d. *Google Colab*

4.1.2 Hardware

- a. *Processor Intel® Core i5*
- b. RAM 8 GB
- c. *Mouse*
- d. *Keyboard*

4.2 Implementasi User Interface



Gambar 4.1 Tampilan Awal

4.2.1 Tampilan awal *Game*

Tampilan awal yang terdapat pada gambar 4.1 yang menandakan bahwa pemain akan memulai bermain *game* edukasi bencana gunung meletus.

4.2.2 Tampilan Kuis

Tampilan kuis, jika pemain mengambil kotak harta karun maka akan muncul kuis seperti pada gambar 4.2:



Gambar 4.2 Tampilan Kuis

Kuis yang ditampilkan adalah pengetahuan mengenai edukasi bencana gunung meletus, dengan 3 macam kategori pertanyaan, yaitu: kognitif, afektif, dan psikomotorik.

4.2.3 Perubahan Kabut

Tampilan perubahan kabut ditampilkan pada gambar 4.3 yang menandakan bahwa sistem bekerja dengan perhitungan matematis untuk merubah tingkat kesulitan yang dihadapi pemain.



Gambar 4.3 Tampilan Fitur Perubahan Kabut Pada Level 2

Pada tampilan level 2 perubahan kabut terjadi karena pertambahan skor, skor yang diberikan pada level ini yaitu (+10) perbarang, jika pemain mampu mengambil barang tersebut. Pada *level* ini kecepatan musuh bernilai (3), nilai ini masih rendah karena health pemain masih penuh, sehingga kekuatan pemain masih stabil. Tambahan waktu (+3) dimana *health* akan ditambahkan ketika pemain berhasil mengambil barang, dan tambahan waktu (+12) ketika pemain mengambil barang yang berbentuk jam.



Gambar 4. 4 Tampilan Fitur Perubahan Kabut Pada Level 4

Pada tampilan *level* 4 perubahan kabut terjadi karena pertambahan skor, skor yang diberikan pada level ini yaitu (+9) perbarang, jika pemain berhasil mengambil barang tersebut . Kecepatan musuh bertambah menjadi (12), menunjukkan bahwa musuh semakin aktif, dan pemain harus lebih berhati hati kembali, semakin naik *level* kecepatan musuh semakin meningkat. Tambahan *health* (+3) jika pemain mendapatkan barang. Tambahan waktu (+10) ketika pemain mengambil barang yang berbentuk jam.



Gambar 4. 5 Tampilan Fitur Perubahan Kabut Pada Level 6

Pada tampilan *level* 4 perubahan kabut terjadi karena penambahan skor, skor yang diberikan pada *level* ini yaitu (+9) perbarang, jika pemain berhasil mengambil barang tersebut. Kecepatan musuh bertambah menjadi (18), menunjukkan bahwa musuh semakin aktif, dan pemain harus lebih berhati-hati kembali, semakin naik *level* kecepatan musuh semakin meningkat. Tambahan *health* (+2) jika pemain mendapatkan barang. Tambahan waktu (+7) ketika pemain mengambil barang yang berbentuk jam.

4.3 Implementasi Artificial Neural Network Backpropagation

Pada penelitian ini menggunakan 4 arsitektur, yaitu : Arsitektur Jaringan 7 - 4 - 3 - 4, Arsitektur Jaringan 7 - 4 - 5 - 4, Arsitektur Jaringan 7 - 8 - 6 - 4, dan Arsitektur Jaringan 7 - 10 - 4.

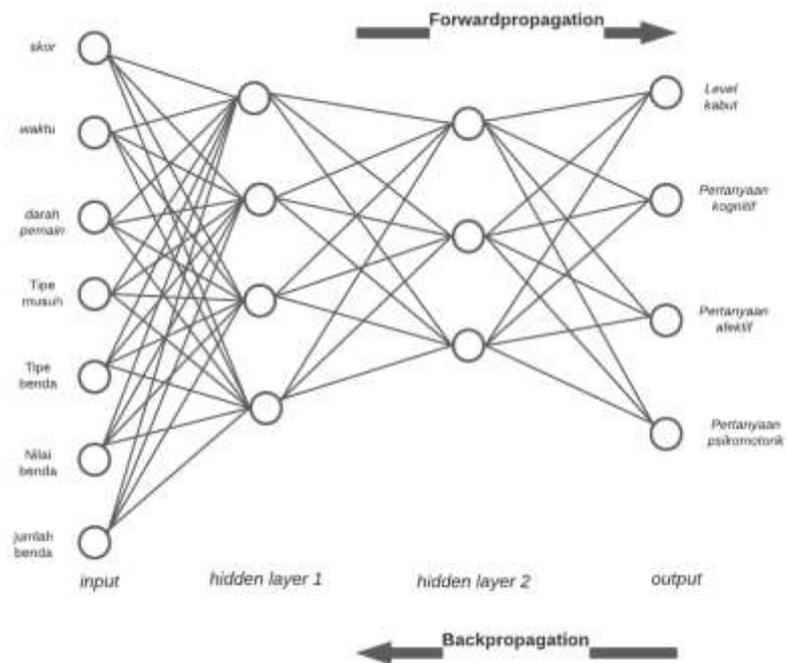
a. Arsitektur Jaringan 7 - 4 - 3 - 4

Pada percobaan ini, arsitektur jaringan yang digunakan yaitu: 7,4,3,4, dengan 7 input, dengan 2 hidden layer. Hidden layer 1 adalah 4, hidden layer 2 adalah 3, dan output yang berjumlah 4, 1000 epoch, *learning rate* senilai 0,01 dan 2 *optimizer* yaitu Adam dan SGD.

