# ANALISIS KESIAPSIAGAAN BENCANA ALAM TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MULTI-AGEN DI KOTA BATU

**TESIS**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Magister Komputer

Disusun oleh:
Very Sugiarto
NIM: 146150100011015

PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KOMPUTER
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# PENGESAHAN

ANALISIS KESIAPSIAGAAN BENCANA ALAM TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MULTI-AGEN DI KOTA BATU

TESIS

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Magister Komputer

Disusun oleh:
Very Sugiarto
NIM: 146150100011015

Tesis ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
2 Agustus 2019
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

| Dosen Pembimbing I | Dosen Pembimbing II |
|---|---|
| Dr. Sc. Fatwa Ramdani, S.Si., M.Sc | Dr. Eng. Fitra A. Bachtiar, ST., M.Eng. |
| NIK. 201611850619 1 001 | NIP. 201201840628 1 001 |

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 19710518 200312 1 001

# PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur unsur plagiasi, saya bersedia tesis ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (Magister) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 2 Agustus 2019

Very Sugiarto

NIM. 146150100011015

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan tesis dan publikasi yang disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Komputer di Program Studi Magister Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya. Dalam penyusunan tugas atau materi ini, tidak sedikit hambatan yang saya hadapi. Namun saya menyadari bahwa kelancaran dalam penyusunan materi ini tidak lain berkat bantuan, dorongan, dan bimbingan dosen pembimbing, orang tua dan beberapa pihak, sehingga kendala-kendala yang dihadapi dapat teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Fatwa Ramdani yang merupakan pembimbing pertama. Beliau selalu membimbing, selalu memotivasi dan mendukung saya untuk meningkatkan kemampuan setiap saat. Sangat banyak saran-saran positif yang sangat membangun untuk meningkatkan kemampuan dari beliau.
2. Bapak Fitra Abdurrachman Bachtiar selaku dosen pembimbing kedua dalam proses penelitian tesis saya. Beliau yang selalu sabar membimbing dan mengarahkan penelitian sehingga dapat menyelesaikan studi S2. Selain itu beliau sering memberikan catatan-catatan penting untuk mengembangkan kemampuan dalam proses penelitian ini. Sangat banyak sekali saran-saran positif untuk meningkatkan kualitas penelitian.
3. Rekan-rekan Geoinformatika beserta sahabat-sahabat Magister Filkom Universitas Brawijaya yang telah banyak memberi komentar, masukan, solusi dan dukungan selama melakukan penelitian studi. Rekan-rekan Geoinformatika menjadi bagian penting dalam proses penelitian karena selalu memberikan kontribusi penting dalam beberapa diskusi riset yang dilakukan setiap pekan.
4. Keluarga besar: Ayahanda Subagiyo Sugiyanto, Ibunda Subur, Adik Gaguk Ardianto, Windi, lil-Tisya, Mulyo Family dan seluruh keluarga besar. Saya sangat berterima kasih atas segala nasehat kasih sayang, perhatian dan kesabarannya di dalam membesarkan dan mendidik saya, serta yang senantiasa tiada henti-hentinya memberikan doa dan semangat demi terselesaikannya penelitian tesis ini.
5. Terima kasih kepada Universitas Brawijaya karena telah mengizinkan saya untuk menempuh studi Magister saya di Fakultas Ilmu Komputer. Dan juga, segenap dosen Program Studi Magister Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya atas segenap ilmu pengetahuan yang telah diberikan selama menempuh pendidikan di Program Studi Magister Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.

6. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu yang terlibat baik secara langsung maupun yang tidak langsung demi terselesaikannya penelitian tesis ini.

Hanya doa yang bisa saya berikan semoga Allah SWT memberikan pahala serta balasan kebaikan yang berlipat. Saya menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati saya mengharapkan kritik dan saran. Akhir kata, saya berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Malang, 2 Agustus 2019

Penulis

yrevsana1@gmail.com

repository.ub.ac.id

# ABSTRAK

Salah satu bencana alam paling fatal di Kota Batu adalah tanah longsor. Persentase korban jika terkena dampak langsung tanah longsor adalah 47%. Jumlah ini cukup besar jika dibandingkan dengan bencana alam lainnya. Meskipun potensi tsunami adalah yang terbesar, jika dibandingkan dengan intensitas kejadiannya, tanah longsor adalah yang paling umum dan paling sering menyebabkan kematian. Salah satu penyebab banyak kematian dalam bencana alam adalah kurangnya manajemen kesiapsiagaan. Untuk itu diperlukan pengembangan teknologi yang dapat mendukung untuk mengurangi kematian akibat tanah longsor. Salah satu teknologi yang digunakan untuk mencegah jumlah kematian yang disebabkan oleh bencana alam adalah dengan menggunakan teknologi multi-agen. Salah satu keunggulan dari teknologi multi-agen adalah mempunyai karakteristik yang mampu diterapkan pada sistem terdistribusi dan kompleks. Karena karakteristik agen yang *autonomous*, *reactive*, *communicative* dan *proactive* sangat membantu dalam melakukan penyelesaian satu tugas yang kompleks dan melibatkan banyak elemen. Selain itu, *behavioral* dari setiap individu agen yang dimodelkan sesuai dengan individu sebenarnya akan mampu memberikan hasil yang maksimal dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk memodelkan bencana alam tanah longsor menggunakan Metodologi *Prometheus*. Model yang sudah jadi akan diimplementasi ke dalam simulasi menggunakan JADE (*Java Agent DEvelopment Framework*). Evaluasi dilakukan dengan cara melakukan penilaian terhadap karakteristik setiap individu agen yang terlibat dalam simulasi sistem. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa karakteristik *autonomous*, *mental attitude* dan *proactive* agen dalam simulasi penanganan bencana alam tanah longsor ini sangat tinggi, yaitu mencapai 96%, 100% dan 96%.

**Kata Kunci: multi-agen, metodologi *Prometheus*, karakteristik agen, tanah longsor, tahap kesiapsiagaan.**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id


## ABSTRACT

*One of the most fatal natural disasters in Batu City was a landslide. The percentage of casualties if directly affected by landslides is 47%. This number is quite large when compared to other natural disasters. Even though the potential of the tsunami is the biggest, when compared to the intensity of the occurrence, landslides are the most common and most often cause fatalities. One of the causes of many fatalities in natural disasters is the lack of preparedness management. For that reason the need to develop a technology that can support to reduce fatalities in landslides is needed. One of the technologies used to prevent the number of fatalities caused by natural disasters is to use multi-agent system. One of the advantages of multi-agent technology is that it has characteristics that can be applied to distributed and complex systems. Because the characteristics of an autonomous, reactive, communicative and proactive agent are very helpful in completing a complex task and involving many elements. In addition, the behavior of each individual agent that is modeled according to the individual will actually be able to provide maximum results and in accordance with the actual conditions. The specific purpose of this research is to model a landslide natural disaster using the Prometheus Methodology. The finished model will be implemented into the simulation using JADE (Java Agent Development Framework). Evaluation is done by evaluating the characteristics of each individual agent involved in the system simulation. The results of this study indicate that the characteristics of autonomous, mental attitude and proactive agents in the simulation of natural disaster management of landslides is very high, reaching 96%, 100% and 96%.*


***Keywords: multi-agent, Prometheus methodology, characteristics, landslide, preparedness phase.***

# DAFTAR ISI

PENGESAHAN ..... II
PERNYATAAN ORISINALITAS ..... III
KATA PENGANTAR ..... IV
ABSTRAK ..... VI
*ABSTRACT* ..... VII
DAFTAR ISI ..... VIII
DAFTAR TABEL ..... X
BAB 1 PENDAHULUAN ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Identifikasi Permasalahan ..... 5
1.3 Rumusan Masalah ..... 6
1.4 Batasan Masalah ..... 6
1.5 Tujuan Penelitian ..... 6
1.6 Kegunaan Penelitian ..... 6
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN ..... 9
2.1 Tinjauan Pustaka ..... 9
2.1.1 Penelitian Terdahulu ..... 9
2.1.2 Tanah Longsor ..... 10
2.1.3 Kesiapsiagaan Bencana Tanah Longsor ..... 14
2.1.4 Agen & Multi-agen ..... 14
2.1.5 Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak Berorientasi Agen ..... 16
2.1.6 Wawancara ..... 24
2.1.7 Evaluasi Karakteristik Agen ..... 26
2.2 Kerangka Berpikir ..... 27
BAB 3 METODOLOGI ..... 29
3.1 Studi Kasus dan Penelitian ..... 29
3.1.1 Geografis Kota Batu ..... *29*
3.1.2 Instrumen Penelitian ..... *30*
3.1.3 Perancangan Model ..... *31*
3.1.4 Implementasi Model Simulasi ..... *34*
3.1.5 Evaluasi Model ..... *34*
BAB 4 PERANCANGAN ..... 37
4.1 Perancangan Model ..... 37

4.1.1 Hasil Wawancara ..... 37
4.1.2 Studi Kasus ..... 42
4.1.3 Spesifikasi Sistem ..... 44
4.1.4 Desain Arsitektur Sistem ..... 59
4.1.5 Detail Desain ..... 62
4.2 Behavioral Agen ..... 71
4.2.1 Behavioral Agen Informasi ..... 71
4.2.2 Behavioral Agen Kepala Desa ..... 71
4.2.3 Behavioral Agen Geoinformasi ..... 72
4.2.4 Behavioral Agen TRC Desa ..... 73
4.2.5 Behavioral Agen BPBD Kota Batu ..... 74
4.2.6 Behavioral Agen Lokasi ..... 74
4.2.7 Behavioral Agen Korban ..... 75
4.2.8 Behavioral Agen HUNTARA ..... 75
4.2.9 Behavioral Agen POSKO INDUK ..... 76
4.2.10 Behavioral Agen BRANTAS Rescue ..... 76
4.2.11 Behavioral Agen PMI Desa ..... 77
4.2.12 Behavioral Agen TAGANA ..... 78
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 79
5.1 Implementasi Model Simulasi ..... 79
5.1.1 Simulasi Skenario Menambahkan Koordinasi ..... 79
5.1.2 Simulasi Skenario Melakukan Observasi ..... 83
5.1.3 Simulasi Skenario Menetapkan Status Bencana ..... 88
5.1.4 Simulasi Skenario Melakukan Aktifasi Posko Induk ..... 90
5.1.5 Simulasi Skenario Pemberian Pertolongan Pertama ..... 93
5.1.6 Simulasi Skenario Penyelamatan Korban ..... 96
5.1.7 Simulasi Skenario Evakuasi Korban ..... 99
5.2 Evaluasi Karakteristik Agen ..... 103
BAB 6 PENUTUP ..... 107
6.1 Kesimpulan ..... 107
6.2 Saran ..... 107
DAFTAR RUJUKAN
LAMPIRAN

# DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Notasi Prometheus Design Tools ..... 19
Tabel 2. 2 Parameter pesan pada JADE ..... 22
Tabel 2. 3 Aksi atau tindakan agen terhadap sebuah pesan ..... 22
Tabel 2. 4 Data Responden Wawancara ..... 25
Tabel 3. 1 Skenario Agen ..... 32
Tabel 4. 1 Instrumen Wawancara ..... 37
Tabel 4. 2 Data Responden Wawancara ..... 39
Tabel 4. 3 Nilai Variabel X dan Y ..... 39
Tabel 4. 4 Hasil Keputusan pada Variabel Tanah Longsor ..... 40
Tabel 4. 5 Data Responden Wawancara ..... 40
Tabel 4. 6 Data Responden Wawancara dan Jumlah Skor ..... 42
Tabel 4. 7 Skenario menambahkan koordinasi ..... 45
Tabel 4. 8 Skenario melakukan observasi ..... 46
Tabel 4. 9 Skenario menetapkan status bencana ..... 46
Tabel 4. 10 Skenario aktifasi posko induk ..... 47
Tabel 4. 11 Skenario penyelamatan korban ..... 48
Tabel 4. 12 Skenario pemberian pertolongan pertama ..... 49
Tabel 4. 13 Skenario evakuasi korban bencana ..... 50
Tabel 4. 14 Relationship antar Role ..... 59
Tabel 4. 15 Pengelompokan Role berdasarkan Agent yang sama ..... 60
Tabel 5. 1 Output dari skenario Menambahkan Koordinasi (a) ..... 79
Tabel 5. 2 Output dari skenario Menambahkan Koordinasi (b) ..... 79
Tabel 5. 3 Hasil Implementasi Skenario (a) Menambahkan Koordinasi menggunakan JADE ..... 82
Tabel 5. 4 Hasil Implementasi Skenario (b) Menambahkan Koordinasi menggunakan JADE ..... 82
Tabel 5. 5 Model skenario melakukan koordinasi ..... 83
Tabel 5. 6 Output dari skenario Melakukan Observasi ..... 84

Tabel 5. 7 Output dari skenario Melakukan Observasi ..... 84
Tabel 5. 8 Hasil Simulasi Skenario Melakukan Observasi menggunakan JADE ..... 86
Tabel 5. 9 Model skenario melakukan observasi ..... 87
Tabel 5. 10 Output dari skenario Menetapkan Status Bencana ..... 88
Tabel 5. 11 Output dari skenario Menetapkan Status Bencana ..... 88
Tabel 5. 12 Hasil Simulasi Skenario Menetapkan Status Bencana menggunakan JADE ..... 89
Tabel 5. 13 Model skenario menentukan status bencana ..... 89
Tabel 5. 14 Output dari skenario Membangun Posko Induk ..... 90
Tabel 5. 15 Hasil Simulasi Skenario Membangun Posko Induk menggunakan JADE ..... 91
Tabel 5. 16 Model skenario pembentukan posko induk ..... 92
Tabel 5. 17 Output dari skenario Memberikan Pertolongan Pertama ..... 93
Tabel 5. 18 Hasil Simulasi Skenario Memberikan Pertolongan Pertama menggunakan JADE ..... 94
Tabel 5. 19 Model skenario melakukan pertolongan pertama ..... 95
Tabel 5. 20 Output dari skenario Penyelamatan Korban ..... 96
Tabel 5. 21 Output dari skenario Penyelamatan Korban ..... 97
Tabel 5. 22 Model skenario penyelamatan korban ..... 98
Tabel 5. 23 Output dari skenario Evakuasi Korban Bencana ..... 99
Tabel 5. 24 Output dari skenario Evakuasi Korban Bencana ..... 101
Tabel 5. 25 Model skenario melakukan evakuasi ..... 102
Tabel 5. 26 pengujian karakteristik agen. nilai (R) = Rendah, nilai (S) = Sedang, nilai (T) = Tinggi, nilai (N) = None. ..... 105

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Longsoran Translasi ..... 11
Gambar 2. 2 Longsoran Rotasi ..... 11
Gambar 2. 3 Longsoran Blok ..... 11
Gambar 2. 4 Longsoran Batuan ..... 12
Gambar 2. 5 Rayapan Tanah ..... 12
Gambar 2. 6 Aliran Bahan Rombakan ..... 13
Gambar 2. 7 Fase Utama Metodologi Prometheus ..... 18
Gambar 2. 8 Tampilan Prometheus Design Tools (PDT) ..... 19
Gambar 2. 9 JADE GUI ..... 21
Gambar 2. 10 Agent Snifer ..... 21

Gambar 3. 1 Topografi Kota Batu ..... 29
Gambar 3. 2 Perancangan Multi-agen Menggunakan Metodologi Prometheus . 31
Gambar 3. 3 Implementasi model simulasi ..... 34

Gambar 4. 1 Skenario simulasi operasi penanganan bencana alam tanah longsor ..... 44
Gambar 4. 2 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario melakukan koordinasi bencana alam ..... 54
Gambar 4. 3 Goal dan Sub-goal agen Tim TRC Desa dalam skenario melakukan observasi lokasi terdampak bencana tanah longsor ..... 54
Gambar 4. 4 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario menentukan status bencana alam ..... 55
Gambar 4. 5 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario Memberikan Pertolongan Pertama ..... 55
Gambar 4. 6 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario Penyelamatan Korban ..... 55
Gambar 4. 7 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario Evakuasi Status Bencana ..... 56
Gambar 4. 8 Role Informer ..... 58
Gambar 4. 9 Role Coordinator ..... 58
Gambar 4. 10 Role Rescuer & Location Observer ..... 58

Gambar 4. 11 Role Decider ..... 58
Gambar 4. 12 Role Life Saver& Data Manager ..... 59
Gambar 4. 13 System Role Overview ..... 60
Gambar 4. 14 Agent role grouping ..... 61
Gambar 4. 15 System Overview ..... 62
Gambar 4. 16 Gambar Agent Overview dari Skenario Menambahkan Koordinasi ..... 64
Gambar 4. 17 Gambar Agent Overview dari Skenario Melakukan Observasi ..... 65
Gambar 4. 18 Skenario Menetapkan Status Bencana ..... 66
Gambar 4. 19 Gambar Agent Overview dari Skenario Aktifasi Posko Induk ..... 67
Gambar 4. 20 Gambar Agent Overview dari Skenario Memberikan Pertolongan Pertama ..... 68
Gambar 4. 21 Gambar Agent Overview dari Skenario Penyelamatan Korban ..... 69
Gambar 4. 22 Gambar Agent Overview dari Skenario Evakuasi Korban ..... 70
Gambar 4. 23 Gambar Behavioral agen Informasi ..... 71
Gambar 4. 24 Gambar Behavioral agen Kepala Desa ..... 71
Gambar 4. 25 Gambar Behavioral agen Geoinformasi ..... 72
Gambar 4. 26 Gambar Behavioral agen TRC Desa ..... 73
Gambar 4. 27 Gambar Behavioral agen BPBD Kota Batu ..... 74
Gambar 4. 28 Gambar Behavioral agen Lokasi ..... 74
Gambar 4. 29 Gambar Behavioral agen Korban ..... 75
Gambar 4. 30 Gambar Behavioral agen HUNTARA ..... 75
Gambar 4. 31 Gambar Behavioral agen POSKO INDUK ..... 76
Gambar 4. 32 Gambar Behavioral agen BRANTAS Rescue ..... 76
Gambar 4. 33 Gambar Behavioral agen PMI Desa ..... 77
Gambar 4. 34 Gambar Behavioral agen TAGANA ..... 78
Gambar 5. 1 (a) Informasi di tolak oleh agen KADES (b) Informasi diterima oleh KADES ..... 81
Gambar 5. 2 Komunikasi multi-agent pada Skenario Melakukan Observasi ..... 85
Gambar 5. 3 Komunikasi multi-agent pada Skenario Menetapkan Status Bencana ..... 88
Gambar 5. 4 Komunikasi multi-agent pada Skenario Membangun Posko Induk . 91

Gambar 5. 5 Komunikasi multi-agent pada Skenario Memberikan Pertolongan Pertama ..... 94
Gambar 5. 6 Komunikasi multi-agent pada skenario Penyelamatan Korban ..... 97
Gambar 5. 7 Komunikasi multi-agent pada skenario Evakuasi Korban Bencana 100

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Potensi bencana alam di indonesia terbilang cukup besar. Karena secara geografis Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng Samudra Hindia, Samudera Pasifik, Benua Asia dan Benua Australia. Pada bagian selatan dan timur Indonesia terdapat sebuah sabuk vulkanik (*volcanic arc*) dengan posisi memanjang dari Pulau Sumatera - Jawa - Nusa Tenggara - Sulawesi, yang sebagian besar sisinya berupa pegunungan vulkanik tua dan dataran rendah. Kondisi tersebut mempunyai potensi yang cukup tinggi untuk terjadi bencana seperti letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami, banjir dan tanah longsor.

Selama satu dekade terakhir Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) telah mencatat total bencana alam yang terjadi di Indonesia mencapai 19.245 kali (BNPB, 2018). Dari sekian banyak bencana alam yang terjadi terdapat tiga urutan teratas adalah banjir, putting beliung dan tanah longsor. Tiga bencana alam tersebut prosentase terjadinya mencapai 89,3% dengan jumlah korban jiwa sebanyak 4.286 orang. Akan tetapi jika dilihat dari prosentase perbandingan jumlah korban meninggal dunia dengan korban luka, maka tanah longsor menempati urutan tertinggi yaitu 47% korban meninggal dunia dan 53% korban luka – luka. Sedangkan untuk banjir dan putting beliung korban yang meninggal dunia adalah 2% dan 10%. Dilihat dari prosentase diatas kita bisa menyimpulkan jika potensi bencana tanah longsor mempunyai potensi yang sangat besar untuk merenggut korban jiwa.

Salah satu penyebab dari tanah longsor adalah terjadinya gangguan kestabilan pada tanah atau batuan penyusun di sebuah lereng. Menurut Paimin (2009), terdapat dua variabel atau faktor penyebab terjadinya tanah longsor, yaitu: Faktor alami dan faktor manajemen. Berikut adalah faktor alami yang menyebabkan bencana tanah longsor: 1) Curah hujan kumulatif harian kumulatif selama tiga hari berturut – turut, 2) kemiringan lahan, 3) keadaan geologi atau batuan, 4) kebaradaan patahan di daerah tersebut dan 5) kedalaman tanah sampai lapisan kedap; dan untuk faktor manajemen adalah: 1) penggunaan lahan, 2) kondisi insfrastruktur, 3) kepadatan pemukiman. Faktor – faktor terjadinya tanah longsor diatas bisa terjadi apabila daerah terdampak berada di lereng atau perbukitan dan potensi terbesarnya adalah pada waktu musim hujan.