Tabel 4.1 Arsitektur jaringan 7 - 4 - 3 - 4

Arsitektur Jaringan	7,4,3,4	7,4,3,4	7,4,3,4	7,4,3,4
Fungsi Aktivasi	RELU	RELU	TANH	TANH
Epoch	1000	1000	1000	1000
Learning Rate	0,01	0,01	0,01	0,01
Optimizer	ADAM	SGD	ADAM	SGD
Loss	0.23411209881 305695	0.00765593256801 3668	0.00073093111859 63452	0.01880944147706 0318
Accuracy	1	0.10000000149011 612	0.0	0.40000000596046 45

Pada tabel 4.1 Menunjukkan bahwa nilai terbaik jatuh pada fungsi aktivasi RELU dengan optimizer adam yang memiliki nilai akurasi 1 dan nilai loss 0.23411209881305695. Berikut gambar Arsitektur Jaringan 7 – 4 – 3 – 4:



Gambar 4. 6 Arsitektur Jaringan 7 - 4 - 5 - 4

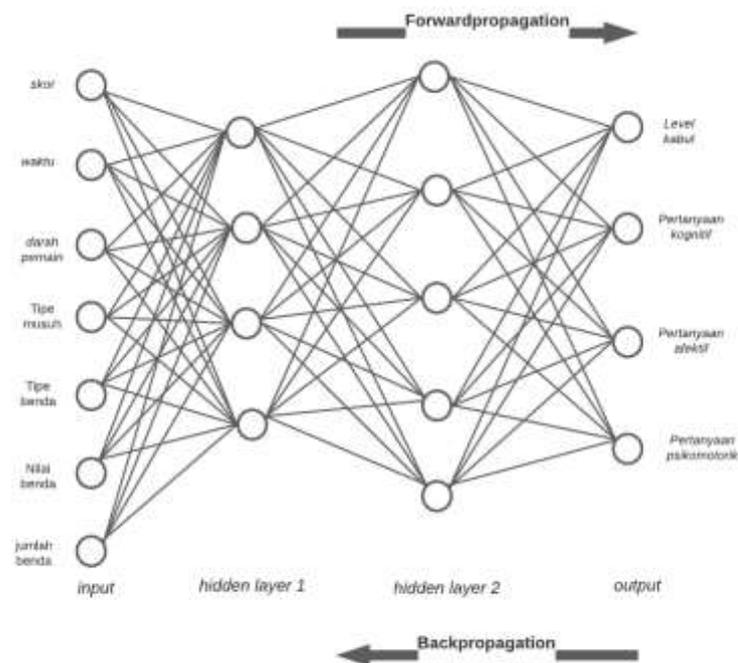
b. Arsitektur Jaringan 7 - 4 - 5 - 4

Pada percobaan ini, arsitektur jaringan yang digunakan yaitu: 7,4,5,4, dengan 7 input, dengan 2 hidden layer. Hidden layer 1 adalah 4, hidden layer 2 adalah 5, dan output yang berjumlah 4, 1000 epoch, *learning rate* senilai 0,01 dan 2 *optimizer* yaitu Adam dan SGD.

Tabel 4.2 Arsitektur Jaringan 7 – 4 - 5- 4

Arsitektur Jaringan	7,4,5,4	7,4,5,4	7,4,5,4	7,4,5,4
Fungsi Aktivasi	RELU	RELU	TANH	TANH
Epoch	1000	1000	1000	1000
Learning Rate	0,01	0,01	0,01	0,01
Optimizer	ADAM	SGD	ADAM	SGD
Loss	0,0849691778 421402	0.01174598000943 6607	0.003448285395279 5267	0.01176092401146 8887
Akurasi	0,9750000238 418579	0.25999999046325 684	0.0	0.30000001192092 896

Pada tabel 4.2 Menunjukkan bahwa nilai terbaik jatuh pada fungsi aktivasi RELU dengan optimizer adam yang memiliki nilai akurasi 0,9752380000418579 dan nilai loss 0.0849691778421402. Berikut Arsitektur jaringan 7 – 4 – 5 – 4:



Gambar 4.7 Arsitektur Jaringan 7 – 4 – 5 – 4

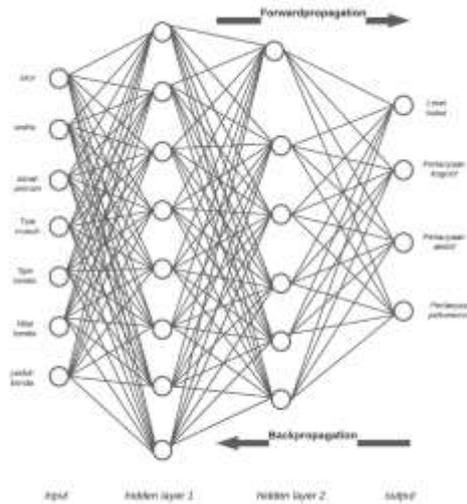
c. Arsitektur Jaringan 7 - 8 - 6 - 4

Pada percobaan ini, arsitektur jaringan yang digunakan yaitu: 7,8,6,4, dengan 7 input, dengan 2 hidden layer. Hidden layer 1 adalah 8, hidden layer 2 adalah 6, dan output yang berjumlah 4, 1000 epoch, *learning rate* senilai 0,01 dan 2 *optimizer* yaitu Adam dan SGD.

Tabel 4.3 Arsitektur Jaringan 7 - 8 - 6 - 4

Arsitektur Jaringan	7,8,6,4	7,8,6,4	7,8,6,4	7,8,6,4
Fungsi Aktivasi	RELU	RELU	TANH	TANH
Epoch	1000	1000	1000	1000
Learning Rate	0,01	0,01	0,01	0,01
Optimizer	ADAM	SGD	ADAM	SGD
Loss	0.084413595 49760818	0.00385322351 9399762	0.00225668540 22443295	0.00867593847 2151756
Akurasi	0.159999996 4237213	0.93999999761 58142	0.60000002384 18579	0.31999999284 74426

Pada tabel 4.3 Menunjukkan bahwa nilai terbaik jatuh pada fungsi aktivasi RELU dengan *optimizer* SGD yang memiliki nilai akurasi 0.9399999976158142 dan nilai loss 0.003853223519399762, berikut Arsitektur jaringan 7 - 8 - 6 - 4



Gambar 4.8 Arsitektur Jaringan 7 – 8 – 6 – 4

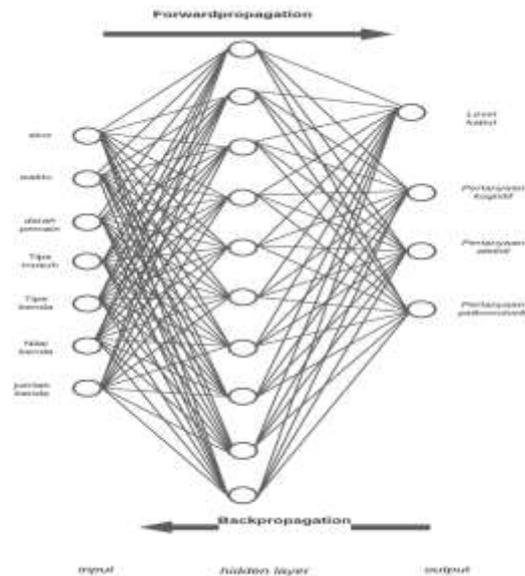
d. Arsitektur Jaringan 7 - 10 – 4

Pada percobaan ini, arsitektur jaringan yang digunakan yaitu: 7,10,4 dengan 7 input, dengan 1 hidden layer yaitu 1, dan output yang berjumlah 4, 1000 epoch, *learning rate* senilai 0,01 dan 2 *optimizer* yaitu Adam dan SGD.

Tabel 4.4 Arsitektur Jaringan 7 – 10 - 4

Arsitektur Jaringan	7,10,4	7,10,4	7,10,4	7,10,4
Fungsi Aktivasi	RELU	RELU	TANH	TANH
Epoch	1000	1000	1000	1000
Learning Rate	0,01	0,01	0,01	0,01
Optimizer	ADAM	SGD	ADAM	SGD
Loss	0.117291688919 06738	0.23941345512866 974	0.00089668453438 20751	0.0084780259057 87945
Accuracy	0.100000001490 11612	0.40000000596046 45	0.0	0.5

Pada tabel 4.4 Menunjukkan bahwa nilai terbaik jatuh pada fungsi aktivasi TANH dengan optimizer SGD yang memiliki nilai akurasi 0.5 dan nilai loss. 0.008478025905787945. Berikut Arsitektur jaringan 7 – 10 – 4:



Gambar 4.9 Arsitektur 7 – 10 – 4

4.4 Pengujian Level dengan Neural Network

4.4.1 Data

Seluruh hasil pengujian tanpa menggunakan *Neural Network* yang berjumlah 100 data dijadikan *dataset* yang akan digunakan untuk mengolah arsitektur *Neural Network*.

Tabel 4.5 Training Data

Score	Time	Healty	Nilai barang	Jumlah barang	Tipe musuh	Jumlah musuh	level	kognitif	afektif	Psiko motorik
3	200	100	9	5	4	8	1	k1	a1	p1
6	198	99	9	6	3	2	1	k1	a1	p1
9	196	98	7	18	3	10	1	k1	a1	p1
12	194	97	9	18	6	7	1	k1	a1	p1
15	192	96	7	16	1	1	1	k1	a1	p1
18	190	95	7	13	4	10	1	k1	a1	p1
21	188	94	9	16	6	6	1	k1	a1	p1
27	184	92	5	20	1	10	1	k1-1	a1-1	p1-1
30	182	91	7	19	1	3	1	k1-1	a1-1	p1-1
33	180	90	5	8	1	6	2	k1-2	a1-2	p1-2
36	178	89	9	17	4	3	2	k1-2	a1-2	p1-2
39	176	88	9	20	6	3	2	k1-2	a1-2	p1-2
42	174	87	9	20	5	8	2	k1-2	a1-2	p1-2
45	172	86	7	7	2	6	2	k1-2	a1-2	p1-2

48	170	85	7	6	3	7	2	k1-2	a1-2	p1-2
51	168	84	5	8	1	3	2	k1-2	a1-2	p1-2
54	166	83	10	16	5	10	2	k1-2	a1-2	p1-2
57	164	82	9	6	2	8	2	k1-2	a1-2	p1-2
60	162	81	7	15	5	6	2	k1-2	a1-2	p1-2
63	160	80	9	6	4	3	3	k1-3	a1-3	p1-3
66	158	79	9	16	1	2	3	k1-3	a1-3	p1-3
69	156	78	7	15	1	7	3	k1-3	a1-3	p1-3
72	154	77	10	15	1	4	3	k1-3	a1-3	p1-3
75	152	76	5	18	1	9	3	k1-3	a1-3	p1-3
78	150	75	7	6	2	1	3	k1-3	a1-3	p1-3
81	148	74	5	16	5	5	3	k1-3	a1-3	p1-3
84	146	73	7	6	5	6	3	k1-3	a1-3	p1-3
87	144	72	5	16	3	3	3	k1-3	a1-3	p1-3
90	142	71	9	8	3	5	3	k1-3	a1-3	p1-3
93	140	70	7	20	4	4	4	k1-4	a1-4	p1-4
96	138	69	10	19	1	10	4	k1-4	a1-4	p1-4
99	136	68	9	8	1	5	4	k1-4	a1-4	p1-4
102	134	67	7	18	1	6	4	k1-4	a1-4	p1-4
105	132	66	7	19	5	7	4	k1-4	a1-4	p1-4
108	130	65	7	6	4	4	4	k1-4	a1-4	p1-4
111	128	64	10	18	4	6	4	k1-4	a1-4	p1-4
114	126	63	9	19	3	4	4	k1-4	a1-4	p1-4
117	124	62	9	11	6	8	4	k1-4	a1-4	p1-4
120	122	61	7	17	4	4	4	k1-4	a1-4	p1-4
123	120	60	9	6	6	3	5	k2-1	a2-1	p2-1
126	118	59	7	20	1	9	5	k2-1	a2-1	p2-1
129	116	58	9	20	6	3	5	k2-1	a2-1	p2-1
132	114	57	10	12	3	4	5	k2-1	a2-1	p2-1
135	112	56	9	10	2	4	5	k2-1	a2-1	p2-1
138	110	55	5	10	3	7	5	k2-1	a2-1	p2-1
141	108	54	9	14	6	3	5	k2-1	a2-1	p2-1
144	106	53	7	20	2	6	5	k2-1	a2-1	p2-1
147	104	52	9	13	4	3	5	k2-1	a2-1	p2-1
150	102	51	5	11	3	1	5	k2-1	a2-1	p2-1
153	100	50	7	16	4	2	6	k2-2	a2-2	p2-2
156	98	49	7	19	4	4	6	k2-2	a2-2	p2-2
159	96	48	5	15	2	10	6	k2-2	a2-2	p2-2
162	94	47	7	17	3	5	6	k2-2	a2-2	p2-2
165	92	46	10	13	3	4	6	k2-2	a2-2	p2-2
168	90	45	7	20	3	5	6	k2-2	a2-2	p2-2
171	88	44	7	8	6	6	6	k2-2	a2-2	p2-2
174	86	43	5	10	2	3	6	k2-2	a2-2	p2-2