Kota Batu memiliki keadaan topografi dan kemiringan lereng curam 25% - 40% dan berada pada ketinggian 700 – 3000meter dari permukaan air laut. Dengan mengacu pada faktor – faktor penyebab terjadinya tanah longsor Kota Batu menjadi salah satu daerah yang sangat rawan untuk terjadi bencana alam tanah longsor. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Batu selama 2018 telah terjadi sebanyak 27 kali bencana tanah longsor dengan 28 korban dan 89 titik kerusakan (BPBD, 2018). Banyaknya korban jiwa akibat tanah longsor ini menjadi perhatian utama dari BPBD Kota Batu agar tahun – tahun

berikutnya korban jiwa bisa lebih diminimalkan. Kepala BPBD Kota Batu Sasmito (2018) mengatakan, jika peningkatan sinergisitas pada fase mitigasi dan kesiapsiagaan antar Lembaga Pemerintah, swasta dan masyarakat sangat penting untuk menekan banyaknya korban jiwa yang diakibatkan bencana tanah longsor. Oleh karena itu perlunya tindakan kesiapsiagaan terhadap potensi terjadinya bencana yang baik akan dapat menekan angka kerugian materi maupun kematian yang ditimbulkan oleh bencana alam tersebut.

Kesiapsiagaan adalah kunci utama keselamatan masyarakat untuk mengantisipasi bencana yaitu dengan melalui pengorganisasian serta melakukan langkah yang tepat guna dan berdaya guna dalam rangka mengantisipasi resiko terjadinya bencana alam (Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana BNPB, 2017). Hal ini juga pernah disampaikan oleh Kepala Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Dr. Zainal Arifin, M.Sc., (2011), jika minimnya pengetahuan untuk memulai gerakan siaga bencana yang lebih terlembaga dalam masyarakat adalah salah satu penyebab utama banyaknya korban jiwa akibat bencana alam. Tidak dapat dipungkiri jika melakukan pengorganisasian yang baik akan sangat sulit untuk dilakukan. Apalagi organisasi yang terlibat di dalamnya sangat banyak dan mempunyai peran masing – masing. Oleh karena itu peran Pemerintah, pihak swasta dan masyarakat dalam berkomunikasi, berbagi informasi dan berkoordinasi yang baik akan dapat mewujudkan kesiapsiagaan bencana alam yang lebih baik.

*International Federation of Redcross and Red Crescent Societies* (IFRC) menegaskan jika kesiapsiagaan haruslah bersifat efektif, realistis dan terkoordinasi, dan memaksimalkan peran seluruh aspek dalam masyarakat, rumah tangga dan komunitas siaga bencana (IFRC, 2010). Akan tetapi kesiapsiagaan tidak hanya berhenti pada perencanaan, kegiatan kesiapsiagaan juga akan melakukan respon terhadap upaya-upaya kesiapsiagaan yang telah dilakukan. Kegiatan kesiapsiagaan pada dasarnya bertujuan untuk mencegah situasi yang lebih buruk dari bencana itu sendiri dan juga bertujuan untuk menyelamatkan sebanyak - banyaknya kehidupan dan pada akhirnya juga untuk membantu korban agar dapat kembali pada kehidupan normal setelah terjadinya bencana dalam jangka waktu yang singkat. Karena fase kesiapsiagaan ini memerankan peran yang krusial, maka penggunaan teknologi akan lebih membawa dampak yang lebih baik daripada penanganan kesiapsiagaan secara konvensional.

Penggunaan teknologi mengenai pertukaran informasi yang optimal akan membawa dampak yang penting bagi penanganan bencana alam. Hal ini dikarenakan koordinasi antar kelompok yang terlibat dalam penanganan bencana memerlukan komunikasi dan sistem informasi yang terpadu untuk dapat menghasilkan penanganan bencana yang efisien, handal, aman dan relevan (Mukhopadhyay, B., 2015). Hal senada juga disampaikan oleh Sakurai, M. and Murayama, Y. (2019) bahwa pemerintah daerah mempunyai perspektif jika peran penting sistem informasi, catatan informasi, pertukaran informasi dan pemrosesan sebuah informasi sangat penting dalam manajemen bencana yang efektif. Oleh sebab itu penggunaan teknologi dalam melakukan penanganan

bencana alam yang melibatkan banyak kelompok atau organisasi sangat diperlukan untuk menunjang penanganan kebencanaan yang lebih baik.

Teknologi Penginderaan jauh menjadi salah satu teknologi yang banyak digunakan pada fase mitigasi dan kesiapsiagaan. Beberapa teknik seperti *close-range photogrammetry*, *infrared thermography* dan *digital surface model* (DSM) digunakan untuk melakukan pengukuran area yang terdampak tanah longsor dengan perolehan hasil yang tinggi pada tingkat akuisisi datanya (Scaioni et al., 2014; Roncella and Forlani., 2014; Mazzanti et al. ,2014). Penggunaan satellite SAR juga dilakukan untuk menganalisa historic dari perubahan sebuah area tertentu yang pernah terdampak tanah longsor untuk mengetahui ciri - ciri khusus jenis tanah longsor yang terjadi di area tersebut (Zhang et al., 2014; Crosetto et al., 2005). Teknologi penginderaan jauh ini dapat dijadikan salah satu pedoman penting dalam melakukan pemetaan lahan di suatu wilayah tertentu dengan tingkat atau potensi kerawanan tanah longsor yang tinggi. Akan tetapi selain melakukan pengamatan atau penginderaan jauh diperlukan juga sebuah pemodelan yang terintegrasi untuk menjadi salah satu kunci dalam melakukan prediksi dan penanganan yang tepat pada saat terjadi tanah longsor (Scaioni et al. 2014).

Pemodelan klasifikasi tanah longsor secara konvensional dari berbagai parameter, jenis kelerengan, tipe dari pergerakan material, jenis material dan kecepatan dari pergerakan materialnya sudah banyak dimodelkan (Pradhan, S. P. and Siddique, T., 2019). Pemodelan secara konvensional ini menjadi salah satu dasar penggunaan teknologi dalam melakukan manajemen penanganan bencana alam tanah longsor. Seperti yang dilakukan oleh Pandit et al., (2019), yaitu melakukan teknik optimasi untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng berdasarkan parameter tingkat kelerengan sebuah area tertentu dengan menggunakan algoritma genetika. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Wang, H. B. et al. (2017), yaitu dengan melakukan optimasi model BPNN (*back propagation neural networks*) menggunakan algoritma genetika berdasarkan enam faktor lingkungan yang bisa mengakibatkan bencana alam tanah longsor dengan hasil prediksi mencapai 93,02%. Akan tetapi selain parameter lingkungan terdapat juga aktor, yaitu masyarakat, organisasi dan kelompok yang terlibat langsung dalam penanganan bencana tanah longsor ini. Maka diperlukan sebuah teknologi yang mampu menangani sistem kompleks dengan melibatkan banyak elemen di dalamnya. Salah satu teknologi yang kuat untuk pengembangan sistem terdistribusi dan kompleks adalah menggunakan teknologi multi-agen (Wooldridge, 2002).

Multi-agen merupakan salah satu teknologi yang mampu menangani banyak *task* dan *element* dalam satu lingkungan sistem tertentu. Selain itu, teknologi multi-agen juga mampu melakukan tindakan otonomi yaitu memutuskan sendiri apa yang harus mereka lakukan dalam rangka untuk memenuhi tujuan, serta komunikatif dan koordinatif sehingga mampu berinteraksi dengan agen lain dengan melakukan kegiatan sosial seperti kerja sama, koordinasi dan negosiasi (Wooldridge, 2002). Salah satu kelebihan dari sistem agen adalah setiap individu

agen mempunyai BDI (*Belief Desire Intension*) di dalam dirinya. BDI ini memungkinkan setiap individu agen untuk dapat melakukan sesuatu yang sesuai dengan aslinya. Dalam pemodelan multi-agen BDI juga disebut dengan perilaku agen (*behavior*), yaitu kemampuan agen dalam melakukan satu aktifitas tertentu berdasarkan tujuan yang sedang dia selesaikan. Dengan memodelkan setiap individu dalam fase kesiapsiagaan ke dalam teknologi multi-agen, maka setiap individu tersebut selain bisa melakukan sesuatu *task* (pekerjaan) sesuai dengan perilaku yang sebenarnya, individu tersebut juga bisa saling berinteraksi, berkomunikasi dan bernegosiasi dengan individu yang lain.

Teknologi agen & multi agen sudah banyak digunakan pada penanganan bencana alam. Beberapa diantaranya adalah memodelkan multi-agen di area lahan pertanian yang bertujuan untuk memanajemen tanaman apabila terjadi bencana melimpahnya genangan air atau disebut juga dengan *runoff* (Jaziri & Paquet, 2006). Pada penelitian ini setiap individu agen mempunyai tujuan untuk mengetahui kondisi tanah pada setiap parcel (petak) di suatu daerah yang sering terkena bencana *runoff.* Model yang dihasilkan mampu menunjukkan hasil yang signifikan mengenai prediksi penanaman tanaman pangan yang sesuai dengan kondisi tanah apabila terjadi bencana *runoff*.

Teknologi multi-agen juga pernah digunakan dalam memodelkan simulasi proses penyelamatan korban bencana alam tanah longsor (Tang et al., 2017). Hal terpenting pada penelitian ini adalah kemampuan setiap individu agen dalam melakukan interaksi atau komunikasi dengan agen yang lain. Selain dapat melakukan interaksi dengan agen yang lain, teknologi agen tidak tersentral di satu titik sehingga setiap individu agen dapat melakukan aktivitas tanpa terpengaruh dengan adanya pusat control pada sistemnya. Penelitian lainnya yang pernah dilakukan oleh Zhang et.al (2016) dengan membuat framework untuk memberitahukan tempat yang paling aman ketika terjadi sebuah bahaya. Tempat yang direkomendasikan sifatnya tidak terpusat di satu titik, akan tetapi tersebar di banyak titik, sehingga memungkinkan jumlah korban yang selamat lebih besar.

Dari beberapa penelitian diatas penerapan teknologi multi-agen dalam bencana alam mampu memberikan dampak yang baik untuk pengembangan teknologi dalam menangani bencana alam. Karena karakteristik agen yang *autonomous*, *reactive*, *communicative* dan *proactive* sangat membantu dalam melakukan penyelesaian satu tugas yang kompleks dan melibatkan banyak elemen. Selain itu *behavioral* dari setiap individu agen yang dimodelkan sesuai dengan individu sebenarnya akan mampu memberikan hasil yang maksimal dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Hanya saja keseluruhan penelitian diatas pemodelan yang digunakan tidak menggunakan AOM (*Agent Oriented Modelling*).

Untuk mengembangkan teknologi multi-agen penggunaan pemodelan berbasis agen akan membuat sistem multi-agen yang dikembangkan menjadi lebih mudah dan sesuai dengan model yang di buat, karena karakteristik agen mempunyai karakteristik yang berbeda dengan pendekatan yang lain (Satrio, 2003). Oleh karena itu, untuk mengembangkan sistem multi-agen baiknya menggunakan pemodelan yang juga berbasis agen. Salah satu pemodelan berbasis

agen adalah *Prometheus*, model yang dikembangkan oleh RMIT (*Royal* Melbourne *Institute of Technology*) yang dikembangkan pada tahun 2004. Selain mendukung AOM *Prometheus* juga menyediakan tools yang lengkap dari fase spesifikasi, arsitektural dan detail dari desain yang akan dikembangkan dengan menggunakan teknologi multi-agen (Padgham et al., 2003). *Prometheus* juga menyediakan *cross check* artefak untuk memungkinkan desain dari setiap fase yang dikembangkan sudah dilakukan proses *checking*, sehingga memungkinkan tingkat kesalahan di desain dapat dihindari.

Implementasi multi-agen masih menjadi salah satu pekerjaan yang sulit bagi seorang pengembang sistem. Akan tetapi dengan adanya AOM, proses ini menjadi lebih mudah dan setiap karakteristik agen yang dikembangkan sudah sesuai dengan implementasinya. Untuk melakukan implementasi sebuah sistem yang kompleks dan tidak terpusat, maka diperlukan langkah awal dengan pembuatan simulasi sistem yang sesuai dengan kondisi sebenarnya. Karena simulasi dapat memodelkan proses, operasi dan kondisi dunia nyata ke dalam sebuah sistem dari waktu ke waktu (Banks et al., 2001). Selain itu simulasi juga bisa dijadikan langkah awal sebelum program yang sebenarnya akan di buat dan di implementasikan kedalam kondisi yang sebenarnya.

Berdasarkan hal tersebut maka penulis akan menganalisis salah satu fase pada penanganan bencana alam yaitu fase kesiapsiagaan dengan menerapkan teknologi multi-agen untuk memodelkan Simulasi penanganan bencana alam tanah longsor di Kota Batu.

## 1.2 Identifikasi Permasalahan

Besarnya potensi tanah longsor di kota Batu menjadi salah satu ancaman yang paling serius selama beberapa tahun ini. Karena kurangnya pengetahuan masyarakat dengan resiko yang ditimbulkan oleh bahayanya bencana alam tanah longsor menjadi salah satu potensi terbesar terjadinya banyak korban jiwa. Kurangnya pengetahuan akan fase kesiapsiagaan ini menjadi salah satu penyebab utama banyaknya korban ketika bencana alam ini terjadi. Kurangnya pengetahuan masyarakat ini disebabkan oleh kurangnya komunikasi antar organisasi baik organisasi pemerintah daerah ataupun organisasi swasta dengan masyarakat itu sendiri (Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana BNPB, 2017). Untuk membentuk sesuatu yang lebih baik, maka dalam fase kesiapsiagaan harus jelas struktur organisasi dan pekerjaan apa yang akan mereka lakukan. Dengan menggunakan teknologi multi-agen setiap individu yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan akan bisa mendapatkan maupun mengirimkan informasi yang nantinya digunakan untuk melakukan komunikasi, koordinasi ataupun negosiasi. Selain itu teknologi multi-agen juga mampu memasukkan perilaku setiap individu agen yang terlibat di dalam sistem, sehingga hasil implementasi sistem akan bisa mendekati kondisi yang sebenarnya. Dengan kemampuan agen yang *reactive*, *informative* dan mampu melakukan *collaborative* dengan yang lain (Nwana, 1996), maka akan sangat mendukung sebuah simulasi dapat dijalankan dengan hasil seperti yang diharapkan.

Oleh sebab itu, untuk bisa mengintegrasikan organisasi, masyarakat dan pemerintah daerah secara baik dibutuhkan sebuah model simulasi dengan menggunakan teknologi multi-agen dalam menyusun fase kesiapsiagaan dalam mengatasi bencana tanah longsor di Kota Batu.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian kali ini sebagai berikut:

1. Siapa sajakah agen yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan bencana tanah longsor?
2. Seperti apakah *behavioral* setiap agen yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan bencana tanah longsor?
3. Bagaimana implementasi model simulasi penanganan bencana alam tanah longsor berbasis agen?
4. Bagaimana evaluasi karakteristik setiap individu agen dalam model simulasi penanganan bencana alam tanah longsor berbasis agen?

## 1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup dari permasalahan ini digunakan agar masalah yang diteliti lebih dapat terarah dan terfokus sehingga penelitian dapat dilakukan sesuai dengan apa yang direncanakan. Ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut:

1. Dalam proses mengumpulkan data, data lokasi yang dijadikan tempat penelitian adalah area perkampungan penduduk.
2. Object penelitian di BPBD Kota Batu.
3. Lokasi penelitian berada di Kota Batu.
4. Penelitian ini berfokus pada Bencana Tanah Longsor.
5. Penelitian ini berfokus pada Fase kesiapsiagaan.
6. Menggunakan metodologi *Prometheus* untuk memodelkan multi-agen pada tahap Simulasi.

## 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui siapa sajakah yang terlibat di dalam fase kesiapsiagaan bencana tanah longsor.
2. Mengetahui *behavioral* setiap agen yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan bencana tanah longsor.
3. Melakukan implementasi model simulasi penanganan bencana alam tanah longsor berbasis agen.
4. Melakukan evaluasi karakteristik pada setiap individu agen yang terlibat dalam simulasi bencana alam tanah longsor berbasis agen.

## 1.6 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini sangat bermanfaat dan berguna, baik secara teoritis maupun praktis, yaitu:

1. Kegunaan Teoritis
   a. Sebagai sumbangan penting dan memperluas wawasan bagian kajian ilmu Geo Informasi dalam memanfaatkan model sebagai sumber data dan informasi dalam menghadapi kejadian bencana alam sehingga dapat dijadikan sebagai rujukan untuk pengembangan penelitian Geo Informasi dimasa yang akan datang.
   b. Memberikan sumbangan penting dan memperluas kajian ilmu Geo Informasi yang menyangkut penanganan bencana, terutama pada fase mitigasi dan kesiapsiagaan.
   c. Menambah konsep baru yang dapat dijadikan sebagai bahan rujukan penelitian lebih lanjut bagi pengembangan ilmu Geo Informasi.
2. Kegunaan Praktis
   a. Hasil penelitian ini dapat memberikan Gambaran dan tolak ukur mengenai keterlibatan organisasi di Indonesia dalam menangani situasi bencana alam, terutama bencana tanah longsor yang sering terjadi di area padat penduduk.
   b. Hasil Penelitian ini dapat memberi tahu sejauh mana tingkat karakteristik multi-agen ketika dimodelkan dalam bentuk simulasi bencana alam tanah longsor.
   c. Hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kalangan ilmuwan, akademisi maupun masyarakat dibidang pengetahuan bencana alam yang akan berdampak pada bertambahnya informasi mengenai fase mitigasi dan kesiapsiagaan bencana alam.

**Sistematika Pembahasan**

Adapun sistematika penulisan Tesis ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, identifikasi permasalahan, rumusa masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, kegunaan penelitian dan sistematika pembahasan.

BAB II Dasar Teori

Membahas teori-teori yang mendukung dalam tentang teori dan konsep mengenai bencana alam terutama tanah longsor, fase pra bencana dan teknologi multi-agen berdasarkan literatur ilmiah, yang berkaitan dengan tema, masalah, atau pertanyaan penelitian yang berkaitan tentang penulisan tesis.

BAB III Metodologi

Berisi tentang metode penelitian yang digunakan dalam mengumpulkan dan mengolah data.

BAB IV Perancangan Model

Berisi perancangan multi-agen model menggunakan *Prometheus Design Tools* (PDT).

BAB V Hasil Penelitian

Berisi implementasi model PDT menggunakan Java Agent Development Framework (JADE) dan Hasil evaluasi dari setiap individu agen yang terlibat dalam proses simulasi.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan penelitian dan saran penelitian.

# BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

## 2.1 Tinjauan Pustaka

### 2.1.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian mengenai penggunaan teknologi multi-agen pada bencana alam telah banyak dilakukan dalam beberapa dekade terakhir. Seperti penelitian dari (Jaziri & Paquet, 2006) yaitu memodelkan multi-agen di area lahan pertanian yang digunakan untuk memanajemen tanaman pangan apabila terjadi bencana genangan air tanah (runoff). Model yang dihasilkan berupa notasi - notasi baru yang dikembangkan peneliti dan memadukanya dengan notasi Object Oriented Programming, salah satunya menggunakan UML. Penelitian ini menghasilkan sebuah model multi-agen yang secara efisien bisa memetakan lahan berdasarkan struktur dan kondisi tanah di area lahan tertentu, sehingga pemilihan tanaman bisa disesuaikan dengan area yang sudah dipetakan.

Teknologi multi-agen juga pernah digunakan dalam memodelkan simulasi proses penyelamatan korban bencana alam tanah longsor (Tang et al., 2017). Pada penelitian ini terdapat dua jenis agen, yaitu agen yang bertindak sebagai tim penyelamat dan tim pemberi informasi. Agen pemberi informasi akan memberikan informasi kepada seluruh agen penyelamat yang sedang bertugas, kemudian setiap agen penyelamat yang telah menerima informasi akan melakukan negosiasi dengan agen penyelamat yang lain untuk mengambil pekerjaan tersebut. Setelah proses negosiasi telah mengalami kesepakatan, maka langkah selanjutnya adalah koordinasi antar agen penyelamat dengan agen pemberi informasi mengenai detail di lokasi kejadian. Hal terpenting pada penelitian ini adalah kemampuan setiap individu agen dalam melakukan interaksi atau komunikasi dengan agen yang lain. Selain dapat melakukan interaksi dengan agen yang lain, teknologi agen tidak tersentral di satu titik sehingga setiap individu agen dapat melakukan aktivitas tanpa terpengaruh dengan adanya pusat control pada sistemnya.

Penelitian lainnya yang pernah dilakukan oleh Zhang et.al (2016) adalah membuat framework untuk memberitahukan tempat yang paling aman ketika terjadi sebuah bahaya. Pada penelitian ini tugas dari agen yang dibuat adalah memberikan rekomendasi satu lokasi tertentu untuk menjadi titik kumpul atau titik pusat berkumpulnya orang apabila terjadi sebuah bencana di area tersebut. Tempat yang direkomendasikan sifatnya tidak terpusat di satu titik, akan tetapi tersebar di banyak titik, sehingga memungkinkan jumlah korban yang selamat lebih besar.

Penggunaan teknologi multi-agen pada penelitian diatas sudah membuktikan bahwa pendekatan multi-agen sangat sesuai untuk dikembangkan dalam konteks manajemen bencana alam. Dengan semakin berkembangnya penerapan teknologi multi-agen pada penanganan dan penanggulangan bencana alam, maka akan semakin banyak referensi yang bisa diambil untuk merancang dan memodelkan teknologi agen semakin baik lagi. Akan tetapi, dari keseluruhan penelitian diatas

tidak ada yang menggunakan pendekatan AOM (Agent Oriented Modelling) dalam memodelkan agen atau multi-agen yang dikembangkan. Hal ini bisa menjadi salah satu kendala ketika kita ingin melakukan implementasi multi-agen kedalam sebuah system perangkat lunak.