177	84	42	7	12	4	8	6	k2-2	a2-2	p2-2
180	82	41	9	19	1	9	6	k2-2	a2-2	p2-2
183	80	40	7	9	5	3	7	k2-3	a2-3	p2-3
186	78	39	5	11	6	6	7	k2-3	a2-3	p2-3
189	76	38	9	5	6	5	7	k2-3	a2-3	p2-3
192	74	37	10	8	6	7	7	k2-3	a2-3	p2-3
195	72	36	7	16	6	10	7	k2-3	a2-3	p2-3
198	70	35	7	6	3	6	7	k2-3	a2-3	p2-3
201	68	34	9	11	2	1	7	k2-3	a2-3	p2-3
204	66	33	7	5	6	5	7	k2-3	a2-3	p2-3
207	64	32	7	7	5	4	7	k2-3	a2-3	p2-3
210	62	31	7	15	6	1	7	k2-3	a2-3	p2-3
213	60	30	5	14	2	10	8	k3-1	a3-1	p3-1
216	58	29	9	7	1	7	8	k3-1	a3-1	p3-1
219	56	28	9	10	6	4	8	k3-1	a3-1	p3-1
222	54	27	7	15	5	1	8	k3-1	a3-1	p3-1
225	52	26	9	7	2	5	8	k3-1	a3-1	p3-1
228	50	25	9	11	1	1	8	k3-1	a3-1	p3-1
231	48	24	5	5	5	1	8	k3-1	a3-1	p3-1
234	46	23	10	11	3	10	8	k3-1	a3-1	p3-1
237	44	22	9	10	5	9	8	k3-1	a3-1	p3-1
240	42	21	5	14	2	5	8	k3-1	a3-1	p3-1
243	40	20	9	8	2	1	9	k3-2	a3-2	p3-2
246	38	19	7	11	6	3	9	k3-2	a3-2	p3-2
249	36	18	5	19	1	6	9	k3-2	a3-2	p3-2
252	34	17	9	12	3	6	9	k3-2	a3-2	p3-2
255	32	16	10	5	5	1	9	k3-2	a3-2	p3-2
258	30	15	5	10	5	4	9	k3-2	a3-2	p3-2
261	28	14	9	10	4	5	9	k3-2	a3-2	p3-2
264	26	13	9	20	1	7	9	k3-2	a3-2	p3-2
267	24	12	5	16	1	7	9	k3-2	a3-2	p3-2
270	22	11	10	9	2	2	9	k3-2	a3-2	p3-2
273	20	10	9	19	1	4	10	k3-3	a3-3	p3-3
276	18	9	7	6	2	5	10	k3-3	a3-3	p3-3
279	16	8	5	16	4	9	10	k3-3	a3-3	p3-3
282	14	7	9	15	3	5	10	k3-3	a3-3	p3-3
285	12	6	7	20	5	10	10	k3-3	a3-3	p3-3
288	10	5	7	12	3	2	10	k3-3	a3-3	p3-3
291	8	4	9	18	3	4	10	k3-3	a3-3	p3-3
294	6	3	9	5	5	8	10	k3-3	a3-3	p3-3
297	4	2	10	16	2	8	10	k3-3	a3-3	p3-3
300	2	1	5	17	2	2	10	k3-3	a3-3	p3-3

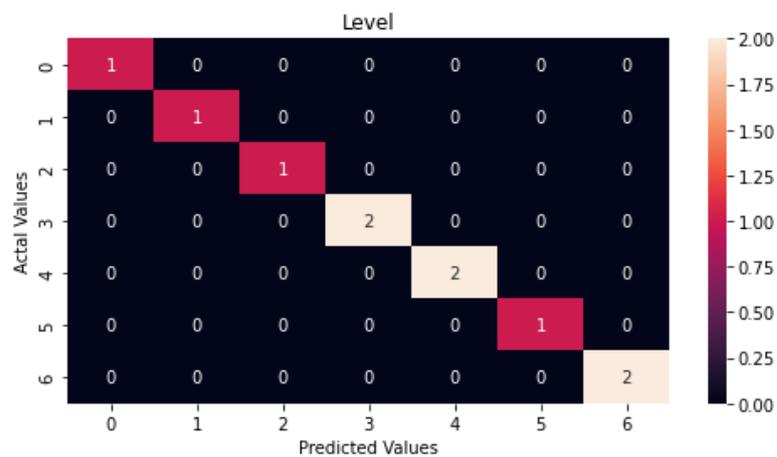
4.4.2 Hasil Pengujian

Pengujian menggunakan *Neural Network* dibagi ke dalam 5 skenario, yaitu skenario pengujian 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50.

1. Pengujian 90:10

a. Confusion Matrix

Berikut hasil uji data training pada tabel yang didapatkan untuk confusion matrix :



Gambar 4.10 *Confusion Matrix* 90:10

b. Nilai Precision, Recall, F1-Score

Berikut nilai Precision, Recall, F1-Score, yang dihasilkan Confusion matrix pengujian 90:10.

Tabel 4.6 Nilai Precision, Recall, F1-Score

No.	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
1	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0
5	1.0	1.0	1.0
6	1.0	1.0	1.0
7	1.0	1.0	1.0
8	1.0	1.0	1.0
9	1.0	1.0	1.0

Rata rata yang didapat dari keseluruhan nilai *Precision*, *Recall*, *F1-Score* pada confusion matrix pengujian 90:10 berikut:

Tabel 4.7 Rata-rata *Precision*, *Recall*, *F1-Score*

<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
1.0	1.0	1.0

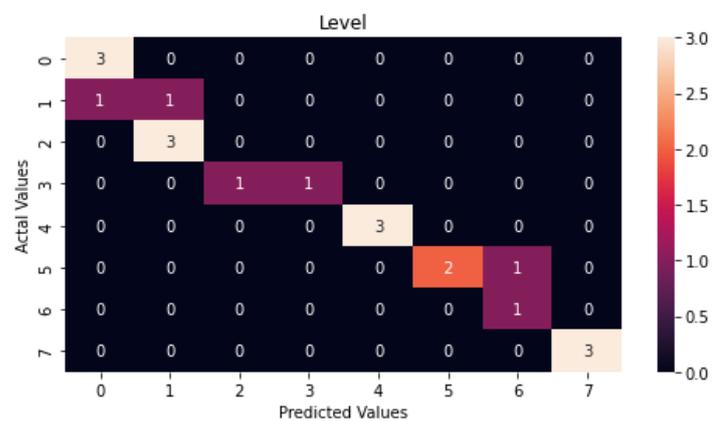
c. Nilai Akurasi

Pengujian 90:10 telah dihitung keseluruhannya dan akhir nilai akurasinya sebesar 10%

2. Pengujian 80:20

a. Confusion Matrix

Berikut hasil uji data training pada tabel yang didapatkan untuk confusion matrix :



Gambar 4.11 *Confusion Matrix* 80:20

b. Nilai *Precision*, *Recall*, *F1-Score*

Berikut nilai *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, yang dihasilkan *Confusion matrix* pengujian 80:20.

Tabel 4.8 Nilai *Precision*, *Recall*, *F1-Score*

No	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
1	0.75	1.00	0.86

2	0.25	0.50	0.33
3	0.00	0.00	0.00
4	1.00	0.50	0.67
5	1.00	1.00	1.00
6	1.00	0.67	0.80
7	0.50	1.00	0.67
8	1.00	1.00	1.00

Rata rata yang didapat dari keseluruhan nilai *Precision*, *Recall*, *F1-Score* pada confusion matrix pengujian 80:20 berikut:

Tabel 4.9 Rata-rata Precision, Recall, F1-Score

<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
0.8	0.8	0.66

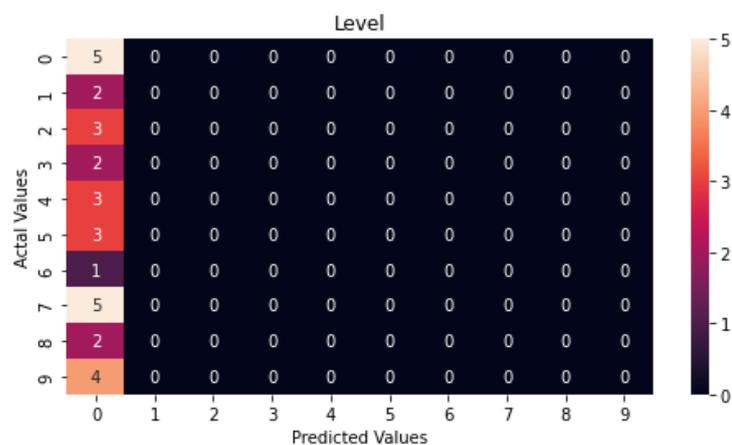
c. Nilai Akurasi

Pengujian 80:20 telah dihitung keseluruhannya dan akhir nilai akurasinya sebesar 50%

3. Pengujian 70:30

a. Confusion Matrix

Berikut hasil uji data training pada tabel yang didapatkan untuk confusion matrix :



Gambar 4. 12 Confusion Matrix 70:30

b. Nilai Precision, Recall, F1-Score

Berikut nilai Precision, Recall, F1-Score, yang dihasilkan Confusion matrix pengujian 70:30.

Tabel 4.10 Nilai Precision, Recall, F1-Score

No	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
1	0.17	1.00	0.29
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00

Rata rata yang didapat dari keseluruhan nilai *Precision*, *Recall*, *F1-Score* pada confusion matrix pengujian 70:30 berikut:

Tabel 4.11 Rata-Rata Precision, Recall, F1-Score

<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
0	0,1	0

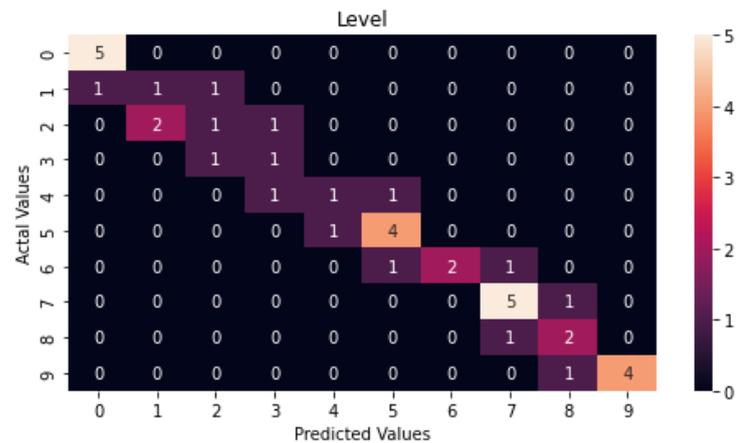
c. Nilai Akurasi

Pengujian 70:30 telah dihitung keseluruhannya dan akhir nilai akurasi sebesar 17%.

4. Pengujian 60:40

a. Confusion Matrix

Berikut hasil uji data training pada tabel yang didapatkan untuk confusion matrix :



Gambar 4.13 Confusion Matrix 60:40

b. Nilai Precision, Recall, F1-Score

Berikut nilai Precision, Recall, F1-Score, yang dihasilkan Confusion matrix pengujian 60:40.