## 2.1.2 Tanah Longsor

Tanah longsor adalah pergerakan dari batu, tanah dan puing - puing secara cepat menuju kebawah lereng yang lebih rendah (Cruden, 1991). Menurut varnes (1978) dalam Pickering dan Owen (1997) perpindahan material ke bawah dan ke luar lereng tersebut di pengaruhi oleh adanya gaya gravitasi bumi. Selain gaya gravitasi bumi beberapa faktor pemicu yang lain seperti faktor fisik dan manusia juga bisa mengakibatkan proses terjadinya bencana alam tanah longsor (Farda, 2015).

Proses terjadinya tanah longsor ini dipicu adanya gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah atau batuan (PVMBG, 2008). Berdasarkan defenisi-defenisi terkait tanah longsor, maka dapat disimpulkan bahwa tanah longsor merupakan gerakkan massa tanah atau material di sekitar lereng yang terjadi akibat gravitasi dan kurang padatnya material penyusun lereng.

### 2.1.2.1 Klasifikasi Tanah Longsor

Banyak klasifikasi yang telah diusulkan mengenai tanah longsor, klasifikasi tersebut mengacu pada jenis material, jenis gerakan, penyebab, dan banyak faktor lainnya (Terzaghi, 1950). Varnes (1978) mengklasifikasi tanah longsor menjadi 6 tipe yaitu *fall* (jatuhan), *topple* (jungkiran), *slides* (longsoran), *lateral spread* (hamparan lateral), *flow* (aliran) dan *complex/compound* (kompleks atau gabungan).

Menurut Nandi (2007) dari keseluruhan jenis longsor diatas, jenis longsor translasi dan rotasi adalah yang paling banyak terjadi di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan adanya tingkat pelapukan batuan yang cukup tinggi, sehingga mengakibatkan ketebalan tanah cukup tebal. Sedangkan jenis tanah longsor yang paling banyak menelan korban harta, benda dan jiwa manusia adalah jenis longsor aliran bahan rombakan.

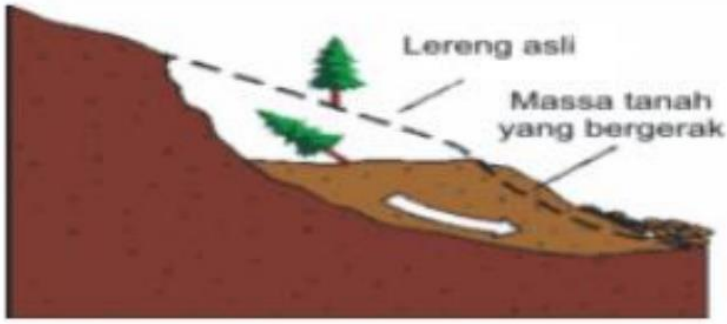
1. **Longsoran Translasi**

Longsoran translasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir terbentuk merata atau menngelombang landai (Gambar 2.1).

**Gambar 2. 1 Longsoran Translasi**
(Sumber: Saputra, 2015)

**2. Longsoran Rotasi**

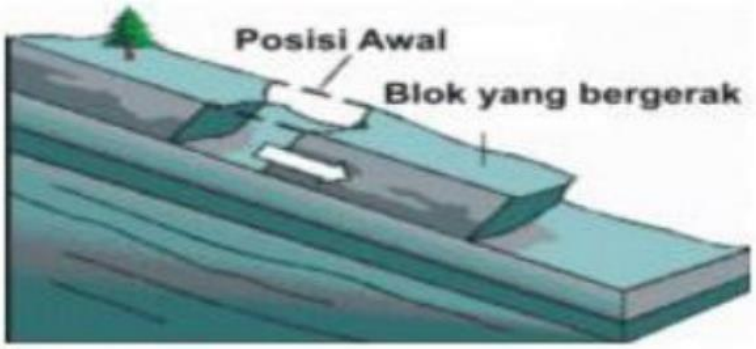
Longsoran rotasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung (Gambar 2.2).




**Gambar 2. 2 Longsoran Rotasi**
(Sumber: Saputra, 2015)

**3. Longsoran Blok**

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu, yaitu pergerakan patahan batu menuju ke sebuah lereng (Gambar 2.3).




**Gambar 2. 3 Longsoran Blok**
(Sumber: Saputra, 2015)

**4. Runtuhan Batuan**

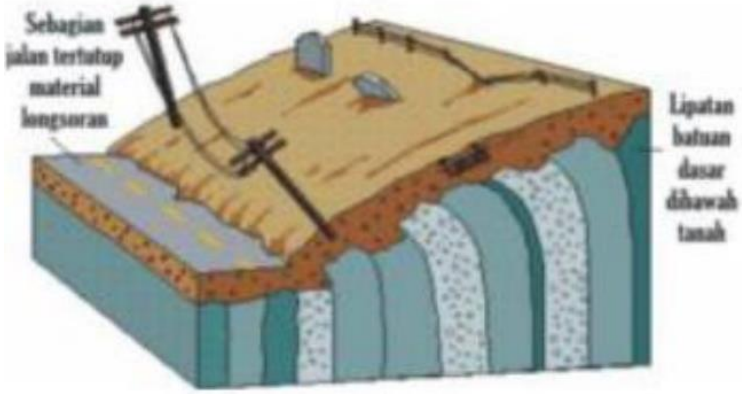
Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau materia lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjadi hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu

besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah. Dapat dilihat pada Gambar 2.4.

**Gambar 2. 4 Longsoran Batuan**
(Sumber: Saputra, 2015)

**5. Rayapan Tanah**

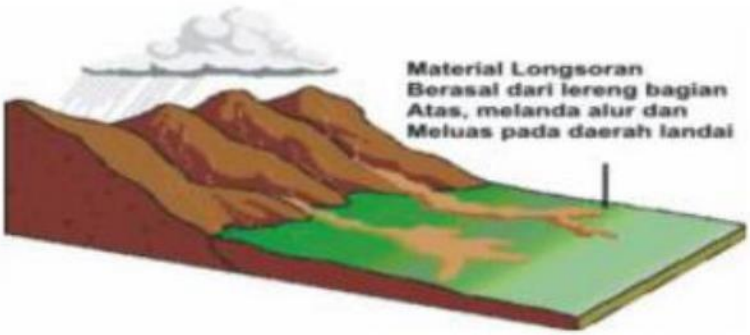
Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah (Gambar 2.5).




**Gambar 2. 5 Rayapan Tanah**
(Sumber: Saputra, 2015)

**6. Aliran Bahan Rombakan**

Jenis tanah longsor ini terjadi apabila massa dari tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan dari aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume, tekanan air dan jenis materialnya (Gambar 2.6). Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunungapi. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.




**Gambar 2. 6 Aliran Bahan Rombakan**
(Sumber: Saputra, 2015)

Pada daerah lokasi penelitian lebih cenderung terjadi tanah longsor jenis aliran bahan rombakan. Hal ini dikarenakan faktor utama terjadinya tanah longsor pada lokasi penelitian ini lebih dominan terjadi karena adanya curah hujan yang tinggi serta keadaan topografi Kota Batu yang berada di perbukitan sehingga rawan akan bencana tanah longsor. Faktor lainnya yaitu jenis tanah kota Batu yang sebagian besar adalah jenis Andosol. Jenis tanah ini merupakan jenis tanah yang baik untuk pertanian, namun di lereng- lereng yang curam/ terjal jika tidak ditangani dengan penanaman tanaman keras dapat menyebabkan terjadinya bencana longsor khususnya jenis aliran bahan rombakan.

### 2.1.2.2 Proses Terjadinya Tanah Longsor

Proses tanah longsor pada dasarnya adalah peristiwa terus-menerus yang disebabkan oleh kondisi tertentu. Beberapa peristiwa ini terjadi dalam lingkungan yang unik dan proses terjadinya beberapa detik saja. Proses tanah longsor ini terjadi di bawah pengaruh faktor-faktor geologis, *topographic*, atau iklim yang umum terjadi di wilayah yang luas (Varnes, 1978). Salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor adalah kondisi curah hujan yang tinggi di suatu daerah (Bordoni et.al, 2014).

### 2.1.2.3 Ancaman (Bahaya) Bencana Tanah Longsor

Ancaman (bahaya) adalah situasi, kondisi atau karakteristik biologis, limatologis, geografis, geologis, ekonomi, politik, budaya dan teknologi suatu masyarakat di suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang berpotensi menimbulkan korban dan kerusakan. Bahaya merupakan salah satu komponen penyusun risiko (risk) bencana (Varnes, 1978).

Menurut Paimin, Sukresno dan Irfan Budi Pramono (2009), Tanah longsor (landslide) adalah bentuk erosi (pemindahan massa tanah) yang pengangkutan atau pemindahan tanahnya terjadi pada suatu saat secara tiba-tiba dalam volume yang besar (sekaligus). Tanah longsor terjadi jika dipenuhi 3 (tiga) keadaan, yaitu: (1) lereng cukup curam, (2) terdapat bidang peluncur yang kedap air dibawah permukaan tanah, dan (3) terdapat cukup air dalam tanah di atas lapisan kedap (bidang luncur) sehingga tanah jenuh air.

#### 2.1.2.4 Daerah Rawan Terdampak Tanah Longsor

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Provinsi Jawa Timur terdapat 22 daerah yang rawan terjadi bencana tanah longsor. Daerah yang ditetapkan oleh BPBD ini mempunyai potensi yang cukup besar untuk terjadi bencana tanah longsor berdasar pada kemiringan dan beban tanah yang bergerak apabila terguyur hujan deras. Daerah yang ditetapkan oleh BPBD jatim tersebut diantaranya adalah Kabupaten Magetan, Ngawi, Nganjuk, Tuban, Bojonegoro, Jombang, Mojokerto, Pasuruan, Probolinggo, Situbondo, Bondowoso, Banyuwangi, Jember, Lumajang, Malang, Blitar, Tulungagung, Trenggalek, Pacitan, Ponorogo, Madiun dan Pamekasan. Secara geografis Jawa Timur memang dianggap memiliki potensi terjadi bencana seperti banjir, tsunami, I beliung, gempa, tanah longsor dan sebagainya. Curah hujan merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya tanah longsor. Hal ini dikarenakan tingginya intensitas curah hujan sehingga tanah tidak dapat menampung dan tergelincir kebawah.

### 2.1.3 Kesiapsiagaan Bencana Tanah Longsor

Tindakan-tindakan yang memungkinkan pemerintahan, organisasi-organisasi, masyarakat, komunitas dan individu untuk mampu menanggapi suatu situasi bencana secara cepat dan tepat guna. Termasuk ke dalam tindakan kesiapsiagaan adalah rencana penanggulangan bencana, pemeliharaan sumber daya dan pelatihan personil (Carter, 1991). Sedangkan dalam Pedoman Pengurangan Resiko Bencana yang dikeluarkan oleh BNPB, dan mengacu pada Pasal 1 Angka 7 UU Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana, kesiapsiagaan didefinisikan sebagai serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna.

Konsep kesiapsiagaan yang digunakan pada Pedoman Pengurangan Resiko Bencana lebih ditekankan pada menyiapkan kemampuan untuk dapat melaksanakan kegiatan tanggap darurat secara cepat dan tepat, terkhusus dalam pedoman ini adalah dalam menghadapi ancaman gempa bumi dan tsunami. Kegiatan tanggap darurat meliputi langkah-langkah tindakan sesaat sebelum bencana, seperti: peringatan dini (bila memungkinkan) meliputi penyampaian peringatan dan tanggapan terhadap peringatan; tindakan saat kejadian bencana, seperti: melindungi/menyelamatkan diri, melindungi nyawa dan beberapa jenis benda berharga, tindakan evakuasi; dan tindakan yang harus dilakukan segera setelah terjadi bencana, seperti: SAR, evakuasi, penyediaan tempat berlindung sementara, perawatan darurat, dapur umum, bantuan darurat,survei untuk mengkaji kerusakan dan kebutuhan-kebutuhan darurat serta perencanaan untuk pemulihan segera (LIPI-UNESCO ISDR, 2006). Fase kesiapsiagaan ini adalah fase awal dan salah satu tahapan yang paling krusian dari penanganan bencana alam.

### 2.1.4 Agen & Multi-agen

Agen adalah sistem komputer dengan dua kemampuan penting (Wooldridge, 2002): (i) mereka mampu melakukan tindakan otonomi yaitu memutuskan sendiri

apa yang harus mereka lakukan dalam rangka untuk memenuhi tujuan desain mereka; (ii) mereka mampu berinteraksi dengan agen lain dengan menarik di analog kegiatan sistem seperti kerja sama, koordinasi dan negosiasi.

Agen merupakan salah satu teknologi yang kuat untuk pengembangan sistem terdistribusi yang kompleks. Banyak peneliti percaya bahwa agen mewakili paradigma baru yang paling penting untuk pengembangan perangkat lunak, karena konsep agen cerdas sangat sesuai dalam beragam aplikasi di bidang manufaktur, sistem *real-time*, perdagangan elektronik, manajemen jaringan, transportasi, manajemen informasi, komputasi ilmiah, perawatan kesehatan, dan hiburan.

Sebagian besar peneliti sepakat bahwa otonomi adalah properti penting agen. Alonso (2002) menyatakan bahwa otonomi agen itu sendirilah yang mendefinisikan kemampuan mereka. Jennings et al. (1998) mengidentifikasi tiga kunci utama dalam definisi agen di mana mereka akan dapat beradaptasi pada lingkungan, yaitu: *situatedness*, *autonomy*, dan *flexibility*. Satrio (2003) mendefinisikan karakteristik atau behavior agen seperti berikut:

1. *Autonomous*, yaitu agen bisa melakukan aksi secara mandiri dan tidak dipengaruhi langsung oleh pengguna, agen lain maupun lingkungan.
2. *Intelligence*, yaitu kemampuan agen dalam beraksi yang didasari oleh pengetahuan yang dimiliki atau ditanamkan sebelumnya.
3. *Reasoning*, yaitu kemampuan agen dalam mempertimbangkan atau menalar sesuatu berdasarkan pengetahuan yang dimiliki.
4. Learning, yaitu kemampuan agen dalam mempelajari suatu pengetahuan baru yang belum dimiliki ketika terjadi perubahan kondisi atau lingkungan.
5. *Delegation*, yaitu agen bergerak sesuai perintah dari pengguna dalam rangka menjalankan tugas atau mencapai tujuan tertentu.
6. *Reactive*, yaitu kemampuan agen untuk bisa beradaptasi ketika terjadi perubahan informasi dalam suatu lingkungan.
7. *Proactive*, yaitu ketika terjadi perubahan informasi dalam suatu lingkungan agen harus bisa mengambil inisiatif untuk bisa menyelesaikan permasalahannya.
8. *Goal-Oriented*, yaitu tujuan yang dimiliki oleh setiap agen. Dalam melakukan aksinya, setiap agen harus memiliki tujuan yang jelas.
9. *Communication*, yaitu kemampuan agen dalam berkomunikasi dengan agen yang lain untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan.
10. *Coordination*, yaitu kemampuan agen untuk saling bekerja sama dalam rangka mencapai tujuan.

Berdasarkan pada karakteristiknya, agen diklasifikasikan sebagai berikut (Nwana, 1996):

a. *Reactive Agent*, adalah agen yang memiliki kemampuan untuk bisa cepat beradaptasi dalam lingkungan.
b. *Collaborative Agent*, adalah agen yang memiliki kemampuan untuk melakukan kolaborasi dan koordinasi dengan agen lain.

c. *Interface Agent*, adalah agen yang memiliki kemampuan untuk berkolaborasi dengan user, melakukan fungsi *monitoring* dan pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan pengguna.
d. *Mobile Agent*, adalah agen yang memiliki kemampuan untuk bergerak dari suatu tempat ke tempat lain dan secara mandiri melakukan tugas untuk mencapai tujuan.
e. *Information Agent*, adalah agen yang memiliki kemampuan untuk melakukan pencarian, penyaringan dan penyajian informasi untuk pengguna.
f. *Hybrid Agent*, adalah agen yang memiliki gabungan dari beberapa karakteristik agen.
g. *Heterogeneous Agent,* adalah *hybrid agent* yang memiliki perbedaan kemampuan dan karakteristik.

Hoa dan Winikoff (2004), berpendapat apabila ingin menentukan AOM yang sesuai, maka harus dilakukan komparasi metodologi berbasis agen yang akan menghasilkan karakteristik yang sesuai dengan metodologinya. Metodologi *Prometheus* sendiri memiliki karakteristik agen sebagai berikut: *Autonomous agent*, *Mental attitude agent*, *Proactive agent, Reactive agent, Teamwork agent* dan *Concurrency agent.*

Sistem berbasis agen dapat berisi lebih dari satu agen (Jennings et al., 1998). Hal ini dikarenakan ada beberapa kasus dimana *single* agen tidak bisa menyelesaikan solusi secara mandiri tanpa bantuan agen yang lain. Dari permasalahan ini sistem Multi-agen mulai dikembangkan, yaitu sebuah sistem yang berisi sekumpulan agen yang mampu berinteraksi dan melakukan komunikasi dengan agen yang lain dalam rangka menyelesaikan *goal* atau tujuan mereka (Wooldridge, 2002). Dalam kasus yang paling umum, agen akan bertindak atas nama pengguna dengan tujuan dan motivasi yang berbeda. Untuk berhasil berinteraksi, mereka akan memerlukan kemampuan untuk bekerja sama, berkoordinasi, dan bernegosiasi dengan satu sama lain. Sistem multi-agen juga dapat memberikan lapisan abstraksi bagi manusia untuk merancang perilaku sistem cerdas untuk dapat berupaya mencapai tujuan mereka dalam domain dari sistem yang dikembangkan (Bernstein, B. A. et al., 2019).

### 2.1.5 Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak Berorientasi Agen

Tujuan dari metodologi adalah untuk menentukan semua elemen yang diperlukan untuk pengembangan sistem perangkat lunak, khususnya dalam konteks aplikasi komersial. Metodologi memiliki dua komponen penting: pertama yang mengGambarkan unsur-unsur proses pendekatan, dan kedua berfokus pada produk kerja dan dokumentasi mereka. Metodologi berorientasi agen memiliki beberapa akar yang didasarkan pada ide-ide dari kecerdasan buatan *(Artificial Intelligent),* yang lain sebagai perluasan langsung dari metodologi berorientasi obyek *(Object Oriented)* yang ada, sementara yang lainnya mencoba untuk

menggabungkan dua pendekatan dengan mengambil pendekatan yang lebih murni (P. Giorgini, 2005).

Sistem multi-agen dapat memberikan lapisan abstraksi bagi manusia untuk merancang perilaku sistem cerdas untuk dapat berupaya mencapai tujuan mereka dalam domain dari sistem yang dikembangkan (Bernstein, B. A. et al. 2019). Banyak model dan cara yang berbeda untuk mengembangkan (dengan merancang dan mengimplementasikan) suatu sistem multi-agen telah banyak dikembangkan (Horling, B., et al, 2015). Implikasi dari pengembangan sistem agen yang didasarkan pada model seperti itu untuk lingkungan yang kompleks yang melibatkan efek dunia nyata seperti latensi, ketidakpastian dan keacakan tetap sebagian besar tidak dipelajari (Jörg P. Müller and Klaus Fischer, 2014). Oleh karena itu penggunaan model dalam pengembangan agen yang tepat akan dapat menampilkan hasil yang sesuai dengan karakteristik agen tersebut.

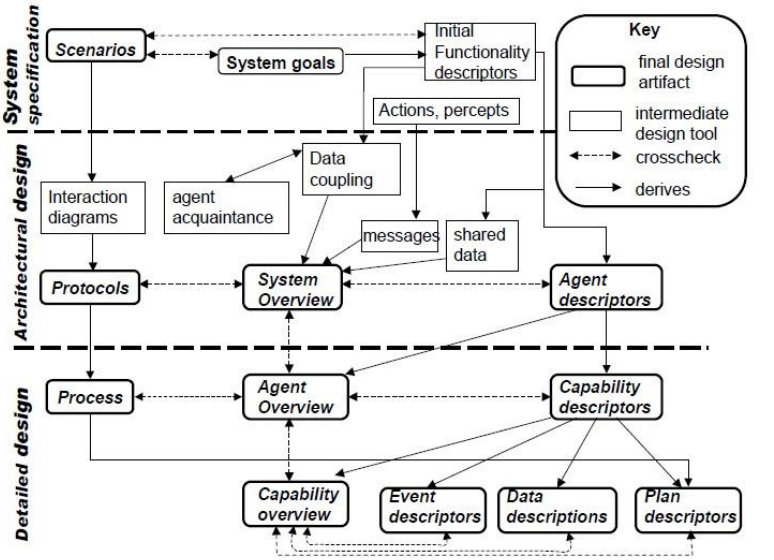
#### 2.1.5.1 Metodologi *Prometheus*

Metodologi *Prometheus* adalah metodologi pengembangan rekayasa perangkat lunak berorientasi agen yang memiliki tiga fase utama (Padgham et al., 2003), yaitu:

1. *Sistem Specification*, untuk menentukan spesifikasi dan identifikasi sistem dengan input (persepsi), output (aksi) dan setiap sumber data dari lingkungan (*environment*).
2. *Architectural Design*, untuk menentukan interaksi agen dalam sistem dan sebagai output dari tahap pertama.
3. *Detailed Design*, untuk menggambarkan secara detail setiap internal masing-masing agen dan menentukan rencana agen dalam menyelesaikan tugas-tugas dalam sistem secara keseluruhan.

Setiap fase pada metodologi ini memiliki tahapan tersendiri, dan setiap tahapanya akan terhubung dengan fase yang lain. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.7. *Prometheus* memiliki beberapa perbedaan menonjol dengan metodologi yang sebelumnya. Perbedaan antara *Prometheus* dari metodologi yang lain ada adalah:

a. Mendukung pengembangan agen cerdas yang menggunakan *goal*, *percept*, *plant*, dan *event*.
b. Memberikan dukungan *"start-to-end"* (dari spesifikasi desain rinci dan pelaksanaan) dan proses rinci, sistem dengan artefak desain dibangun dan langkah-langkah untuk menurunkan artefak.
c. Berevolusi dari pengalaman dan pedagogis praktis, dan telah digunakan oleh praktisi dan mahasiswa.
d. Menyediakan mekanisme penataan hirarki yang memungkinkan desain yang akan dilakukan pada berbagai tingkat abstraksi.
e. Menyediakan pengecekan silang dari artefak desain.




**Gambar 2. 7 Fase Utama Metodologi *Prometheus***
Sumber: Lin Padgham dan Michael Winikoff (2004)

*Prometheus* juga memiliki beberapa fitur yang menunjukkan kepada kita sebagai kekuatan itu. Fitur lain yang unik dari metodologi *Prometheus* adalah:

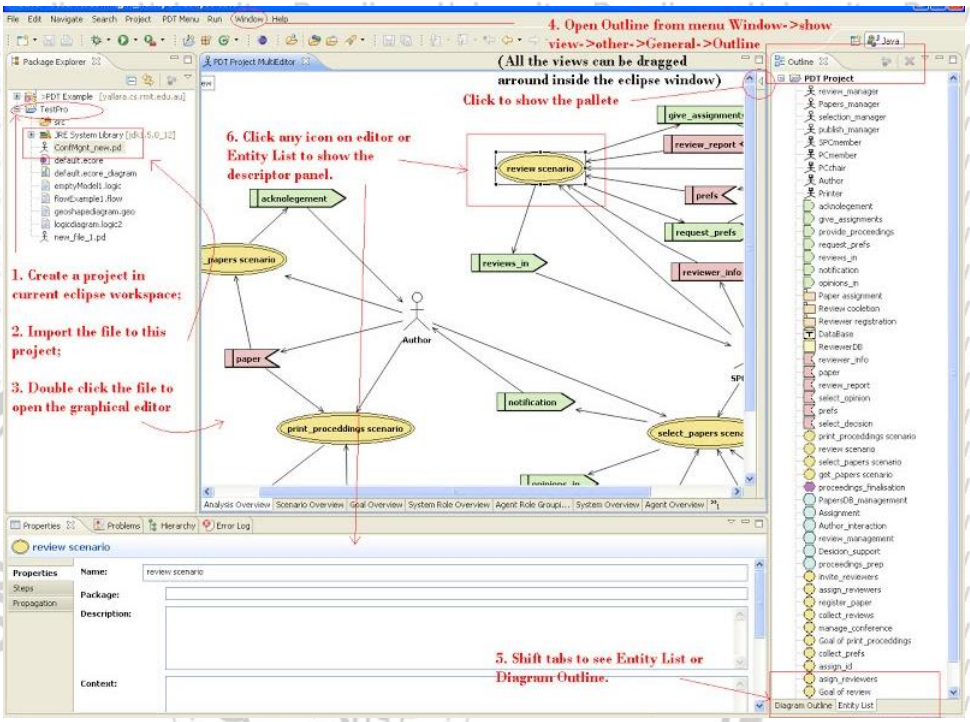
a. *Prometheus* memberikan panduan rinci tentang bagaiman melakukan berbagai langkah yang membentuk proses *Prometheus*;
b. *Prometheus* mendukung desain agen yang didasarkan pada tujuan dan rencana;
c. *Prometheus* mencakup berbagai kegiatan dari persyaratan spesifikasi melalui detail desain;
d. Metodologi ini dirancang untuk memfasilitasi dukungan alat, dan dukungan alat ada dalam bentuk *Prometheus Design Tool (PDT)*;
e. *Prometheus* ditujukan untuk pengembang perangkat lunak praktisi dan mahasiswa.

*Prometheus* adalah metodologi untuk membangun sistem multi-agen dan komponen detail dari agen dengan menggunakan pendekatan *top-down*. Desain dimulai dari fase *system specification*, *architectural desain* sampai dengan *detail desain*. *Prometheus* dimaksudkan untuk dapat mendukung desain sistem BDI dengan semua tingkat terendah dari desain yang mengarah ke dalam kode yang dapat digunakan sama baiknya untuk sistem non-BDI. Namun, tingkat terendah perlu dimodifikasi untuk mengakomodasi gaya tertentu dari implementasi platform yang ditargetkan (Lin Padgham, 2003).

### 2.1.5.2 *Prometheus Design Tools* (PDT)

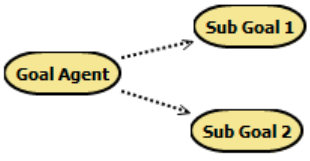
*Prometheus Design Tool* (PDT) adalah alat untuk mendesain sistem multi-agen yang dikembangkan oleh Agen Grup di RMIT University (Gambar 2.8). Tujuan dari PDT adalah untuk mempermudah pemodelan pengembangan aplikasi berorientasi agen lebih mudah oleh *decoupling* keseluruhan proses desain ke

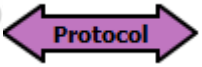
dalam fase yang berbeda dalam cara *top-down* (padhgam dan winikoff, 2005). Dengan PDT, pengguna bisa mendesain sistem pada satu tahap desain tertentu pada satu waktu dan mengidentifikasi semua komponen dari sistem langkah demi langkah. Notasi dan tools yang bisa digunakan pada PDT ini sangat berbeda dengan pemodelan yang lain. Untuk melihat detail dari notasi dan fungsinya bisa dilihat pada Tabel 2.1.




**Gambar 2. 8 Tampilan *Prometheus Design Tools* (PDT)**
Sumber:https://sites.google.com/site/rmitagents/software/*Prometh eus*PDT/tutorials/quick-start-guide

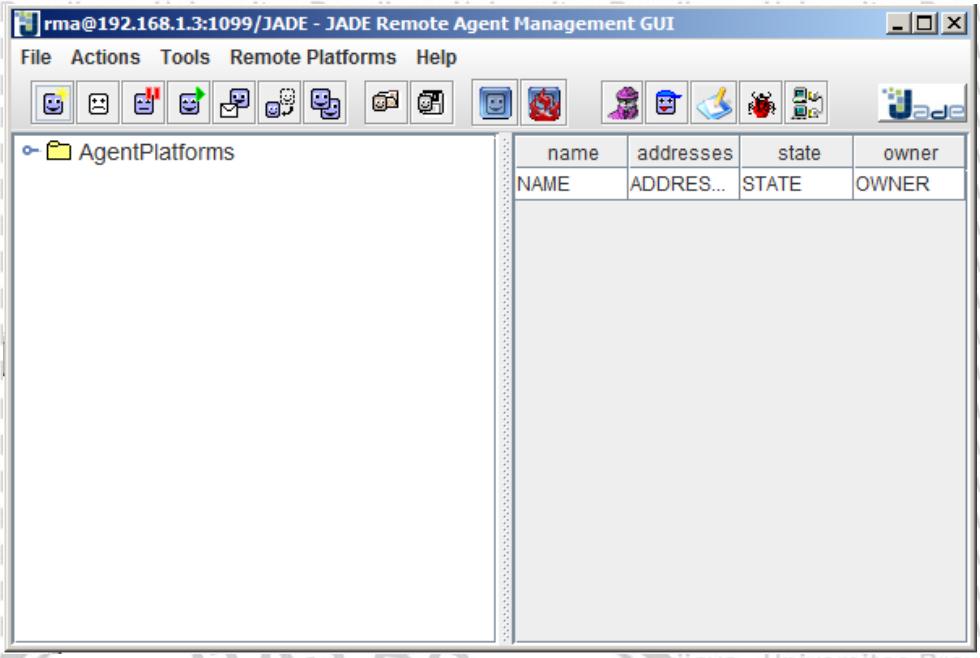
**Tabel 2. 1 Notasi *Prometheus Design Tools***

| NOTASI | NAMA | KETERANGAN |
|---|---|---|
| | *Notes* | Digunakan untuk menampilkan sebuah informasi tentang model yang dibuat. Notes tidak dapat degenerate menggunakan jackCode. |
| | *Scenario* | Memodelkan skenario dari system agent |
|   | *Goal dan sub-goal* | Main goal adalah tujuan utama agent dalam menyelesaikan misinya, sedangkan sub-goal adalah goal cadangan yang mungkin akan dilakukan jika kondisi main-goal tidak bisa dilaksanakan. |

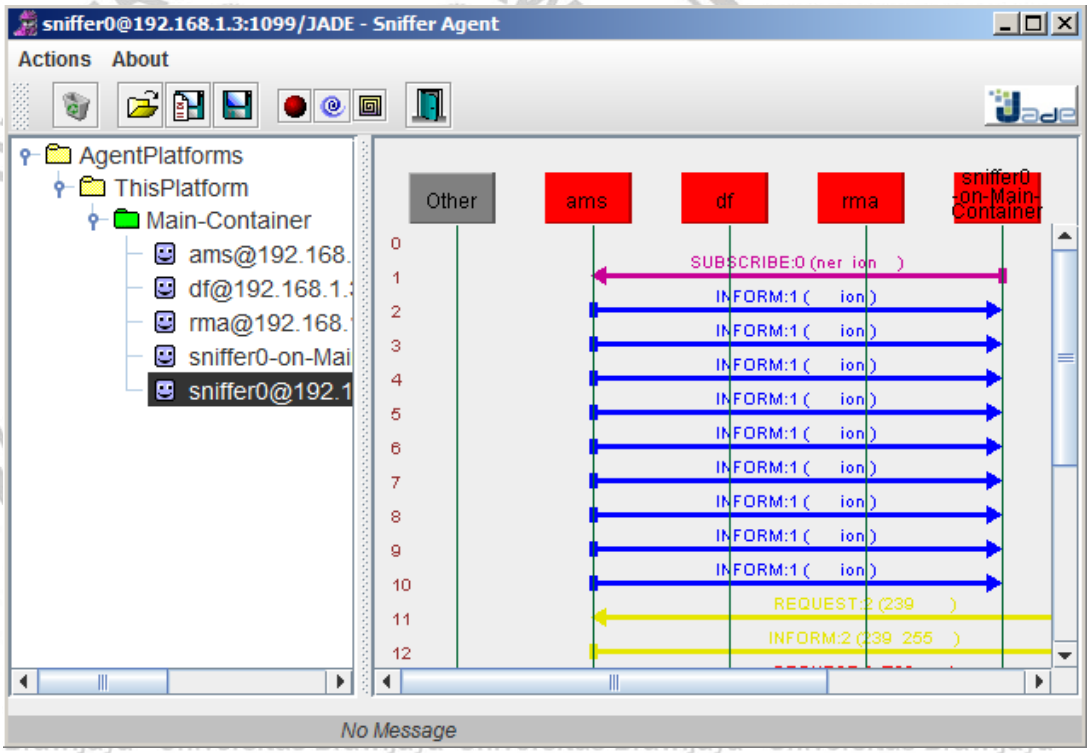
| | | |
|---|---|---|
| | *Role* | Role adalah kemampuan spesifik dari individu setiap agent. Contohnya agent "TAGANA" bisa menjadi "Evakuator" dan "Rescuer". |
| | *Percept* | Percept adalah informasi dari luar yang masuk dan diterima oleh seorang agent. |
| | *Action* | Action adalah sebuah tindakan yang dilakukan oleh agent untuk menuntaskan goal yang ada. |
| | *Data* | Informasi yang disimpan oleh setiap agent. |
| | *Agent* | Notasi dari agen |
| | *Behavioral* | Perilaku yang dimiliki oleh seorang agen yang aktif di dalam system. |
| | *Message* | Pesan yang dikirim dan diterima oleh agent. |
|  | *Protocol* | Protocol komunikasi antar agent ini berfungsi sebagai boundary interaksi antar agent. |

### 2.1.5.3 JADE (*Java Agent DEvelopment framework*)

JADE (*Java Agent DEvelopment framework*) adalah kerangka kerja yang memfasilitasi pengembangan aplikasi berbasis agen dengan didukung GUI (*Graphical User Interface*) pada implementasi perangkat lunaknya (G. Caire, 2009). Tampilan GUI pada JADE (Gambar 2.9) dibuat cukup sederhana agar pengguna tidak mengalami kesulitan dalam melakukan *development* sistem agen. JADE dikembangkan dengan menggunakan Bahasa pemrograman *Java*, sehingga memudahkan untuk implementasi bagi pengembang sistem yang sudah tidak asing dalam pemrograman Java. JADE dikembangkan oleh *Research & Development Department of Telecom* dari Italia, akan tetapi sekarang sudah dikembangkan oleh beberapa komunitas pengembang teknologi multi-agen dan didistribusikan secara open source dibawah lisesi LGPL.




**Gambar 2. 9 JADE GUI**




**Gambar 2. 10 *Agent Snifer***

Salah satu fitur paling penting yang disediakan oleh JADE adalah kemampuan untuk berkomunikasi antar agen yang aktif dalam sistem. Pada JADE pengujian fitur ini akan ditampilkan pada *agent snifer* (Gambar 2.10). Paradigma komunikasi ini mengadopsi dari paradigma pertukaran pesan secara *asynchronous*. Kemampuan individu agen dalam menerima dan mengirimkan sebuah pesan sangat tergantung dari behaviour agen tersebut.

Pesan agen adalah bentuk komunikasi mendasar antara agen satu dengan yang lain. Struktur pesan adalah seperangkat nilai kunci yang ditulis dalam FIPA-ACL (Louis et., al, 2005). Konten pesan dinyatakan dalam bahasa konten, seperti FIPA-SL atau FIPA-KIF, dan ekspresi konten dapat didasarkan pada ontologi yang dirujuk. Pesan dapat secara rekursif berisi pesan lain dalam kontennya dan harus mengandung parameter kunci seperti nama pengirim dan penerima. Sebelum transmisi, pesan harus dikodekan ke dalam *payload* dan amplop transport pesan untuk protokol tertentu yang digunakan (Bellifemine et. al., 2001). Parameter dan aksi atau tindakan pada waktu mengirimkan atau menerima pesan dapat dilihat pada (Tabel 2.2 dan Tabel 2.3).

**Tabel 2. 2 Parameter pesan pada JADE**

| *ACL message parameters* | |
|---|---|
| Parameter | Deskripsi |
| performative | Jenis tindakan yang komunikatif dari sebuah pesan |
| sender | Identitas pengirim pesan |
| receiver | Identitas penerima pesan yang dituju |
| reply-to | Agen mana untuk mengarahkan pesan berikutnya ke dalam sebuah urutan percakapan |
| content | Isi pesan |
| language | Bahasa di mana parameter isi dari sebuah pesan diekspresikan |
| encoding | Pengkodean khusus dari isi sebuah pesan |
| ontology | Referensi ke ontologi untuk memberi makna pada simbol dalam isi pesan |
| protocol | Protokol interaksi digunakan untuk menyusun percakapan |
| conversation-id | Identitas unik dari sebuah percakapan |
| reply-with | Ekspresi yang akan digunakan oleh agen untuk merespons sebuah pesan yang sudah dikirimkan |
| in-reply-to | Referensi ke tindakan sebelumnya yang merupakan balasan pesan |
| reply-by | Waktu / tanggal yang menunjukkan kapan balasan harus diterima |

Sumber: https://jade.tilab.com/documentation/book/

**Tabel 2. 3 Aksi atau tindakan agen terhadap sebuah pesan**

| *FIPA Communication act* | |
|---|---|
| *FIPA Communication act* | Deskripsi |
| Accept Proposal | Sebuah aksi untuk menerima proposal yang sebelumnya telah dikirimkan oleh seorang agen. |

| | |
|---|---|
| Agree | Sebuah tindakan yang dilakukan oleh agen, ketika agen tersebut menyetujui suatu aksi yang diberikan kepadanya. |
| Cancel | Tindakan dari satu agen yang menginformasikan agen lain bahwa agen pertama tidak lagi memiliki niat untuk merespon tindakan agen lain. |
| Call for Proposal | Tindakan meminta proposal kepada agen yang lain. |
| Confirm | Sebuah aksi yang berisi pesan sebuah tindakan yang telah disetujui oleh agen tersebut, sedangkan posisi agen pengirim masih belum percaya dengan tindakan yang sudah dikirimkan. |
| Disconfirm | Pengirim menginformasikan penerima bahwa proposisi yang diberikan adalah salah, di mana penerima diketahui percaya, atau percaya bahwa proposisi itu benar |
| Failure | Tindakan memberi tahu agen lain bahwa suatu tindakan telah dicoba tetapi upaya tersebut gagal. |
| Inform | Pengirim menginformasikan penerima bahwa proposisi yang diberikan adalah benar. |
| Inform If | Sebuah tindakan untuk memberi tahu penerima apakah proposisi tersebut benar atau tidak. |
| Inform Ref | Sebuah tindakan yang memungkinkan pengirim untuk menginformasikan penerima tentang beberapa objek yang diyakini oleh pengirim untuk berhubungan dengan deskriptor tertentu, misalnya nama. |
| Not Understood | Pengirim tindakan (misalnya, saya) memberi tahu penerima (misalnya, j) bahwa ia merasa bahwa j melakukan beberapa tindakan, tetapi bahwa saya tidak mengerti apa yang baru saja dilakukan. |
| Propagate | Pengirim bermaksud bahwa penerima memperlakukan pesan tertanam sebagai dikirim langsung ke penerima, dan ingin penerima untuk mengidentifikasi agen yang dilambangkan oleh deskriptor yang diberikan dan mengirim pesan propagasi yang diterima kepada mereka. |
| Propose | Tindakan mengajukan proposal untuk melakukan tindakan tertentu, diberikan prasyarat tertentu. |
| Proxy | Pengirim menginginkan penerima untuk memilih agen target yang dilambangkan dengan deskripsi yang diberikan dan untuk mengirim pesan tertanam kepada mereka. |
| Query If | Tindakan menanyakan agen lain apakah proposisi yang diberikan benar atau tidak. |

| | |
|---|---|
| Query Ref | Tindakan meminta agen lain untuk objek yang dirujuk oleh ekspresi referensial. |
| Refuse | Tindakan menolak untuk melakukan tindakan tertentu, dan menjelaskan alasan penolakan tersebut. |
| Reject Proposal | Tindakan menolak proposal untuk melakukan beberapa tindakan selama negosiasi. |
| Request | Pengirim meminta penerima untuk melakukan beberapa tindakan. Satu kelas penting dari tindakan meminta adalah meminta penerima untuk melakukan tindakan komunikatif lainnya. |
| Request When | Pengirim ingin penerima melakukan beberapa tindakan ketika beberapa proposisi yang diberikan menjadi benar. |
| Request Whenever | Pengirim menginginkan penerima untuk melakukan beberapa tindakan segera setelah beberapa proposisi menjadi benar dan setelah itu setiap kali proposisi menjadi benar lagi. |
| Subscribe | Tindakan meminta niat gigih untuk memberi tahu pengirim tentang nilai referensi, dan memberi tahu lagi setiap kali objek yang diidentifikasi oleh referensi berubah. |

Sumber: https://jade.tilab.com/documentation/book/

### 2.1.6 Wawancara

Wawancara adalah cara melakukan pengumpulan data yang akan digunakan untuk memperoleh informasi secara langsung dari sumbernya (Riduwan, 2010). Wawancara ini adalah salah satu teknik pengambilan data yang digunakan apabila ingin mengetahui lebih dalam informasi yang disampaikan oleh responden. Wawancara juga merupakan salah satu teknik pengambilan data yang efektif apabila jumlah responden sedikit. Berdasarkan sifat pertanyaan wawancara dapat dibedakan menjadi:

1. Wawancara Terpimpin
   Pada wawancara ini pertanyaan yang akan diajukan kepada responden terlebih dahulu akan disusun oleh pewawancara.
2. Wawancara Bebas
   Wawancara ini bersifat bebas dan Batasan pertanyaan hanya pada tujuan penelitian yang sudah di buat oleh peneliti.
3. Wawancara Bebas Terpimpin
   Perpaduan antara wawancara terpimpin dan wawancara bebas. Dalam pelaksanaanya, pewawancara hanya akan membawa pedoman wawancara yang merupakan garis besar tentang hal-hal yang akan ditanyakan.

### 2.1.6.1 Validitas Instrumen

Sebelum digunakan, instrumen penelitian harus diuji terlebih dahulu untuk mengetahui kualitas instrumen. Pengujian instrumen dapat dilakukan dengan menggunakan pengujian validitas konstruksi (*construct validity*) serta pendapat para ahli (*judgment experts*) (Riduwan, 2018).

Tahapan dalam melakukan uji validitas instrument wawancara adalah diawali dengan melakukan rekapitulasi data hasil wawancara berdasarkan responden, nomor item pertanyaan dan jumlah skor yang didapat (Tabel 2.4).

**Tabel 2. 4 Data Responden Wawancara**

| Nomor Responden | Nomor Item Pertanyaan | | | | | Jumlah Skor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| … | | | | | | |
| **Jumlah** | | | | | | |

Setelah diketahui data hasil wawancara (Tabel 2.4), langkah selanjutnya adalah menghitung harga korelasi ($r_{hitung}$) setiap butir soal dengan menggunakan persamaan *Pearson Product Moment.*

Korelasi *Pearson* atau juga disebut Korelasi *Pearson Product Moment* (KPM) adalah alat uji statistik yang penggunaanya untuk melakukan pengujian hipotesis asosiatif (uji hubungan) dua variabel apabila datanya berskala interval atau rasio. KPM dikembangkan oleh Karl Pearson (Hasan, 1999).

KPM adalah salah satu bentuk statistik parametris karena menguji data pada skala interval atau rasio. Oleh karena itu, ada beberapa persyaratan untuk dapat menggunakan KPM, yaitu:

1. Sampel didapatkan dengan teknik random (acak);
2. Data uji harus homogen;
3. Data uji juga harus berdistribusi normal;
4. Data uji bersifat linier.