Tabel 4.12 Nilai Precision, Recall, F1-Score

No	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
1	0.83	1.00	0.91
2	0.33	0.33	0.33
3	0.33	0.25	0.29
4	0.33	0.50	0.40
5	0.50	0.33	0.40
6	0.67	0.80	0.73
7	1.00	0.50	0.67
8	0.71	0.83	0.77
9	0.50	0.67	0.57
10	1.00	0.80	0.89

Rata rata yang didapat dari keseluruhan nilai *Precision*, *Recall*, *F1-Score* pada confusion matrix pengujian 60:40 berikut:

Tabel 4.13 Rata-rata Precision, Recall, F1-Score

<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
1	1	0,596

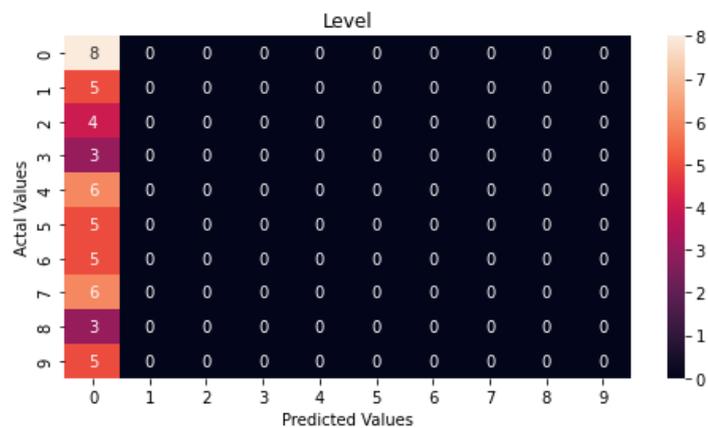
c. Nilai Akurasi

Pengujian 60:40 telah dihitung keseluruhannya dan akhir nilai akurasinya sebesar 65%

5. Pengujian 50:50

a. Confusion Matrix

Berikut hasil uji data training pada tabel yang didapatkan untuk confusion matrix :



Gambar 4.14 Confusion Matrix 50:50

b. Nilai Precision, Recall, F1-Score

Berikut nilai Precision, Recall, F1-Score, yang dihasilkan Confusion matrix pengujian 50:50.

Tabel 4.14 Nilai Precision, Recall, F1-Score

No	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
1	0.16	1.00	0.28
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00

Rata rata yang didapat dari keseluruhan nilai *Precision*, *Recall*, *F1-Score* pada confusion matrix pengujian 50:50 berikut:

Tabel 4.15 Rata-rata Precision, Recall, F1-Score

<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
0,016	0,1	0

c. Nilai Akurasi

Pengujian 50:50 telah dihitung keseluruhannya dan akhir nilai akurasinya sebesar 16%.

4.4.3 Skenario Uji Arsitektur 7 – 4 – 3 -4

Tabel 4.16 Skenario Uji

No	Skenario Uji	Arsitektur	Loss	Akurasi
1	90:10	7-4-3-4	0.000730931	0.400000005
2	80:20	7-4-3-4	0.001538591	1
3	70:30	7-4-3-4	0.001166059	1
4	60:40	7-4-3-4	0.1005595922	0.4250000192
5	50:50	7-4-3-4	0.980000019	0.002163189

Pada tabel 4.16 Menunjukkan bahwa nilai Skenario Uji yang optimal adalah pada skenario uji 70:30 dengan nilai Loss 0.001166059 dan nilai akurasi 1, karena nilai loss terbaik adalah mendekati 0 dan nilai akurasi terbaik adalah mendekati 1.

4.4.4 Sebaran Bobot dan Bias

Berikut adalah sebaran nilai bobot dan bias masing masing *hidden layer* yang didapatkan dari arsitektur 7 – 4- 5 - 4.

Tabel 4.17 Sebaran Bobot

	Hidden Neuron_1 1	Hidden Neuron_1 2	Hidden Neuron_1 3	Hidden Neuron_1 4
Input 1	0.1562672	- 0.1233461	0.94614875	-0.8125413
Input 2	0.5808057	-0.477182	-0.796292	0.5231836
Input 3	0.38229907	-0.33506274	0.3973807	-0.5341117
Input 4	-0.463798	0.16310385	- 0.02745	0.0367875
Input 5	0.2448709	0.2188115	0.0324379	0.5671526
Input 6	0.2984017	-0.3180382	0.0545484	- 0.793570
Input 7	0.2815052	0.29081145	- 0.038594	-0.710242
Bias	1	1	1	1

Tabel 4.17 menampilkan nilai bobot dan bias yang akan diimplementasikan ke dalam *game* edukasi dari *layer input* → *hidden layer 1*.

Tabel 4.18 Nilai Bobot Hidden Layer 1 → Hidden Layer 2

	Hidden Neuron_2 1	Hidden Neuron_2 2	Hidden Neuron_2 3	Hidden Neuron_2 4	Hidden Neuron _2 5
Hidden Neuron_1 1	- 0.34246215	0.21587138	-0.22051072	0.297585	0.1486857 8
Hidden Neuron_1 2	-0.26074773	0.28648242	0.38084373	0.44502968	0.18590781
Hidden Neuron_1 3	0.91321087	0.3154096	-0.25304875	0.9159842	0.1209790 3
Hidden Neuron_1 4	0.5762799 4	-0.15583937	0.5251087	-0.2325014	0.3229283 4
Bias 1	1	1	1	1	1

Tabel 4.18 menampilkan nilai bobot dan bias yang akan diimplementasikan ke dalam *game* edukasi dari *Hidden Layer 1* → *Hidden Layer 2*.