Nilai dari ($r_{hitung}$) ini akan digunakan untuk mengetahui nilai dari ($t_{hitung}$) pada setiap item pertanyaan. Untuk ulasan dari setiap rumus dari persamaan *Pearson Product Moment* dapat dilihat pada bab III.

Sebuah instrumen dikatakan valid apabila alat ukur yang digunakan untuk mendapatkan data itu valid. Valid berarti instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur. Jadi instrumen yang valid menjadi syarat mutlak untuk menghasilkan hasil penelitian yang valid. Salah satu tolak ukur dalam melihat tingkat validitas instrument adalah dengan melihat indeks korelasi (r) dari hasil persamaan *pearson product moment.*

Indeks korelasi (r) dari hasil persamaan *pearson product moment*:

Antara 0,800 - 1,000 = sangat tinggi
Antara 0,600 - 0,799 = tinggi
Antara 0,400 - 0,599 = cukup tinggi
Antara 0,200 - 0,399 = rendah
Antara 0,000 - 0,199 = sangat rendah (tidak valid)

#### 2.1.6.2 Reliabilitas Instrumen

Reliabilitas dalam KBBI diartikan sebagai perihal sesuatu yang bersifat reliabel (bersifat andal), ketelitian, dan ketepatan teknik pengukuran. Beberapa ahli mengemukakan pendapatnya mengenai pengertian reliabilitas antara lain; Menurut Sekaran (2000), reliabilitas atau keandalan suatu pengukuran menunjukkan sejauh mana pengukuran tersebut tanpa bias (bebas dari kesalahan) dank arena itu menjamin pengukuran yang konsisten lintas waktu dan lintas beragam item dalam instrument. Dengan kata lain, keandalan suatu pengukuran merupakan indikasi mengenai stabilitas dan konsistensi di mana instrument mengukur konsep dan membantu menilai "ketepatan" sebuah pengukuran.

Menurut Sugiyono (2011), instrumen yang reliabel adalah instrumen yang bila digunakan beberapa kali untuk mengukur objek yang sama akan menghasilkan data yang sama. Dari tiga definisi di atas jelas bahwa reliabilitas instrument terkait dengan bebas dari bias (error free) dan konsistensi instrument.

### 2.1.7 Evaluasi Karakteristik Agen

Teknik evaluasi internal properties dari karakteristik individu agen pernah dilakukan oleh Hoa dan Winikoff, (2004). Evaluasi ini dilakukan untuk menilai setiap karakteristik individu agen yang terdapat pada *Agent Oriented Modelling* (AOM). Penilaian setiap individu agen diambil berdasarkan *internal properties* agen berdasarkan karakteristik sebagai berikut:

1. *Autonomous Agent*
   Agen dapat melakukan tindakan secara mandiri tanpa ada campur tangan secara langsung dari manusia atau dari agen yang lain. Dengan kata lain, action yang dilakukan oleh agen, *percept* yang diterima oleh agen dan *behavioral* yang dilakukan oleh agen adalah milik agen itu sendiri.
2. *Mental attitude Agent*
   *Mental attitude* adalah kemampuan seorang individu agen yang sering disebut dengan BDI (*Belief-Desire-Intention*).
3. *Proactive Agent*
   Kemampuan induvidu agen untuk melakukan inisiatif dalam menyelesaikan tujuan atau *goal* yang dia miliki.
4. *Reactive Agent*
   Kemampuan individu agen untuk merespon apabila terjadi sebuah perubahan di dalam *environment*.
5. *Concurrency Agent*
   Kemampuan agen untuk menyelesaikan *multiple goal* secara bersamaan. Khususnya, kemampuan agen dalam melakukan sebuah aksi (*action*)

atau melakukan interaksi (*communication* atau pertukaran pesan) kepada agen yang lain secara bersamaan.

Setelah melakukan evaluasi berdasarkan kriteria dari karakteristik model, Hoa dan Winikoff (2004) melakukan penilaian hasil evaluasi dengan lima *range* nilai, yaitu:

1) Nilai **H** "*Hight*" sebagai nilai tertinggi, jika AOM memenuhi keseluruhan dari kriteria;
2) Nilai **M** "*Medium*", jika AOM memenuhi lebih dari satu kriteria, tetapi tidak mencakup kesemuanya;
3) Nilai **L** "*Low*", jika AOM hanya memenuhi satu kriteria saja;
4) Nilai **N** "*None*", jika AOM tidak memenuhi keseluruhan kriteria;
5) Nilai **DK** "*Don't Know*", jika model yang dinilai tidak memenuhi kriteria dari AOM.

## 2.2 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir atau kerangka pemikiran adalah dasar pemikiran dari penelitian yang disintesiskan dari fakta-fakta, observasi dan telaah kepustakaan. Oleh karena itu, kerangka berpikir memuat teori, dalil atau konsep-konsep yang akan dijadikan dasar dalam penelitian.

Langkah – langkah penelitian:

1. Penelitian ini diawali dengan melakukan pengambilan data wawancara dan kuisioner di BPBD Kota Batu.
2. Data yang sudah didapatkan akan digunakan sebagai dasar membuat model multi-agen.
3. Model multi-agen dibuat dengan menggunakan metodologi *Prometheus*.
4. Setelah model dibuat, evaluasi model dilakukan dengan implementasi model menggunakan Java Agent Development Framework.
5. Melakukan evaluasi karakteristik agen pada model yang sudah diimplementasikan.

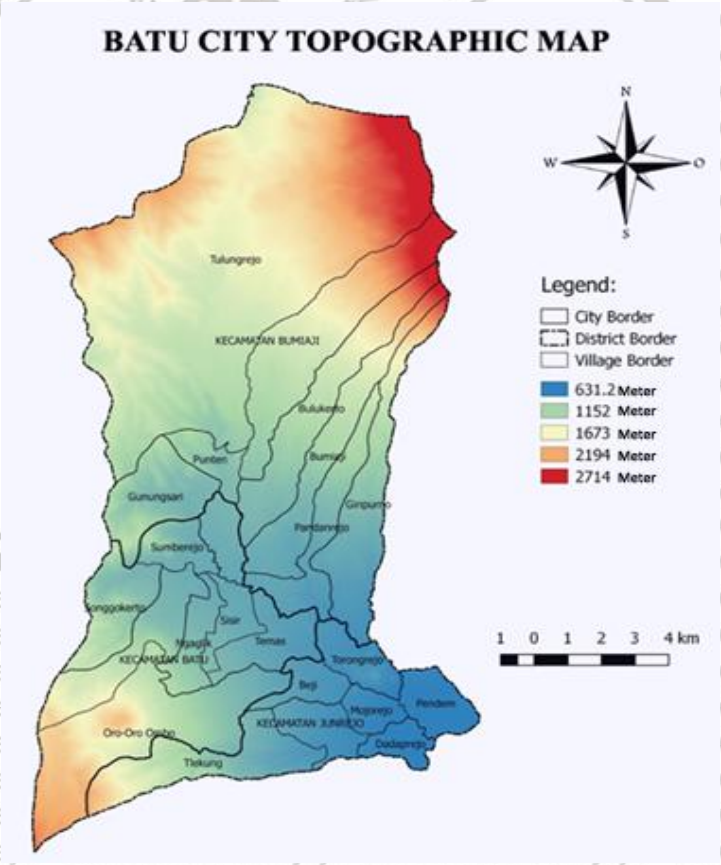
# BAB 3 METODOLOGI

## 3.1 Studi Kasus dan Penelitian

### 3.1.1 Geografis Kota Batu

Berdasarkan data statistik Kota Batu tahun 2016, Kota Batu merupakan bagian dari Kabupaten Malang, yang kemudian ditetapkan menjadi kota administratif pada 6 Maret 1993. Pada tanggal 17 Oktober 2001, Batu ditetapkan sebagai kota otonom yang terpisah dari Kabupaten Malang. Berdasarkan astronomi, Kota Batu terletak diantara 122°17'-122°57' Bujur Timur, 7°44'-8°26' Lintang Selatan dengan luas 199,09 km2. Kota Batu merupakan dibagi dalam 3 wilayah kecamatan (Bumiaji, Batu, Junrejo), 5 kelurahan, dan 19 desa, dengan jumlah penduduk 168.155 jiwa. Adapun batas administrasi wilayah kota Batu, meliputi (Gambar 3.1):

1. Batas wilayah utara: Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Pasuruan,
2. Batas wilayah selatan: Kabupaten Malang,
3. Batas wilayah Barat: Kabupaten Malang,
4. Batas wilayah Timur: Kabupaten Malang.




**Gambar 3. 1 Topografi Kota Batu**

Kota batu memiliki kecamatan kecamatan terluas yakni Kecamatan Bumiaji. Kecamatan ini memiliki luas 127,92 Km2 atau sekitar 64,28% dari luas total

keseluruhan Kota Batu. Dalam skala kelurahan, kelurahan yang paling luas yaitu kelurahan Tulunrejo, yakni dengan luas wilayahnya 64,83 Km2.

### 3.1.2 Instrumen Penelitian

Teknik akuisisi data yang digunakan adalah wawancara. Wawancara ini akan digunakan sebagai dasar dalam pengambilan data yang narasumbernya akan diambil dari:

1. Kepala BPBD Kota Batu,
2. Kepala Pelaksana BPBD Kota Batu,
3. Kepala Seksi Pencegahan dan Kesiapsiagaan.

Tipe wawancara pada penelitian ini menggunakan wawancara terpimpin dan skala wawancara menggunakan jenis interval (Riduwan, 2018).

#### 3.1.2.1 Pengujian Validitas Instrumen

Sebelum melakukan pengukuran validitas instrumen penelitian, akan dilakukan pencarian nilai korelasi antara bagian-bagian instrumen secara keseluruhan dengan mengorelasikan setiap butir instrumen dengan skor total dirumuskan dengan *pearson product moment* (Riduwan, 2018) seperti berikut:

$$r_{hitung} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{\sqrt{\{n\sum X^2 - (\sum X)^2 \cdot \{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

Dimana:

$r_{hitung}$ = koefisien korelasi
$\sum Xi$ = jumlah skor item (3.2)
$\sum Yi$ = jumlah skor total (seluruh item)
$n$ = jumlah responden

Selanjutnya dihitung dengan Uji-t (Riduwan, 2018) dengan rumus

$$t_{hitung} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \qquad (3.3)$$

Dimana:

$t$ = Nilai t hitung
$r$ = koefisien korelasi hasil r hitung
$n$ = jumlah responden

Distribusi (Tabel t) untuk α = 0,05 dan derajat kebebasan (dk = n – 2)

#### 3.1.2.2 Pengujian Realibilitas Instrumen

Pengujian reliabilitas instrumen dilakukan dengan menggunakan metode *alpha,* yaitu metode analisis reliabilitas instrument dari satu kali pengukuran (Riduwan, 2018). Untuk mengetahui reliabilitas instrument, digunakan rumus berikut ini:

$$r_{11} = \left(k/(k-1)\right) \quad (3.4)$$

Dimana:

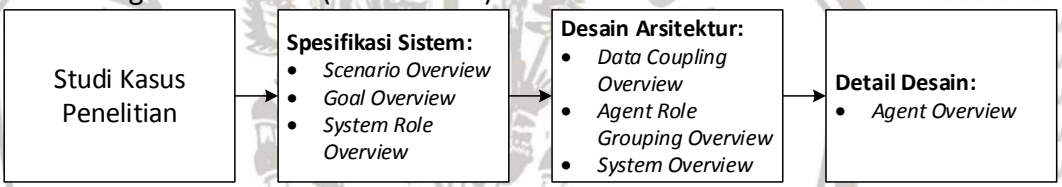
*r11* = koefisien reliabilitas internal seluruh item (3.2)

*rb* = korelasi *product moment* antara belahan (ganjil-genap) atau (awal-akhir)

Pengujian reliabilitas instrumen dilakukan dengan jumlah responden 16 orang pegawai BPBD Kota Batu. Pengujian reliabilitas instrumen menggunakan empat variabel yaitu tanah longsor, manajemen bencana, kesiapsiagaan, teknologi dan simulasi bencana bisa dilihat pada lampiran.

### 3.1.3 Perancangan Model

Tahapan ini dilakukan untuk dapat memodelkan tiap agen yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan bencana tanah longsor dengan mengambil literatur dari BNPB, Kementrian Kesehatan dan BPBD. Kemudian langkah selanjutnya adalah memodelkan setiap organisasi yang terlibat di dalam fase kesiapsiagaan ke dalam metodologi *Prometheus* (Gambar 3.2).




**Gambar 3. 2 Perancangan Multi-agen Menggunakan Metodologi *Prometheus***
Sumber: Lin Padgham dan Michael Winikoff (2004)

#### 3.1.3.1 Studi Kasus

Dalam metodologi *Prometheus* studi kasus diguanakan untuk membantu menjelaskan proses dari sistem agen atau multi-agen yang sedang dikembangkan (Padgham, 2005). Isi dari studi kasus pada metodologi *Prometheus* ini berupa rincian textual dari running sistem agen atau multi-agen yang akan dikembangkan.

#### 3.1.3.2 Spesifikasi Sistem

Pada tahap awal pengembangan sistem agen dalam metodologi *Prometheus* adalah menentukan spesifikasi sistem dengan menentukan goal agen, use case skenario, fungsionalitas dan *environment* (yang didefinisikan dalam *action* dan *percept*).

#### 3.1.3.3 *Scenario Overview*

Skenario pada Metodologi *Prometheus* ini berupa deskripsi terperinci dari satu contoh urutan kejadian tertentu yang dilakukan untuk mencapai tujuan atau goal tertentu pada sebuah kejadian tertentu di dalam lingkungan sistem agen atau multi-agen.

Di dalam Metodologi *Prometheus* sebuah skenario dideskripsikan dengan nama skenario, deskripsi skenario dan sebuah event yang mengakibatkan timbulnya skenario. Sedangkan detail dari skenario adalah berupa langkah - langkah yang dituliskan secara berurutan. Setiap langkah dari skenario ini dapat berupa ACTION, PERCEPT, GOAL, SCENARIO atau OTHER. Detail dari contoh skenario dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1 Skenario Agen**

<table>
<tr><td colspan="2">Nama Skenario</td><td colspan="3">Nama dari skenario</td></tr>
<tr><td colspan="2">Deskripsi</td><td colspan="3">Deskripsi skenario yang dibuat</td></tr>
<tr><td colspan="2">Event</td><td colspan="3">Event yang mengakibatkan terjadinya skenario</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5">Step:</td></tr>
<tr><td>No</td><td>Tipe</td><td>Nama</td><td>Fungsionaliti</td><td>Data</td></tr>
<tr><td>1</td><td>ACTION, PERCEPT, GOAL SCENARIO atau OTHER</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="5">Keterangan</td></tr>
<tr><td colspan="5">Informasi data</td></tr>
</table>

Sumber: Lin Padgham dan Michael Winikoff (2004)

### 3.1.3.4 *Goal Overview*

Proses untuk menetapkan goal pada agen adalah dengan memahami deskripsi sistem secara keseluruhan (Padgham, 2005). Dengan mengetahui deskripsi sistem secara keseluruhan, maka akan mudah untuk mengetahui tujuan yang dimiliki oleh setiap agen yang terlibat dalam sistem. Dalam menetapkan goal pada model yang akan dikembangkan ini, langkah paling mudah yang bisa diambil adalah dengan melihat tujuan (*main-goal*) dari setiap individu agen. Setelah menentukan *main-goal* dari agen, maka akan ditemukan beberapa kondisi yang bisa terjadi selama prosesnya. Kondisi - kondisi yang bisa membantu tercapainya *main-goal* inilah yang di namakan dengan *sub-goal*.

### 3.1.3.5 *System Role Overview*

Fungsionalitas adalah kemampuan dari sistem untuk menemukan objective dari sistem atau tujuan dari sistem (Padgham, 2005). Fungsionalitas bisa dikatakan juga sebagai kemampuan dari agen di dalam sebuah lingkungan tertentu. Kemampuan agen ini akan sangat mempengaruhi keberhasilan agen dalam berinteraksi, berkoordinasi dalam menyelesaikan goal yang diemban oleh masing – masing agen yang ada dalam sistem tersebut. Fungsionalitas system ini pada metodologi *Prometheus* ini di implementasikan kedalam *System Role Overview*.

### 3.1.3.6 Desain Arsitektur

Fokus dari desain arsitektur ini adalah pada interaksi agen pada sistem dan menentukan output dari spesifikasi sistem yang sudah dibuat. Terdapat tiga tahapan penting dalam menentukan desain arsitektur dari Metodologi *Prometheus* (Padgham, 2005), yaitu:

1. Menentukan jenis agen yang akan dibuat dan mengelompokkan setiap agen kedalam *agent role grouping overview*.
2. Mendeskripsikan interaksi antar agen menggunakan *interaction diagrams* dan *interaction protocols*.
3. Merancang struktur sistem secara keseluruhan.

Pada *Prometheus* Design Tools versi 5.1 terdapat beberapa perubahan dalam tahapan implementasi desain arsitekturnya. Perubahan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Menentukan setiap *role* agen dan merelasikanya dengan setiap *data storage* yang terbung denganya.
2. Menentukan jenis agen yang akan dibuat dan mengelompokkan setiap agen kedalam *Agent Role Grouping Overview*.
3. Merancang struktur system agen kedalam *System Overview*.

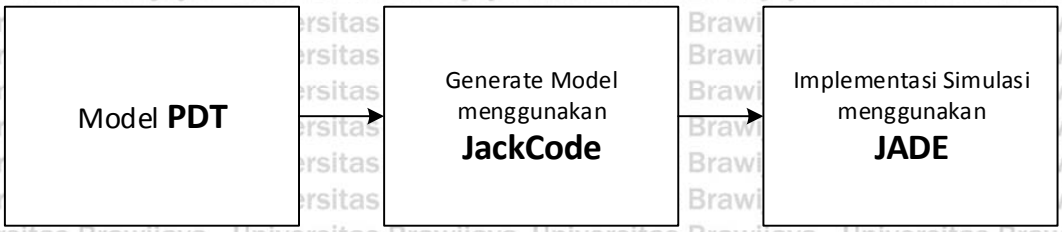
Memilih tipe agen yang akan dibuat dalam sistem merupakan keputusan paling penting yang dibuat dalam tahapan ini. Karena kesalahan dalam menentukan tipe agen akan membuat *interaction diagram, interaction protocol* dan rancangan struktur sistem secara keseluruhan tidak dapat digunakan. Setelah berhasil menentukan tipe dari setiap agen yang dibuat, maka setiap agen tersebut akan dikelompokkan menjadi satu kesatuan pada *data coupling diagram* dan *aget aquitance diagram*.

Langkah selanjutnya dalam desain arsitektur adalah menentukan interaksi antara agen. Interaksi antar agen ini dikembangkan menggunakan diagram *interaction diagrams* dan *interaction protocols*. Secara khusus, notasi yang digunakan adalah varian disederhanakan dari diagram urutan UML untuk diagram interaksi dan versi revisi Agent-UML (AUML) (Huget et al., 2003).

### 3.1.3.7 Detail Desain

Penjelasan fungsionalitas secara keseluruhan setiap individu agen akan di uraikan disini. Detail desain ini digunakan untuk melihat kemampuan agen secara keseluruhan ketika proses *running* dalam sistem, seperti BDI agen, goal agen, action dan percept.

### 3.1.4 Implementasi Model Simulasi




**Gambar 3. 3 Implementasi model simulasi**

Implementasi model akan dilakukan menggunakan jackCode generator dan JADE Versi 4.5.0 keluaran tahun 2014 (Gambar 3.3). Langkah awal dari implementasi ini adalah melakukan *generate* data dari model yang dibuat menggunakan jackCode generator. *Generate* data yang dihasilkan adalah data *attribute* dari agen (*goal*, *action* dan *percept*) dan juga *behavioral* dari agen itu sendiri. Proses *generate* dari jackCode tidak langsung akan menghasilkan agen dalam bentuk source code yang lengkap, akan tetapi hanya sebatas properties dari *attribute* dan karakteristik saja. Setelah proses *generate* selesai, maka setiap individu agen akan di implementasikan ke dalam JADE untuk menjalankan simulasi penanganan bencana alam tanah longsor berdasarkan pada skenario yang sudah dimodelkan.

### 3.1.5 Evaluasi Model

#### 3.1.5.1 Evaluasi Karakteristik Agen

Setaip agen yang terlibat dalam model simulasi Desa Tangguh Bencana akan di lakukan evaluasi *internal properties* pada karakteristiknya. Berikut adalah karakteristik agen yang akan di evaluasi berdasarkan hasil dari model simulasi penanganan bencana alam tanah longsor, yaitu:

1. *Autonomous agent*

   Kriteria dari *autonomous*:

   a) Apakah agen mempunyai kemampuan untuk melakukan sebuah tindakan (*functionality*) berdasarkan tujuan (*goal*) yang dia miliki (hoa dan winikoff, 2004)?

   b) Apakah agen mempunyai mekanisme pengambilan keputusan secara mandiri (*behavioral*) tanpa harus ada perintah secara langsung dari manusia ataupun agen yang lain (hoa dan winikoff, 2004)?

   c) Apakah agen dapat mengenali *environment* sistem dan dapat melakukan tindakan berdasarkan informasi yang diterima (*percept*) (Oskouei, R. J., et al, 2014)?

2. *Mental attitude agent*

   Kriteria dari *mental attitude*:

   a) Apakah agen mempunyai kemampuan untuk mengambil sebuah keputusan berdasarkan kemampuanya terhadap sesuatu (hoa dan winikoff, 2004)?

Contoh: agen Kepala Desa mampu menentukan kebenaran dari Informasi bencana yang dia terima.

b) Apakah agen mempunyai keinginan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (*goal*) (hoa dan winikoff, 2004)?

c) Apakah agen mempunyai sebuah rencana (*plan*) untuk menyelesaikan *goal* atau tujuan yang dia miliki dengan melakukan sebuah aksi (*action*) atau menerima sebuah informasi (*percept*) (hoa dan winikoff, 2004)?

d) Apakah agen dapat mengenali sebuah aturan (*protocol*) dalam *environment* sistem (Fox, J., et al, 2014)?

3. *Proactive agent*

Kriteria dari *proactive*:

a) Apakah individu agen dapat mengirimkan atau menerima sebuah pesan dari agen atau *environment* dalam sistem (hoa dan winikoff, 2004)?

b) Apakah individu agen dapat mengirimkan atau menerima pesan yang spesifik terhadap agen tertentu (hoa dan winikoff, 2004)?

c) Apakah individu agen dapat menerima atau mengirimkan lebih dari satu pesan kepada agen lain atau *environment* di dalam sistem (hoa dan winikoff, 2004)?

4. *Reactive agent*

Kriteria dari *reactive*:

a) Apakah agen dapat merespon apabila ada perubahan di dalam *environment* sistem (hoa dan winikoff, 2004)?

b) Apakah agen dapat merespon (melakukan sebuah *action*) apabila ada perubahan di dalam sistem yang secara langsung berpengaruh (*percept*) terhadap *goal* yang dia miliki (hoa dan winikoff, 2004)?

c) Apakah agen dapat melakukan antisipasi apabila terjadi perubahan pada *environment* yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap goal yang dia miliki (Berkowitz, 1993)?

5. *Concurrency agent*

Kriteria dari *concurrency*:

a) Apakah agen mempunyai lebih dari satu *goal* dan *action* selama aktif dalam sistem (hoa dan winikoff, 2004)?

b) Apakah agen mampu melakukan komunikasi (pertukaran pesan) secara bersamaan dengan lebih dari satu agen (hoa dan winikoff, 2004)?

c) Apakah agen mampu menyelesaikan lebih dari satu *goal* secara bersamaan (hoa dan winikoff, 2004)?

Karakteristik keenam akan diambilkan dari satrio (2003), yaitu:

6. *Collaborative agent*

Kriteria dari *collaborative*:

a) Apakah agen dapat melakukan komunikasi dengan agen yang lain, terkait dalam penyelesaian *goal* (satrio, 2003)?

b) Apakah agen dapat melakukan kolaborasi dan koordinasi untuk menyelesaikan *goal* yang sama (hoa dan winikoff, 2004)?

c) Apakah agen dapat melakukan negosiasi untuk melakukan akuisisi terhadap *goal* yang sama (hoa dan winikoff, 2004)?

### 3.1.5.2 Penilaian Hasil Evaluasi (masuk bab 2)

Penilaian pada evaluasi *internal properties* pada karakteristik setiap individu agen mempunyai empat skala, yaitu:

1) Nilai **R** untuk menyatakan jika individu agen tersebut mempunyai karakteristik yang rendah, karena hanya memiliki satu dari ketiga atau keempat kriteria yang ditetapkan.
2) Nilai **S** untuk menyatakan jika individu agen tersebut mempunyai karakteristik sedang, karena hanya memiliki dua dari ketiga atau keempat kriteria yang ditetapkan.
3) Nilai **T** untuk menyatakan jika individu agen tersebut mempunyai karakteristik tinggi, yaitu keseluruhan dari kriteria atau minimal memiliki tiga kriteria dari karakteristik agen yang ditetapkan.
4) Nilai **N** untuk menyatakan jika induvidu agen tersebut tidak memiliki kriteria dari karakteristik agen yang ditetapkan.

# BAB 4 PERANCANGAN

## 4.1 Perancangan Model

### 4.1.1 Hasil Wawancara

#### 4.1.1.1 Hasil Uji Validitas (isinya item pertanyaan) (cara pengujian validitas dan reliabilitas)

**Tabel 4. 1 Instrumen Wawancara**

| NO | NARASUMBER | PERTANYAAN |
|---|---|---|
| 1 | Kepala BPBD | 1. Bagaimana tanggapan anda terkait bencana alam yang terjadi di Kota Batu?<br>2. Bencana alam apakah yang potensi terjadinya sering di Kota Batu?<br>3. Apa saja yang dipersiapkan oleh BPBD Kota Batu dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor?<br>4. Apa saja permasalahan yang dialami oleh BPBD Kota Batu selama melakukan penanganan bencana tanah longsor?<br>5. Apa saja program-program BPBD Kota Batu untuk menanggulangi bencana alam tanah longsor dimasa depan?<br>6. Bagaimana proses bisnis dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor di Kota Batu?<br>7. Apakah terdapat struktur organisasi dan tupoksi di BPBD Kota Batu?<br>8. Siapa sajakah yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan dalam penanganan bencana alam tanah longsor?<br>9. Bagaimana SOP dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor?<br>10. Apakah terdapat rambu atau papan informasi terkait bencana alam tanah longsor? |
| 2 | Kepala Pelaksana BPBD | 1. Bagaimana langkah BPBD dalam memberikan penyuluhan terkait bencana alam tanah longsor kepada masyarakat?<br>2. Siapa saja pihak yang terlibat dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor?<br>3. Apa saja hambatan yang dialami oleh BPBD Kota Batu selama penanganan bencana alam tanah longsor?<br>4. Apa saja program-program BPBD Kota Batu untuk menanggulangi bencana alam tanah longsor dimasa depan?<br>5. Bagaimana proses bisnis dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor di Kota Batu?<br>6. Apakah terdapat struktur organisasi dan tupoksi di BPBD Kota Batu?<br>7. Apakah terdapat struktur organisasi dan tupoksi di BPBD Kota Batu?<br>8. Siapa sajakah yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan dalam penanganan bencana alam tanah longsor?<br>9. Bagaimana SOP dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor?<br>10. Apakah terdapat rambu atau papan informasi terkait bencana alam tanah longsor? |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | Sekretaris | 1. Bagaimana tanggapan anda terkait bencana alam yang terjadi di Kota Batu?<br>2. Bencana alam apakah yang potensi terjadinya sering di Kota Batu?<br>3. Apa saja yang dipersiapkan oleh BPBD Kota Batu dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor?<br>4. Apa saja permasalahan yang dialami oleh BPBD Kota Batu selama melakukan penanganan bencana tanah longsor?<br>5. Apa saja program-program BPBD Kota Batu untuk menanggulangi bencana alam tanah longsor dimasa depan?<br>6. Bagaimana proses bisnis dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor di Kota Batu?<br>7. Apakah terdapat struktur organisasi dan tupoksi di BPBD Kota Batu?<br>8. Siapa sajakah yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan dalam penanganan bencana alam tanah longsor?<br>9. Bagaimana SOP dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor?<br>10. Apakah terdapat rambu atau papan informasi terkait bencana alam tanah longsor? |
| 4 | Kepala Seksi Pencegahan dan Kesiapsiagaan BPBD | 1. Bagaimana tanggapan anda terkait bencana alam yang terjadi di Kota Batu?<br>2. Bencana alam apakah yang potensi terjadinya sering di Kota Batu?<br>3. Apa saja yang dipersiapkan oleh BPBD Kota Batu dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor?<br>4. Apa saja permasalahan yang dialami oleh BPBD Kota Batu selama melakukan penanganan bencana tanah longsor?<br>5. Apa saja program-program BPBD Kota Batu untuk menanggulangi bencana alam tanah longsor dimasa depan?<br>6. Bagaimana proses bisnis dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor di Kota Batu?<br>7. Apakah terdapat struktur organisasi dan tupoksi di BPBD Kota Batu?<br>8. Siapa sajakah yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan dalam penanganan bencana alam tanah longsor?<br>9. Bagaimana SOP dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor?<br>10. Apakah terdapat rambu atau papan informasi terkait bencana alam tanah longsor? |
| 5 | Anggota Seksi Pencegahan dan Kesiapsiagaan BPBD | 1. Bagaimana tanggapan anda terkait bencana alam yang terjadi di Kota Batu?<br>2. Bencana alam apakah yang potensi terjadinya sering di Kota Batu?<br>3. Apa saja yang dipersiapkan oleh BPBD Kota Batu dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor?<br>4. Apa saja permasalahan yang dialami oleh BPBD Kota Batu selama melakukan penanganan bencana tanah longsor?<br>5. Apa saja program-program BPBD Kota Batu untuk menanggulangi bencana alam tanah longsor dimasa depan?<br>6. Bagaimana proses bisnis dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor di Kota Batu?<br>7. Apakah terdapat struktur organisasi dan tupoksi di BPBD Kota Batu?<br>8. Siapa sajakah yang terlibat dalam fase kesiapsiagaan dalam penanganan bencana alam tanah longsor?<br>9. Bagaimana SOP dalam melakukan penanganan bencana alam tanah longsor? |

| | | |
|---|---|---|
| | | 10. Apakah terdapat rambu atau papan informasi terkait bencana alam tanah longsor? |

Dari instrument wawancara (Tabel 4.1) didaptkan hasil wawancara dengan enam belas responden pada variabel Tanah Longsor dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2 Data Responden Wawancara**

| Nomor Responden | Nomor Item Pertanyaan | | | | | Jumlah Skor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | **13** |
| 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | 5 | **19** |
| 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | **17** |
| 4 | 3 | 5 | 2 | 3 | 5 | **18** |
| 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | **15** |
| 6 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | **17** |
| 7 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | **22** |
| 8 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | **16** |
| 9 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | **18** |
| 10 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | **23** |
| 11 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | **16** |
| 12 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | **25** |
| 13 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | **25** |
| 14 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | **23** |
| 15 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | **13** |
| 16 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | **19** |
| **Jumlah** | **57** | **64** | **53** | **61** | **64** | **17** |

Untuk menghitung harga korelasi butir soal dengan menggunakan persamaan *Pearson Product Moment* dengan nilai tersaji pada Tabel 4.3.

**Tabel 4. 3 Nilai Variabel X dan Y**

| Variabel 1, Pertanyaan Nomor 1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **No** | $X$ | $Y$ | $X^2$ | $Y^2$ | $XY$ |
| 1 | 2 | 13 | 4 | 169 | 26 |
| 2 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 |
| 3 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 |
| 4 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 |
| 5 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 |
| 6 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 |
| 7 | 3 | 22 | 9 | 484 | 66 |
| 8 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 |
| 9 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 |
| 10 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 |
| 11 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 |
| 12 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 |
| 13 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 |
| 14 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 2 | 13 | 4 | 169 | 26 |
| 16 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 |
| **Jumlah (Σ)** | **57** | **299** | **215** | **5815** | **1104** |

Nilai $t_{hitung}$ dari setiap item pertanyaan adalah sebagai berikut:

a) Item pertanyaan no.1 mempunyai nilai $t_{hitung}$ = 4,1172
b) Item pertanyaan no.2 mempunyai nilai $t_{hitung}$ = 5,2663
c) Item pertanyaan no.3 mempunyai nilai $t_{hitung}$ = 6,1236
d) Item pertanyaan no.4 mempunyai nilai $t_{hitung}$ = 4,2863
e) Item pertanyaan no.5 mempunyai nilai $t_{hitung}$ = 5,2663

Nilai validitas butir soal setelah dilakukan pembandingan antara thitung dengan tTabel dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4. 4 Hasil Keputusan pada Variabel Tanah Longsor**

| Nomor Item Pertanyaan | Koefisien Korelasi ($r_{hitung}$) | Harga $t_{hitung}$ | Harga $t_{tabel}$ | Keputusan |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.745 | 4.177 | 2.145 | VALID |
| 2 | 0.815 | 5.266 | 2.145 | VALID |
| 3 | 0.853 | 6.124 | 2.145 | VALID |
| 4 | 0.753 | 4.286 | 2.145 | VALID |
| 5 | 0.815 | 5.266 | 2.145 | VALID |

### 4.1.1.1 Hasil Uji reliabilitas

**Tabel 4. 5 Data Responden Wawancara**

| Nomor Responden | Nomor Item Pertanyaan | | | | | Jumlah Skor $X$ | Kuadrat Total Skor $X^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 13 | 169 |
| 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | 5 | 19 | 361 |
| 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 17 | 289 |
| 4 | 3 | 5 | 2 | 3 | 5 | 18 | 324 |
| 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | 225 |
| 6 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 17 | 289 |
| 7 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 22 | 484 |
| 8 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 16 | 256 |
| 9 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 18 | 324 |
| 10 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 23 | 529 |
| 11 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 16 | 256 |
| 12 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 625 |
| 13 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 625 |
| 14 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 23 | 529 |
| 15 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 13 | 169 |
| 16 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 19 | 361 |
| **Jumlah skor item ($\Sigma X_i$)** | **57** | **64** | **53** | **61** | **64** | **299** | **5815** |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Jumlah skor yang dikuadratkan $(\Sigma X_i)^2$** | **3249** | **4096** | **2809** | **3721** | **4096** | $\Sigma X_t$ | $\Sigma X_t{}^2$ |
| **Jumlah kuadrat skor item $(\Sigma X_i{}^2)$** | **215** | **270** | **191** | **249** | **270** | | |

Setelah mendapatkan data wawancara (Tabel 4.5), penghitungan varian skor dari setiap item akan dilakukan menggunakan metode alpha dengan hasil sebagai berikut:

a) Varian skor $S_1$ = 0,746
b) Varian skor $S_2$ = 0,875
c) Varian skor $S_3$ = 0,965
d) Varian skor $S_4$ = 1,027
e) Varian skor $S_5$ = 0,746

Setelah didapatkan keseluruhan varian skor, maka akan dilakukan penjumlahan dari keseluruh varian skor diatas yang didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\sum S_i = 0{,}746 + 0{,}875 + 0{,}965 + 1{,}027 + 0{,}746 = 4{,}488$$

Menghitung varian total dengan jumlah responden wawancara:

$$S_t = \frac{\sum X_t{}^2 - \frac{(\Sigma X_t)^2}{N}}{N}$$

$$= \frac{227{,}4}{16} = 14{,}21$$

Memasukkan nilai *alpha*:

$$r11 = \left(\frac{k}{k-1}\right) . \left(1 - \frac{\sum Si}{St}\right)$$

$$= 0{,}855$$

Setelah itu hasil $r_{11} = 0{,}855$ ini dikonsultasikan dengan nilai Tabel $r$ *Product Moment* dengan derajad kebebasan $dk = N - 1 = 16 - 1 = 15$, signifikansi 5% maka diperoleh $r_{tabel} = 0{,}532$.

Dari hasil uji reliabilitas instrumen, diperoleh hasil seperti tersaji pada Tabel 4.6, bahwa semua variabel pada instrumen dinyatakan reliabel sehingga dapat digunakan seluruhnya untuk akuisisi data seperti terlihat pada Tabel 4.6. untuk mengetahui hasil perhitungan reliabilitas yang lebih detail bisa dilihat pada Lampiran B Hasil Pengujian Instrumen.

**Tabel 4. 6 Data Responden Wawancara dan Jumlah Skor**

| REKAPITULASI RELIABILITAS METODE ALPHA | | | |
|---|---|---|---|
| | $r11$ | $r\ tabel$ | Hasil |
| VARIABEL 1 | 0,855 | 0,532 | **RELIABEL** |
| VARIABEL 2 | 0,815 | 0,532 | **RELIABEL** |
| VARIABEL 3 | 0,846 | 0,532 | **RELIABEL** |
| VARIABEL 4 | 0,721 | 0,532 | **RELIABEL** |
| VARIABEL 5 | 0,788 | 0,532 | **RELIABEL** |

#### 4.1.1.1 Data Hasil Wawancara

Setelah melakukan wawancara dengan BPBD Kota Batu didapatkan data sebagai berikut:

Fase Kesiapsiagaan (pra-bencana):

1. Melakukan penyelenggaraan Bencana Alam;
2. Melakukan pemetaan daerah tanah longsor;
3. Membentuk Program Desa Tangguh Bencana;
4. Melakukan pengarahan dan penyuluhan kepada masyarakat;
5. Melakukan simulasi bencana alam tanah longsor.

Struktur organisasi yang dibentuk pada simulasi penanganan bencana alam tanah longsor adalah sebagai berikut:

Penanggung jawab:

- Kepala Desa

Instansi yang terlibat:

1) BPBD Kota Batu
2) PMI
3) BRANTAS RESCUE
4) TAGANA
5) HUNTARA
6) Tim Reaksi Cepat (TRC)
7) Posko Induk

Informasi detail terkait simulasi bencana alam tanah longsor dari mulai tim yang terlibat, tugas dari setiap tim dan koordinasi antar tim dapat dilihat pada penjelasan studi kasus.

### 4.1.2 Studi Kasus

BPBD Kota Batu mempunyai program untuk mengembangkan kemampuan masyarakat dalam menghadapi musibah bencana alam. Salah satu program tersebut adalah mengembangkan Desa Tangguh Bencana. Desa Tangguh Bencana ini adalah sebuah desa atau kelurahan yang memiliki kemampuan untuk mengenali ancaman di wilayahnya dan mampu mengorganisir sumber daya masyarakat untuk mengurangi kerentanan dan sekaligus meningkatkan kapasitas demi mengurangi risiko bencana (Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004). Kemampuan ini diwujudkan dalam perencanaan pembangunan yang mengandung

upaya-upaya pencegahan, kesiapsiagaan, pengurangan risiko bencana dan peningkatan kapasitas untuk pemulihan pascabencana. Dalam Desa Tangguh Bencana, masyarakat terlibat aktif dalam mengkaji, menganalisis, menangani, memantau, mengevaluasi dan mengurangi risiko-risiko bencana yang ada di wilayah mereka, terutama dengan memanfaatkan sumber daya lokal demi menjamin keberkelanjutan.

Salah satu Desa Tangguh Bencana di Kota Batu adalah Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji. Untuk mendukung kemampuan dalam menangani bencana alam, Desa Tulungrejo membentuk enam Tim penanggulangan bencana alam, yaitu 1) Tim Penyelamat, 2) Tim Reaksi Cepat, 3) Tim Pertolongan Pertama, 4) Tim Pemberi Informasi 5) Tim Dapur Umum dan 6) Tim Rumah Evakuasi. Setiap Tim penanggulangan bencana alam ini mempunyai peran sesuai dengan tugas pokok yang telah dibebankan pada masing – masing tim.

Setiap Tim yang dibentuk oleh BPBD Kota Batu ini mempunyai tujuan sebagai pengganti sementara BPBD Kota Batu. Dalam proses menangani bencana alam tanah longsor tim dari desa Tangguh bencana ini bertugas menangani kondisi bencana sebelum tim utama dari BPBD Kota Batu sampai di lokasi terdampak.

Tim Penyelamat bertugas untuk melakukan proses evakuasi korban terdampak bencana alam tanah longsor. Selama proses evakuasi tim penyelamat akan melakukan koordinasi dengan kepala desa melalui Tim Pemberi Informasi untuk menyampaikan informasi korban secara real-time di lokasi terdampak bencana. Setelah melakukan evakuasi dan pendataan korban bencana alam tanah longsor, Tim Penyelamat akan membawa korban ke area evakuasi setelah berkoordinasi dengan Tim Rumah Evakuasi.

Tim Reaksi Cepat Desa mempunyai tugas melakukan observasi dan pendataan secara langsung di lokasi terdampak bencana alam tanah longsor. Seluruh informasi yang diperoleh selama observasi akan diberikan kepada Tim Pemberi Informasi dan disampaikan kepada Kepala Desa. Informasi yang dikumpulkan oleh Tim ini adalah informasi waktu terjadinya bencana, kondisi lokasi terdampak, perkiraan jumlah korban, akses atau medan menuju lokasi, dan area aman untuk mendirikan rumah evakuasi.

Tim Pertolongan Pertama sebagai pengganti PMI Kota Batu mempunyai tugas melakukan diagnosa dan memberikan pertolongan pertama kepada korban terdampak bencana alam tanah longsor. Tim Pertolongan Pertama sebagian besar berada di area rumah evakuasi dan beberapa personel tim diterjunkan kelapangan secara langsung bersamaan dengan Tim Penyelamat. Selama proses diagnosa Tim ini akan selalu memberikan informasi kepada Tim Pemberi Informasi untuk disampaikan kepada PMI Kota Batu, untuk dapat memberikan feedback kepada tim dalam melakukan proses diagnosa yang lebih baik. Setelah melakukan diagnosa dan pertolongan pertama Tim Pertolongan Pertama akan memberikan seluruh informasi korban kepada Tim Pemberi Informasi untuk dilakukan tindak lanjut dengan membawa korban ke rumah sakit terdekat.

Tim Pemberi Informasi (posko induk) adalah tim yang paling sibuk selama penanganan bencana alam tanah longsor. Karena seluruh tim yang terlibat dalam penanganan bencana alam tanah longsor ini akan melakukan koordinasi dengan Tim Pemberi Informasi.

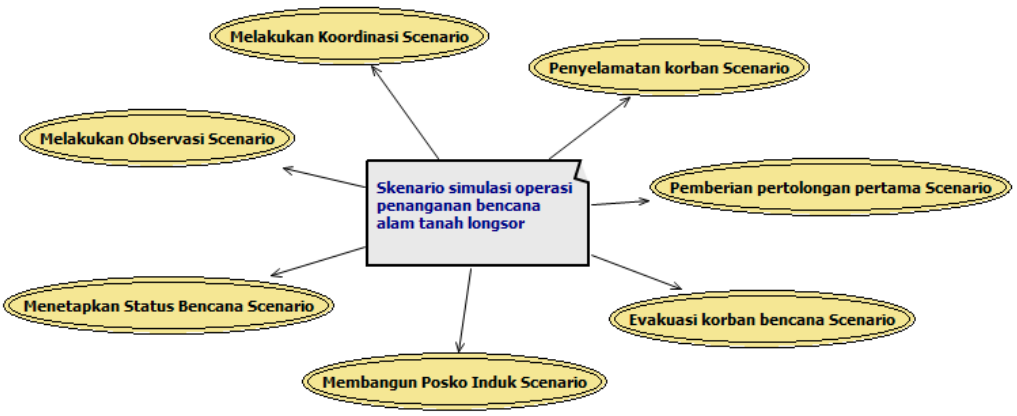
Tugas utama dari Tim Dapur Umum adalah menyediakan persediaan kebutuhan makanan dan fasilitas umum bagi korban atau pengungsi terdampak bencana alam tanah longsor. Sedangkan untuk Tim Rumah Evakuasi akan membangun hunian sementara bagi korban dan Tim yang berada di lokasi evakuasi dann menyediakan tempat untuk Tim Dapur Umum.