Tabel 4.19 Nilai Bobot Hidden Layer 2 → Output

	Output 1	Output 2	Output 3	Output 4
Hidden Neuron_2 1	7.57E14	-2.69E13	5.21E-13	-3.25E14
Hidden Neuron_2 2	-3.3000	4.53E-01	2.44E+00	1.72E+00
Hidden Neuron_2 3	8.53E01	-1.87E+00	-2.73E+00	-2.39E01
Hidden Neuron_2 4	1.93E13	1.09E-14	-2.17E-13	-3.16E14
Hidden Neuron_2 5	2.1900	1.8800	1.2000	1.28E00
Bias 3	1	1	1	1

Tabel 4.19 menampilkan nilai bobot dan bias yang akan diimplementasikan ke dalam *game* edukasi dari *Hidden Layer 2* → *Output layer*.

4.5 Integrasi islam

1. Mu'amalah Ma'a Allah

Game pada penelitian ini bertema tentang bencana alam gunung meletus, sebagaimana telah Allah sampaikan pada firmanNya:

Surat Al haqqah ayat 14

وَحُمِلَتِ الْأَرْضُ وَالْجِبَالُ فَدُكَّتَا دَكَّةً وَاحِدَةً ۚ ١٤

Artinya : “*dan bumi serta gunung-gunung diangkat lalu dibenturkan dengan sekali benturan*”

Tafsir dari al- mustashar/ markas tafsir riyadh, dibawah pengawasan syaikh dr.shalih bin Abdullah bin Humaid (Imam Masjidil Haram) menafsirkan “Dan bumi serta gunung-gunung telah diangkat, lalu keduanya dibenturkan dengan sekali benturan yang keras hingga puing-puing bumi dan gunung gunung menjadi tercerai berai”.

Surat An-naml ayat 88

وَتَرَى الْجِبَالَ تَحْسَبُهَا جَامِدَةً وَهِيَ تَمُرُّ مَرَّ السَّحَابِ صُنِعَ اللَّهُ الَّذِي لَئِن كُنَّ كُلُّ شَيْءٍ آفَافًا لَّيِّنًا إِنَّهُ خَبِيرٌ بِمَا تَفْعَلُونَ ٨٨

“Engkau akan melihat gunung-gunung yang engkau kira tetap di tempatnya, padahal ia berjalan seperti jalannya awan. (Demikianlah) penciptaan Allah menjadikan segala sesuatu dengan sempurna. Sesungguhnya Dia Maha teliti terhadap apa yang kamu kerjakan”

Tafsir dari al-muyassar/ kementerian agama saudi arabia “Dan kamu akan melihat gunung gunung yang kamu kira mereka berhenti dan diam tak bergerak, padahal ia berjalan dengan jalan yang cepat sebagaimana perjalanan awan yang ditiup oleh hembusan angin. Ini termasuk perbuatan alah yang teah membuat segaa sesuatu dengan indah dan merapikannya. Sesungguhnya allah maha teliti terhadap apa yang buruk dan akan memberikan balasan kepada mereka sesuai dnegan amal perbuatan tersebut”.

Bencana alam seperti gunung meletus ini, menjadikan kita agar selalu ingat maha kuasaNya Allah yang telah menjadikan gunung dapat meletus, seperti pada firman Allah surat An-Nahl : 112:

وَضَرَبَ اللَّهُ مَثَلًا قَرْيَةً كَانَتْ آمِنَةً مُّطْمَئِنَّةً يَأْتِيهَا رِزْقُهَا رَغَدًا مِنْ كُلِّ مَكَانٍ فَكَفَرَتْ

بِأَنْعَمِ اللَّهُ فَآذَقَهَا اللَّهُ لِبَاسَ الْجُوعِ وَالْخَوْفِ بِمَا كَانُوا يَصْنَعُونَ ﴿١١٢﴾

“Allah telah membuat suatu perumpamaan sebuah negeri yang dahulu aman lagi tenteram yang rezekinya datang kepadanya melimpah ruah dari setiap tempat, tetapi (penduduknya) mengingkari nikmat-nikmat Allah. Oleh karena itu, Allah menimpakan kepada mereka bencana kelaparan dan ketakutan⁴²²) karena apa yang selalu mereka perbuat.”

Dikutip dari az - Zuhaili, berdasarkan Tafsir Al-Munir jilid 7 menjelaskan bahwa ayat ini menunjukkan sebuah kewajiban umat muslim agar selalu beriman kepada Allah dan para rasul. Allah akan memberikan azab sebagai bentuk peringatan dan ancaman bagi penduduk yang durhaka dan ingkar terhadap nikmat Allah agar mereka kembali lagi untuk bersyukur kepada Allah SWT.

3. Mu'amalah Ma'a Nass

Game edukasi pembelajaran gunung meletus bertujuan sebagai saah satu media pembelajaran yang dapat digunakan oleh semua orang khususnya siswa sekolah dasar. Belajar dan pembelajaran sendiri sudah ada sejak zaman Rosulullah SAW, berjalannya pendidikan bebarengan dengan usaha Rosululloh SAW dalam dakwahnya untuk penyebaran dan pengembangan agama islam. Al-qu'an dalam bidang pendidikan islam sebagai sumber normatifnya. Oleh sebab itu konsep belajar dan pembelajaran akan ditemukan dalam topik al qur'an itu sendiri. Berikut ayat al-qur'an yang menjelaskan tentang pentingnya belajar dan pembelajaran:

1. Surat al-‘alaq: 1-5

Tentang penting nya materi belajar dan pembelajaran :

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ ﴿١﴾ خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ ﴿٢﴾ اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ ﴿٣﴾

الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ ﴿٤﴾ عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ﴿٥﴾

1. Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu yang menciptakan!
2. Dia menciptakan manusia dari segumpal darah.
3. Bacalah! Tuhanmulah Yang Mahamulia,
4. yang mengajar (manusia) dengan pena.
5. Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya.

Berdasarkan Tafsir Al – Wajiz “Dzat yang mengajarkan manusia menulis dengan pena, dan itu adalah kenikmatan yang agung dari Allah SWT. Allah mengajarkan manusia dengan pena yang belum pernah mereka ketahui sebelumnya”.