### 4.1.3 Spesifikasi Sistem

#### 4.1.3.1 *Scenario Overview*

Setelah melakukan pengambilan data dari BPBD Kota Batu diperoleh dua skenario utama yang dilakukan oleh Desa Tangguh Bencana Tulungrejo dalam melakukan penanganan dini bencana alam tanah longsor. Berikut adalah skenario yang akan di modelkan:

1. Operasi Kaji Cepat
   - Persiapan (Pengarahan dan Koordinasi) (Kepala Desa, Ketua RT, Tim Reaksi Cepat Desa)
   - Pemantauan Lokasi Secara Langsung (Tim Reaksi Cepat)
   - Menentukan status bencana alam (Kepala Desa)
2. Operasi Tanggap Darurat
   - Pembentukan Posko Induk (TRC Desa, Tim HUNTARA)
   - Resque korban (Brantas Resque, TRC Desa, Tagana, TRC Kota Batu)
   - Pertolongan korban (PMI)
   - Evakuasi (Tagana)




**Gambar 4. 1 Skenario simulasi operasi penanganan bencana alam tanah longsor**

Skenario pada Gambar 4.1 menjelaskan keseluruhan aktifitas yang bisa dilakukan oleh Desa Tangguh Bencana Tulungrejo. Keseluruhan skenario yang dimodelkan diatas didapatkan dari dua skenario utama penaganan dini Desa Tangguh Bencana Tulungrejo. Skenario melakukan operasi kaji cepat adalah

skenario awal yang dilakukan setelah mendapatkan informasi bencana alam tanah longsor. Pada skenario ini tindakan atau penanganan pada lokasi bencana masih dalam taham observasi. Sedangkan untuk tindak lanjut akan dilakukan pada skenario yang kedua, yaitu skenario melaksanakan operasi tanggap darurat bencana alam tanah longsor. Setiap skenario akan dimodelkan dalam bentuk Tabel skenario yang didaptkan dari PDT.

**Tabel 4. 7 Skenario menambahkan koordinasi**

| Nama Skenario | | Menambahkan Koordinasi | | |
|---|---|---|---|---|
| Deskripsi | | Agen Kepala desa mengumpulkan tim TRC Desa untuk melakukan koordinasi terkait bencana alam tanah longsor | | |
| *Event* | | Informasi bencana alam tanah longsor | | |
| Step: | | | | |
| No | Tipe | Nama | Fungsionaliti | Data |
| 1 | PERCEPT | Informasi bencana alam tanah longsor | *Informer* | dataBencanaDB(R) |
| 2 | GOAL | Menentukan tim yang koordinasi | *Decider* | |
| 3 | GOAL | Mencari tim yang koordinasi | *Data Finder* | |
| 4 | GOAL | Update tim yang koordinasi | *Data manager* | dataBencanaDB(W) |
| 5 | GOAL | Simpan data hasil koordinasi | *Data manager* | dataBencanaDB(W) |
| | | | | |
| Keterangan<br>• Step 2 dan 3 dapat diulang jika tim yang akan melakukan koordinasi tidak tersedia. | | | | |
| Informasi data<br>• dataBencanaDB(R) = Membaca isi dari dataBencanaDB<br>• dataBencanaDB(W) = Menambahkan isi dari dataBencanaDB | | | | |

Skenario Menambahkan Koordinasi (Tabel 4.7) dilakukan oleh sistem ketika terjadi koordinasi antara agen kepala desa dengan agen Tim TRC Desa untuk melakukan pemantauan dan operasi kaji cepat lapangan terkait area terdampak bencana alam tanah longsor. Koordinasi yang dilakukan antara agen TRC Desa dengan Kepala Desa ini terjadi karena ada sebuah informasi masuk (*event*) yang diterima oleh agen TRC Desa. Tindak lanjut dari *event* ini akan memunculkan *behavior* dari agen TRC Desa dalam bentuk langkah – langkah tindakan yang akan dilakukan dan sesuai dengan Goal dan sub-goal yang dia punya. Koordinasi ini bertujuan untuk merumuskan rencana awal dalam penanganan bencana alam tanah longsor yang sedang terjadi.

**Tabel 4. 8 Skenario melakukan observasi**

| Nama Skenario | | Melakukan Observasi | | |
|---|---|---|---|---|
| Deskripsi | | Agen Tim TRC melakukan observasi kondisi terdampak bencana alam tanah longsor | | |
| *Event* | | *Request* dari Kepala Desa | | |
| Step: | | | | |
| No | Tipe | Nama | Fungsionaliti | Data |
| 1 | PERCEPT | Request Observasi dari Kepala Desa | *Informer* | dataBencanaDB(R) |
| 2 | GOAL | Mengambil jalur observasi dari peta bencana | *Decider* | petaDB(R) |
| 3 | GOAL | Menentukan jalur observasi | *Decider* | |
| 4 | GOAL | Melakukan Penyisiran lokasi | *Observer* | |
| 5 | GOAL | Observasi Lokasi bencana | *Observer* | dataBencanaDB(W) |
| 6 | GOAL | Observasi Kondisi Korban Bencana | *Observer* | korbanDB(W) |
| | | | | |
| Keterangan | | | | |
| Informasi data<br>• dataBencanaDB(R) = Membaca isi dari dataBencanaDB<br>• dataBencanaDB(W) = Menambahkan isi dari dataBencanaDB<br>• petaDB(R) = Membaca data petaDB<br>• korbanDB(W) = Menambahkan data korban | | | | |

Skenario Melakukan Observasi ini (Tabel 4.8) dilakukan oleh agen Tim TRC Desa setelah menerima perintah dari Kepala Desa terkait bencana alam tanah longsor yang sedang terjadi. Agen TRC Desa akan melakukan observasi dan pencatatan kondisi terkini pada lokasi dan korban terdampak bencana alam tanah longsor. Dalam proses melakukan observasi agen TRC Desa akan melakukan komunikasi dengan agen Geo Map untuk menentukan jalur observasi. Setelah menemukan jalur observasi yang sesuai agen TRC Desa akan melakukan observasi lokasi dan korban terdampak bencana alam tanah longsor.

**Tabel 4. 9 Skenario menetapkan status bencana**

| Nama Skenario | Menetapkan Status Bencana |
|---|---|
| Deskripsi | Agen Kepala Desa akan menentukan status bencana alam tanah longsor setelah mendapatkan informasi dari agen TRC Desa |
| *Event* | Informasi data bencana dari TRC Desa |
| | |
| Step: | |

| No | Tipe | Nama | Fungsionaliti | Data |
|---|---|---|---|---|
| 1 | PERCEPT | Informasi data bencana dari Tim TRC Desa | *Informer* | dataBencanaDB(R) |
| 2 | GOAL | Mendapatkan data dari tim TRC Desa | *Informer* | dataBencanaDB(R) |
| 3 | GOAL | Koordinasi status bencana dengan BPBD Kota Batu | *Coordinator* | dataBencanaDB(R) |
| 4 | GOAL | Update data status bencana | *Data manager* | dataBencanaDB(W) |
| Keterangan<br>• Step 3 dapat diulang jika koordinasi menentukan status bencana belum ditentukan | | | | |
| Informasi data<br>• dataBencanaDB(R) = Membaca isi dari dataBencanaDB<br>• dataBencanaDB(W) = Menambahkan isi dari dataBencanaDB | | | | |

Skenario menentukan status bencana (Tabel 4.9) dilakukan oleh agen kepala desa setelah mendapatkan informasi data bencana alam tanah longsor hasil observasi dari Tim TRC Desa. Untuk menentukan status bencana ini agen kepala desa melakukan koordinasi dengan BPBD Kota Batu agar mendapatkan keputusan yang tepat dan evisien. Status bencana alam ini sifatnya sangat krusial, karena sangat menentukan tindakan selanjutnya dalam upaya penanganan bencana alam tanah longsor.

**Tabel 4. 10 Skenario aktifasi posko induk**

| Nama Skenario | Membangun Posko Induk | | | |
|---|---|---|---|---|
| Deskripsi | Agen Tim TRC Desa akan berkoordinasi dengan agen Kepala Desa dan agen HUNTARA dalam menentukan dan membangun posko induk | | | |
| Event | Informasi status bencana dari kepala desa | | | |
| Step: | | | | |
| No | Tipe | Nama | Fungsionaliti | Data |
| 1 | PERCEPT | Informasi status bencana dari Kepala Desa | *Informer* | dataBencanaDB(R) |
| 2 | GOAL | Mengajukan lokasi posko kepada kepala desa | *Decider* | petaDB(R) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | GOAL | Melakukan koordinasi penentuan lokasi dengan Kepala Desa | *Coordinator* | petaDB(R) |
| 4 | GOAL | Mengajukan hunian yang sudah ada | *Decider* | poskoDB(R) |
| 5 | GOAL | Melakukan koordinasi dengan tim HUNTARA | *Coordinator* | poskoDB(R) |
| 6 | GOAL | Tambah data posko | *Data manager* | poskoDB(W) |
| Keterangan<br>• Step 3 tidak akan dikerjakan apabila step ke-2 sudah disetujui oleh agen kepala desa<br>• Step 5 tidak akan dikerjakan apabila step ke-4 sudah menemukan hunian posko yang sesuai | | | | |
| Informasi data<br>• dataBencanaDB(R) = Membaca isi dari dataBencanaDBDB<br>• poskoDB(R) = Membaca data poskoDB<br>• poskoDB(W) = Menambahkan data poskoDB<br>• petaDB(R) = Membaca data petaDB | | | | |

Dalam skenario aktivasi posko induk ini (Tabel 4.10) agen TRC Desa akan melakukan aktifasi posko induk penanganan bencana sebagai tempat untuk melakukan koordinasi antar agen tim penanganan bencana yang terlibat dalam operasi ini. Dalam menentukan lokasi pendirian posko agen tim TRC Desa akan mengajukan lokasi posko kepada kepala desa. Apabila lokasi yang disarankan agen Tim TRC Desa tidak disetujui oleh kepala desa, maka akan dilakukan koordinasi antara agen kepala desa dengan tim TRC Desa dalam menentukan lokasi yang paling sesuai untuk mendirikan posko induk. Setelah lokasi berhasil disetujui maka agent Tim TRC Desa akan melakukan koordinasi dengan tim HUNTARA untuk melakukan pembangunan posko induk. Fungsi dari agen tim HUNTARA ini adalah untuk membangunkan hunian sementara yang ideal untuk dibuat sebagai posko induk.

**Tabel 4. 11 Skenario penyelamatan korban**

| Nama Skenario | | Penyelamatan korban | | |
|---|---|---|---|---|
| Deskripsi | | Agen BRANTAS RESQUE Desa akan melakukan upaya penyelamatan korban bencan alam tanah longsor | | |
| *Event* | | Informasi data bencana dari TRC Desa | | |
| Step: | | | | |
| No | Tipe | Nama | Fungsionaliti | Data |
| 1 | PERCEPT | Informasi status bencana dari Kepala Desa | *Informer* | dataBencanaDBDB(R) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 | GOAL | Diagnose dari tim PMI Desa | *Live Saver* | korbanDB(W) |
| 3 | GOAL | Melakukan penanganan korban | *Live Saver* | korbanDB(R) |
| 4 | GOAL | Relokasi korban terdampak | *Rescuer* | korbanDB(R) |
| 5 | GOAL | Koordinasi dengan tim TAGANA Desa | *Coordinator* | poskoDB(R) |
| 6 | ACTION | Mengirimkan informasi kepada tim TAGANA Desa | *Informer* | korbanDB(R) |
| 7 | GOAL | Tambah data korban | *Data manager* | korbanDB(W) |
| Keterangan | | | | |
| Informasi data<br>• dataBencanaDB(R) = Membaca isi dari dataBencanaDBDB<br>• korbanDB(R) = Membaca data korbanDB<br>• korbanDB(W) = Menambah data korbanDB | | | | |

Skenario penyelamatan korban bencana alam tanah longsor (Tabel 4.11) dilakukan oleh agen BRANTAS Resque Desa. Dalam upaya melakukan penyelamatan, agen BRANTAS Resque Desa akan dibantu dengan agen tim PMI Desa. Kedua agen ini akan saling melakukan koordinasi terkait pemberian prioritas dalam penanganan korban terdampak. Apabila masih memerlukan penanganan lanjut, maka tim PMI Desa akan melakukan koordinasi dengan TAGANA untuk membawa korban agar dilakukan evakuasi korban ke rumah sakit terdekat untuk mendapatkan penanganan lebih lanjut.

**Tabel 4. 12 Skenario pemberian pertolongan pertama**

| Nama Skenario | | Pemberian pertolongan pertama | | |
|---|---|---|---|---|
| Deskripsi | | Agen PMI Desa melakukan pertolongan pertama pada korban bencana alam tanah longsor | | |
| *Event* | | Informasi data korban | | |
| Step: | | | | |
| No | Tipe | Nama | Fungsionaliti | Data |
| 1 | PERCEPT | Informasi data korban | *Informer* | dataBencanaDB(R) |
| 2 | GOAL | Tambah data diagnose | *Data manage* | korbanDB(W) |
| 3 | GOAL | Melakukan penanganan | *Live Saver* | korbanDB(W) |
| 4 | GOAL | Koordinasi dengan tim medis BPBD | *Coordinator* | korbanDB(R) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | GOAL | Mengirimkan ke rumah sakit terdekat | *Rescuer* | korbanDB(R) |
| 6 | GOAL | Koordinasi dengan tim TAGANA Desa | *Coordinator* | korbanDB(R) |
| | | | | |
| Keterangan<br>• step 5 & 6 tidak akan dilakukan jika pada step ke 4 koordinasi dengan BPBD tidak menunjukkan situasi yang kritis | | | | |
| Informasi data<br>• dataBencanaDB(R) = Membaca isi dari dataBencanaDBDB<br>• korbanDB(R) = Membaca data korbanDB<br>• korbanDB(W) = Menambah data korbanDB | | | | |

Skenario pemberian pertolongan pertama pada korban terdampak (Tabel 4.12) dilakukan oleh agen PMI Desa. Agen PMI Desa akan memberikan pertolongan pertama pada korban terdampak bencana alam tanah longsor. Selama proses melakukan pertolongan pertama agen PMI Desa akan melakukan koordinasi dengan BPBD Kota Batu dan Agen Tim TAGANA.

**Tabel 4. 13 Skenario evakuasi korban bencana**

| Nama Skenario | | Evakuasi korban bencana | | |
|---|---|---|---|---|
| Deskripsi | | Agen TAGANA melakukan evakuasi korban bencana dari lokasi terdampak menuju posko pengungsian | | |
| *Event* | | Informasi status bencana dari kepala desa | | |
| | | | | |
| Step: | | | | |
| No | Tipe | Nama | Fungsionaliti | Data |
| 1 | PERCEPT | Informasi data korban dari tim BRANTAS RESQUE Desa | *Informer* | dataBencanaDB(R) |
| 2 | GOAL | Koordinasi dengan Posko Induk | *Coordinator* | korbanDB(R) |
| 3 | GOAL | Mengajukan jalur evakuasi | *Decider* | petaDB(R) |
| 4 | GOAL | Tambah data perlengkapan evakuasi | *Data manager* | personilDB(W) |
| 5 | GOAL | Tambah kebutuhan makanan | *Data manager* | barangDB(W) |
| 6 | GOAL | Tambah data kendaraan evakuasi | *Data manager* | barangDB(W) |
| 7 | GOAL | Koordinasi dengan tim PMI Desa | *Coordinator* | korbanDB(R) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8 | GOAL | Merujuk korban ke rumah sakit | *Rescuer* | korbanDB(R) |
| 9 | GOAL | Melakukan pemindahan korban ke posko pengungsian | *Rescuer* | korbanDB(R) |

Keterangan
- Step 3 bisa tidak dilakukan jika step ke 2 sudah mendapatkan hasil koordinasi. Namun apabila hasil koordinasi tidak menemukan titik temu, maka step ke 3 akan dilaksanakan.
- Step 8 dilaksanakan apabila hasil koordinasi dengan tim PMI Desa menyatakan pasien dalam keadaan kritis atau butuh penanganan lebih lanjut.
- Step 9 dilaksanakan apabila hasil koordinasi dengan tim PMI Desa menyatakan pasien tidak dalam keadaan kritis atau butuh penanganan lebih lanjut.

Informasi data
- dataBencanaDB(R) = Membaca isi dari dataBencanaDBDB
- petaDB(R) = Membaca isi data petaDB
- personilDB(R) = Membaca data personilDB
- korbanDB(R) = Membaca data korbanDB

Skenario evakuasi korban bencana alam tanah longsor ini (Tabel 4.13) dilakukan oleh agen TAGANA Desa. Agen TAGANA Desa akan melakukan proses evakuasi korban terdampak setelah mendapatkan informasi data korban dari agen tim PMI desa. Setelah menuju lokasi terdampak agen tim TAGANA Desa akan melakukan pemindahan korban ke posko pengungsian. Apabila kondisi korban kritis, maka agen tim TAGANA Desa akan merujuk korban ke rumah sakit terdekat.

#### 4.1.3.2 *Goal Overview*

Dari studi kasus diatas didapatkan tujuh *main-goal* agen yang mewakili setiap tujuan sistem multi-agen yang akan dikembangkan:

1) Melakukan Koordinasi

*Goal* ini dilakukan untuk saling memberikan informasi terkait bencana alam tanah longsor. Hasil dari *goal* ini adalah sebuah kesepakatan untuk melakukan observasi lingkungan dan korban terdampak tanah longsor. Untuk menyelesaikan *goal* ini harus ada persyaratan yang harus terpenuhi, yaitu:

a. Terdapat lebih dari satu agen untuk melakukan koordinasi,
b. Apabila hanya ada satu agen, maka agen ini akan mencari agen lain untuk melakukan koordinasi. (detail informasi bisa dilihat pada Gambar 4.2).

2) Pemantauan Lokasi

Proses melakukan pemantauan lokasi akan dilakukan oleh agen TRC Desa. Hasil dari proses ini adalah data dari lokasi dan korban yang terdampak secara langsung bencana alam tanah longsor. *Goal* ini dapat dilaksanakan apabila persyaratan berikut sudah terpenuhi, yaitu sudah terdapat jalur yang akan di lalui untuk menuju ke lokasi terdampak. Untuk informasi *sub-goal* bisa dilihat pada Gambar 4.3.

3) Menentukan Status Bencana

Menentukan status bencana adalah *goal* yang akan dilakukan oleh agen Kepala Desa setelah mendapatkan rekomendasi status bencana dari agen BPBD Kota Batu. Detail dari model bisa dilihat pada Gambar 4.4.

4) Aktifasi Posko Induk

*Goal* ini dilakukan apabila status bencana alam tanah longsor yang ditetapkan oleh agen Kepala Desa adalah status berbahaya. Apabila status yang ditentukan adalah tidak berbahaya, maka *goal* ini tidak akan dijalankan oleh agen Kepala Desa (Gambar 4.5). Untuk menyelesaikan *goal* ini harus ada persyaratan yang harus terpenuhi, yaitu:

b. Sudah terjadi komunikasi antara agen Kepala Desa, TRC Desa dan HUNTARA,
c. Agen HUNTARA sudah mendapatkan lokasi yang sesuai untuk melakukan aktifasi posko induk.

5) Penyelamatan Korban

Upaya penyelamatan korban terdampak bencana alam tanah longsor ini akan dilakukan oleh agen BRANTAS Rescue. Proses penyelamatanya adalah dengan melakukan identifikasi terhadap korban yang terdampak tanah longsor. Selama melakukan proses identifikasi korban, agen BRANTAS Rescue akan melakukan komunikasi dengan agen PMI Desa terkait upaya penyelamatan yang dilakukan. Untuk detail dari notasi *Prometheus* bisa dilihat pada Gambar 4.6.

6) Pemberian Pertolongan Pertama

*Goal* ini akan dilakukan agen PMI Desa dengan cara melakukan diagnosa korban terdampak yang sebelumnya sudah diidentifikasi oleh agen BRANTAS Rescue. Apabila kondisi korban setelah proses diagnosa dapat ditangani dengan baik, maka proses evakuasi korban bisa dilakukan, akan tetapi jika korban memerlukan penanganan lebih lanjut, maka agen PMI Desa akan melakukan komunikasi dengan agen TAGANA untuk melakukan evakuasi korban ke rumah sakit terdekat. Detail dari model bisa dilihat pada Gambar 4.6.

7) Evakuasi korban

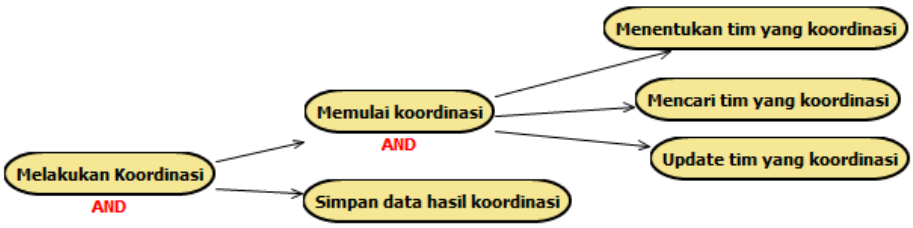
Evakuasi korban adalah proses pemindahan korban terdampak tanah longsor menuju ketempat yang sudah ditentukan dan sesuai dengan kondisi dari korban tersebut. Detail model pada proses ini bisa dilihat pada Gambar 4.7.