3. Mu’amalah Ma’a Al-Alam

Game dengan tema edukasi gunung meletus ini menjadikan manusia berbuat baik tak hanya kepada Allah dan manusia tapi juga kepada alam karena Allah tidak menyukai orang-orang yang merusak alam, seperti pada firman Allah surat al-baqoroh ayat 205:

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَى فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ



“Apabila berpaling (dari engkau atau berkuasa), dia berusaha untuk berbuat kerusakan di bumi serta merusak tanam-tanaman dan ternak. Allah tidak menyukai kerusakan.”

Tafsir oleh as-Sa'di / Syaikh Abdurrahman bin Nashir as-Sa'di, pakar tafsir abad 14 H “Dan apabila dia berpaling (darimu)”, yakni orang yang perkataannya mengesankan hatimu setelah sebelumnya berada di sisimu, “ia berjalan di bumi untuk mengadakan kerusakan padanya.” Maksudnya, dia berusaha mengamalkan kemaksiatan berupa perbuatan merusak bumi hingga dia binasa karenanya, “tanaman-tanaman dan binatang binatang ternak,” pepohonan, buah-buahan, dan hewan hewan ternak musnah, berkurang, dan keberkahannya menjadi sedikit yang disebabkan oleh perbuatan maksiat, “dan Allah tidak menyukai kerusakan.” Apabila Allah tidak menyukai kerusakan, maka Allah sangat murka terhadap hamba yang merusak dimuka bumi, walaupun orang itu berbicara dengan perkataan yang baik dengan lisannya. Ayat ini adalah dalil bahwa perkataan yang diungkapkan oleh seseorang bukanlah tanda dari kebenaran dan kebohongan, bukan pula kebaikan dan kejahatan, hingga terwujud perbuatan yang membuktikan benarnya perkataan tersebut, dan sebaiknya menguji dahulu kondisi para saksi, yang berkata benar atau yang berkata batil dengan adanya perbuatan-perbuatan mereka yang baik, dan menyingkap kondisi-kondisi kehidupan mereka,

dan agar tidak terpedaya oleh pencemaran dan penyucian mereka atas diri mereka sendiri.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari implementasi *Neural Network* pada *game* edukasi bencana gunung meletus, maka dapat diambil kesimpulan adalah sebagai berikut:

- a. Pada pembangunan *game* edukasi bencana gunung meletus ini terdapat 7 *input* yang berperan sangat penting dalam penentuan hasil kesulitan yang dikeluarkan. *Input* tersebut antara lain skor, waktu, darah pemain, jumlah musuh, jumlah barang, tipe musuh, dan tipe barang adalah dimana ketujuh variabel tersebut didapatkan dari usaha pemain untuk mengumpulkannya. Setelah didapatkan, nilai ketujuh variabel tersebut diproses menggunakan formula matematis sederhana untuk mendapatkan tingkat kesulitan yang optimal..
- b. Berdasarkan hasil pengujian arsitektur yang terbaik yaitu arsitektur 7-4-3-4, yaitu memiliki akurasi paing tinggi yakni 1 dan loss 0.23411209881305695. Diuji kembali menggunakan skenario 90:10, 80:20, 70:30, 60:20, 50:50, hasil optimalnya adalah skenario uji 70:30.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini pasti ada kekurangan didaamnya sehingga perlu dikembangkan dikemudian hari agar lebih baik dari penelitian sekarang ini, oleh karena itu pengembangan yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Perlunya penambahan arsitektur jaringan terhadap penelitian ini agar lebih banyak perbandingan antara arsitektur satu ke arsitektur yang lain.
2. Pada penelitian ini *game* masih bersifat *singleplayer*. Hal ini dapat dikembangkan oleh peneliti selanjutnya ke dalam *game multiplayer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Makrifah, F. N., & Sudarmilah, E. (2019). Game Edukasi Mitigasi Bencana Gunung Meletus “Petualangan Guntur”. *Jurnal PROtek Vol, 6*(1).
- Bramasta, D., & Irawan, D. (2020). Mitigasi Bencana Gunung Meletus di Sekolah Rawan Bencana. *Publikasi Pendidikan, 10*(2), 154-159.
- Muhammad, F., Hadi, A., & Irfan, D. (2018). Pengembangan Sistem Informasi Panduan Mitigasi
Bencana Alam Provinsi Sumatera Barat Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan, 11*(1), 27-42.
- Haryanto, H., & Lakoro, R. (2012). GAME EDUKASI EVAKUATOR BERGENRE
PUZZLE DENGAN GAMEPLAY BERBASIS KLASIFIKASI SEBAGAI SARANA PENDIDIKAN DALAM MITIGASI BENCANA. *Techno. Com, 11*(1), 47-54.
- Sobociński, M. D. (2019). Quality of video games: introduction to a complex issue. *Quality Production Improvement-QPI, 1*.
- Asmiatun, S., & Putri, A. N. (2017). *Belajar Membuat Game 2D dan 3D Menggunakan Unity*. Deepublish.
- Plass, J. L., Homer, B. D., Pawar, S., Brenner, C., & MacNamara, A. P. (2019). The effect of adaptive difficulty adjustment on the effectiveness of a game to develop executive function skills for learners of different ages. *Cognitive Development, 49*, 56-67.
- Tremblay, J., Bouchard, B., & Bouzouane, A. (2010). Adaptive Game Mechanics for Learning Purposes-Making Serious Games Playable and Fun. *CSEU (2)*, 465-470.
- Nugroho, F., Yuniarno, E. M., & Hariadi, M. (2019). Desain Serious Game
Sosialisasi Bencana Berbasis Model Teori Aktifitas. *Mnemonic: Jurnal Teknik Informatika, 2*(1), 59-66.
- Wibawa, M. S. (2017). Pengaruh Fungsi Aktivasi, Optimisasi dan Jumlah Epoch Terhadap
Performa Jaringan Saraf Tiruan. *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI), 11*(2), 167174.
- Kasenda, L. M., & Sentinuwo, S. (2016). Sistem monitoring kognitif, afektif dan psikomotorik siswa berbasis android. *Jurnal Teknik Informatika, 9*(1).

Kadir, S. F. (2015). Strategi Pembelajaran Afektif untuk Investasi Pendidikan Masa Depan. *Al-Ta'dib*, 8(2), 135-149.