Main Goal dan Sub – goal:

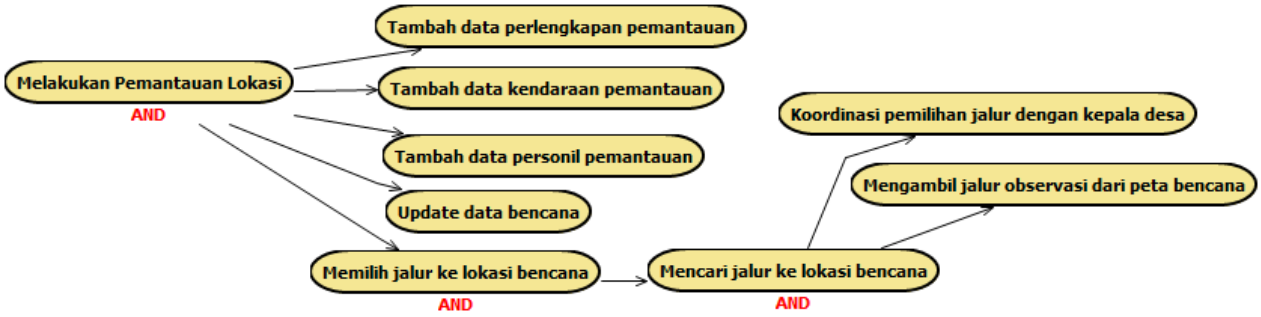
- Melakukan Koordinasi
  - Memulai koordinasi
    - Menentukan tim yang koordinasi
    - Mencari tim yang koordinasi
    - Update tim yang koordinasi
  - Simpan data hasil koordinasi

- Melakukan Pemantauan Lokasi
  - Tambah data perlengkapan pemantauan
  - Tambah data kendaraan pemantauan
  - Tambah data personil pemantauan
  - Update data bencana hasil pemantauan
  - Memilih jalur ke lokasi bencana
    - Mencari jalur ke lokasi bencana
      - ❖ Koordinasi pemilihan jalur dengan tim informasi
      - ❖ Mengambil jalur observasi dari peta bencana
- Menentukan Status Bencana
  - Mendapatkan data dari tim TRC Desa
  - Koordinasi status bencana dengan BPBD Kota Batu
  - Update data status bencana
- Pembentukan Posko Induk
  - Memilih lokasi posko
    - Mencari lokasi yang sesuai
      - ❖ Melakukan koordinasi penentuan lokasi dengan Kepala Desa
      - ❖ Mengajukan lokasi posko kepada kepala desa
    - Mencari hunian yang sesuai
      - ❖ Melakukan koordinasi dengan tim HUNTARA
      - ❖ Mengajukan hunian yang sudah ada
  - Tambah data posko
- Penyelamatan Korban
  - Penanganan korban
    - Update status korban
      - ❖ Diagnose dari tim PMI Desa
      - ❖ Melakukan penanganan korban
    - Evakuasi korban
      - ❖ Koordinasi dengan tim TAGANA Desa
      - ❖ Relokasi korban terdampak
  - Tambah data korban
  - Update data korban
- Pemberian Pertolongan Pertama
  - Tambah data korban
  - Update data korban
  - Penanganan lanjut
    - Tambah data diagnose

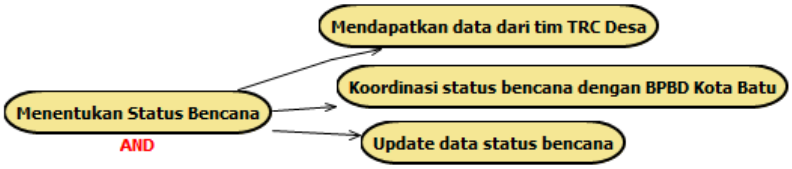
        - Melakukan penanganan korban
        - Koordinasi dengan tim medis BPBD
        - Koordinasi dengan tim TAGANA Desa
        - Mengirimkan ke rumah sakit terdekat
- Evakuasi Korban Bencana
    - Tambah data personil evakuasi
    - Tambah data kendaraan evakuasi
    - Tambah data perlengkapan evakuasi
    - Memilih jalur evakuasi
        - Mencari jalur yang terdekat
            - Koordinasi dengan Posko Induk
            - Mengajukan jalur evakuasi
    - Tindak lanjut korban
        - Mengetahui kondisi korban
            - Koordinasi dengan tim PMI Desa
            - Merujuk korban ke rumah sakit
    - Melakukan pemindahan ke posko pengungsian



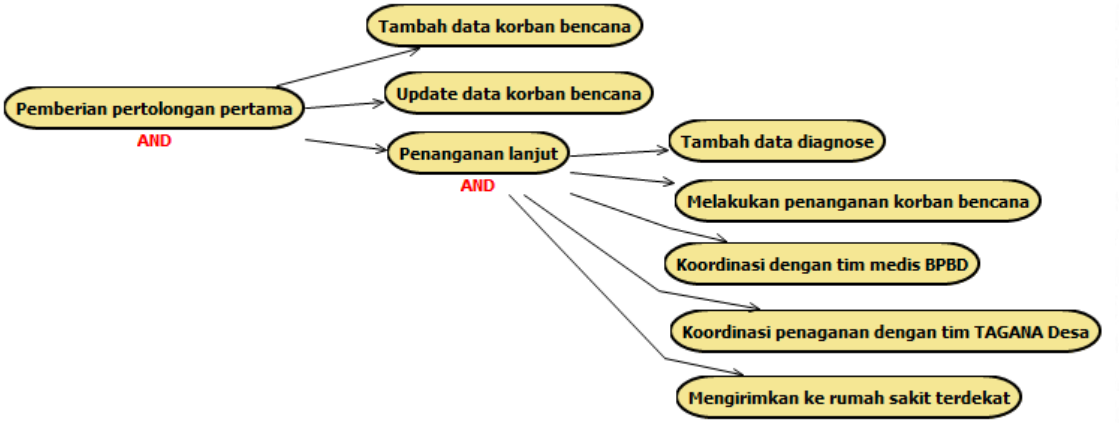

**Gambar 4. 2 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario melakukan koordinasi bencana alam**



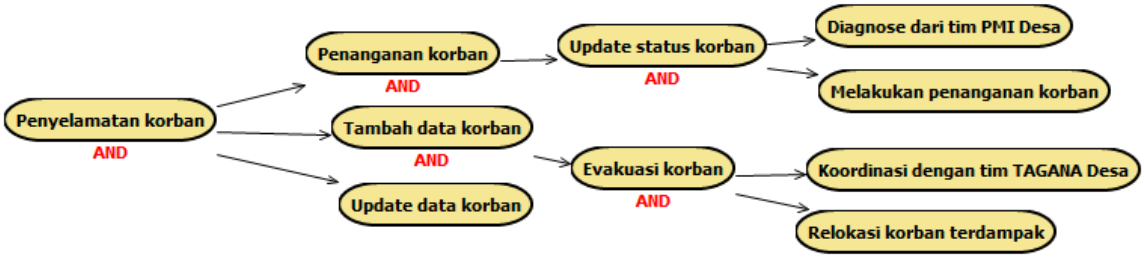

**Gambar 4. 3 Goal dan Sub-goal agen Tim TRC Desa dalam skenario melakukan observasi lokasi terdampak bencana tanah longsor**




**Gambar 4. 4 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario menentukan status bencana alam**




**Gambar 4. 5 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario Memberikan Pertolongan Pertama**




**Gambar 4. 6 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario Penyelamatan Korban**

**Gambar 4. 7 Goal dan Sub-goal agen Kepala Desa dalam skenario Evakuasi Status Bencana**

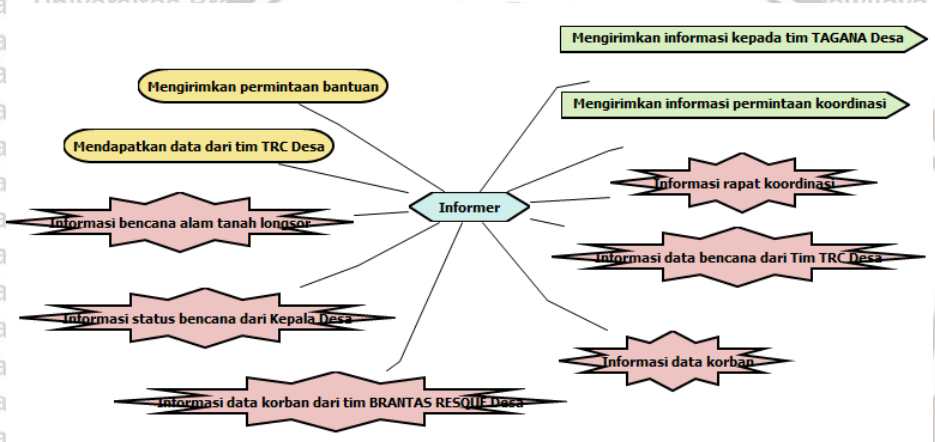
### 4.1.3.3 *System Role Overview*

*System Role Overview* adalah untuk menentukan Role dari setiap individu agen. Satu individu agen dapat mempunyai lebih dari role, dan setiap role mempunyai tugas yang tidak sama dengan role yang lain. Contohnya adalah agen Kepala Desa mempunyai role "Coordinator" dan "Informer", karena selain kepala desa dapat melakukan koordinasi dengan agen yang lain, kepala desa juga bisa memberikan atau menerima informasi dari agen lainya.

- *Coordinator*: Dapat melakukan koordinasi dengan seluruh agen lain yang terlibat dalam sistem (Gambar 4.11). Koordinasi yang dilakukan bersifat dua arah antara satu agen dengan agen yang lain. Action dan percept pada role ini bisa dilihat pada Tabel 4.14.
- *Location Observer*: Melakukan observasi ke lokasi terdampak bencana disertai dengan melakukan pencatatan kondisi terkini dari lokasi terdampak (Gambar 4.8).
- *Rescuer*: Melakukan usaha penyelamatan korban terdampak yang berada di tempat kejadian (Gambar 4.8). Rescuer tidak mempunyai tugas untuk membawa korban ke tempat evakuasi. Tugas *resquer* hanya sebatas melakukan penyelamatan korban pada lokasi terdampak.
- *Life Saver*: Memberikan pertolongan pertama dengan melakukan diagnose dan pemberian obat – obatan kepada korban terdampak (Gambar 4.15).
- *Decider*: Membuat keputusan terkait penentuan status bencana alam tanah longsor yang sedang terjadi.
- *Informer*: Berperan memberikan dan menerima seluruh informasi terkait bencana yang sedang terjadi (Gambar 4.10). Informasi yang diterima akan disimpan dan dikirimkan kepada setiap tim yang membutuhkan informasi. Sedangkan informasi yang didapat akan disimpan dan sewaktu – waktu akan dikirimkan kepada tim yang meminta informasi terkait.
- *Data Manager*: Mampu mengelola seluruh data terkait bencana yang sedang terjadi. Pengelolaan data bisa berupa penambahan data baru,

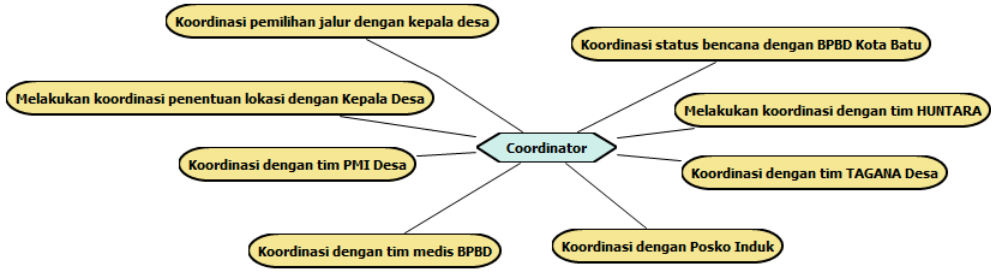
memperbaiki data yang sudah ada, maupun menghapus data yang sudah tidak diperlukan (Gambar 4.12).

- *Data Finder*: Berperan untuk mencari data dari permintaan seorang agen. Data yang dicari tidak dibatasi oleh data tertentu, melainkan keseluruhan data terkait bencana alam tanah longsor dan semua unsur yang terlibat didalamnya.

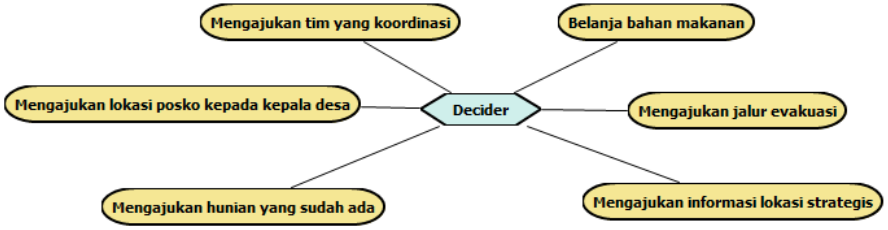



**Gambar 4. 8 *Role Informer***

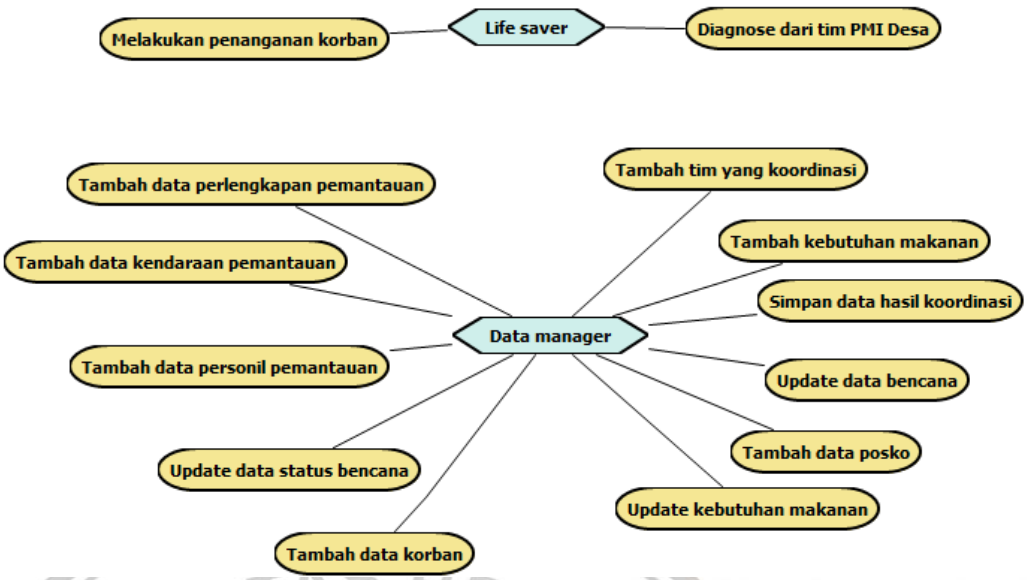
**Gambar 4. 10 *Role Rescuer & Location Observer***




**Gambar 4. 9 *Role Coordinator***




**Gambar 4. 11 *Role Decider***




**Gambar 4. 12 *Role Life Saver& Data Manager***

## 4.1.4 Desain Arsitektur Sistem

### 4.1.4.1 *Data Coupling Overview*

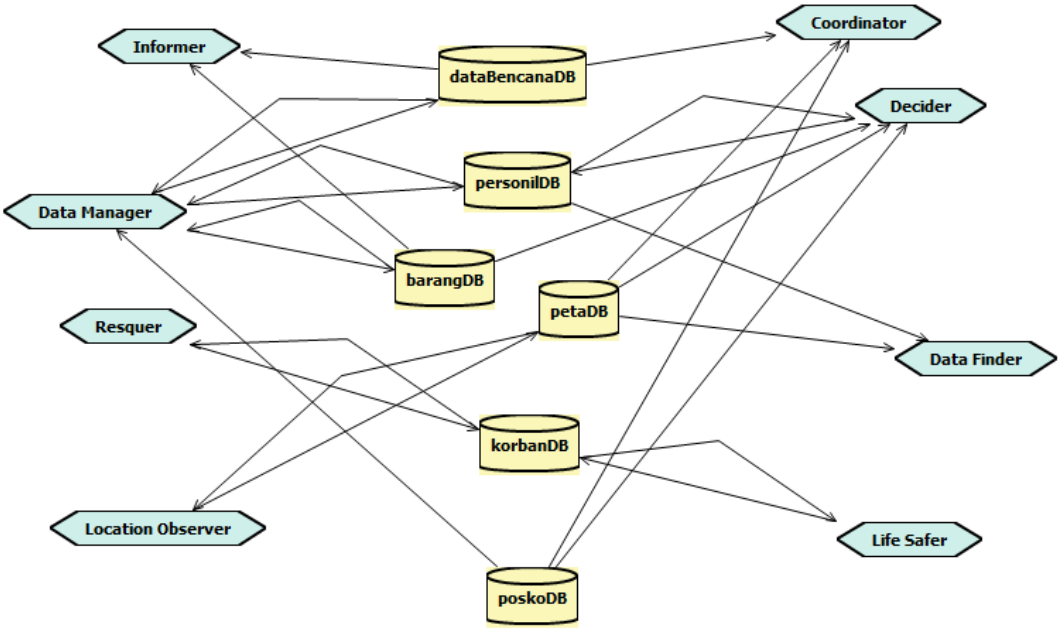
Terdapat enam data pada pemodelan simulasi bencana alam tanah longsor ini (Tabel 4.14). Setiap data *storage* ini akan terelasi dengan role yang ada pada *system role overview* (Gambar 4.13). Terdapat dua tipe *relationship* untuk setiap *role* yang terhubung dengan data *storage*, yaitu:

1. *Producer relationship* adalah relasi yang memungkinkan setiap role dapat melakukan penambahan atau membaca data *storage* secara bersamaan.
2. *User relationship* adalah relasi yang memungkinkan setip *role* hanya mampu membaca data storage.

**Tabel 4. 14 *Relationship* antar *Role***

| ***Data*** | ***Relationship*** | |
|---|---|---|
| | ***Producer*** | ***User*** |
| dataBencanaDB | • *Data Manager* | • *Informer*<br>• *Coordinator*<br>• *Data Manager* |
| personilDB | • *Data Manager*<br>• *Decider* | • *Data Manager*<br>• *Decider*<br>• *Data Finder* |
| barangDB | • *Data Manager* | • *Data Manager*<br>• *Decider*<br>• *Informer* |
| petaDB | • *Location Observer* | • *Location Observer*<br>• *Coordinator*<br>• *Data Finder* |

| | | |
|---|---|---|
| | | • *Decider* |
| korbanDB | • *Life Saver*<br>• *Rescuer* | • *Life Saver*<br>• *Rescuer* |
| poskoDB | • *Coordinator* | • *Coordinator*<br>• *Data Manager*<br>• *Decider* |




**Gambar 4. 13 *System Role Overview***

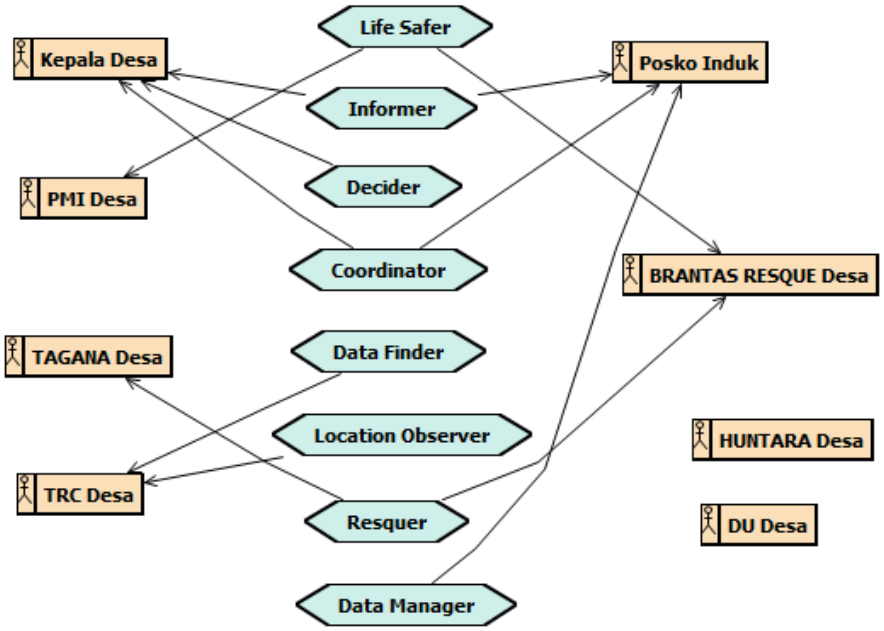
### Agent Role Grouping

Setiap agen yang mempunyai hubungan terhadap role tertentu akan dikelompokkan sesuai dengan fungsionalitasnya. Sebagai contoh agen Kepala Desa dapat menjadi "Informer" atau pemberi informasi kepada agen yang lain terkait data bencana alam. Selain itu agen Kepala Desa juga bisa bertindak sebagai "Decider" atau pembuat keputusan terkait bencana alam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.14.

**Tabel 4. 15 Pengelompokan *Role* berdasarkan *Agent* yang sama**

| ***Agent*** | ***Role*** |
|---|---|
| Kepala Desa | • *Informer*<br>• *Decider*<br>• *Coordinator* |
| Posko Induk | • *Informer*<br>• *Coordinator*<br>• *Data Manager* |
| PMI Desa | • *Life Safer* |
| BRANTAS RESQUE Desa | • *Life Safer* |

| | |
|---|---|
| | • *Rescuer* |
| TAGANA Desa | • *Rescuer* |
| TRC Desa | • *Location Observer*<br>• *Data Finder* |
| HUNTARA Desa | • *Location Observer* |

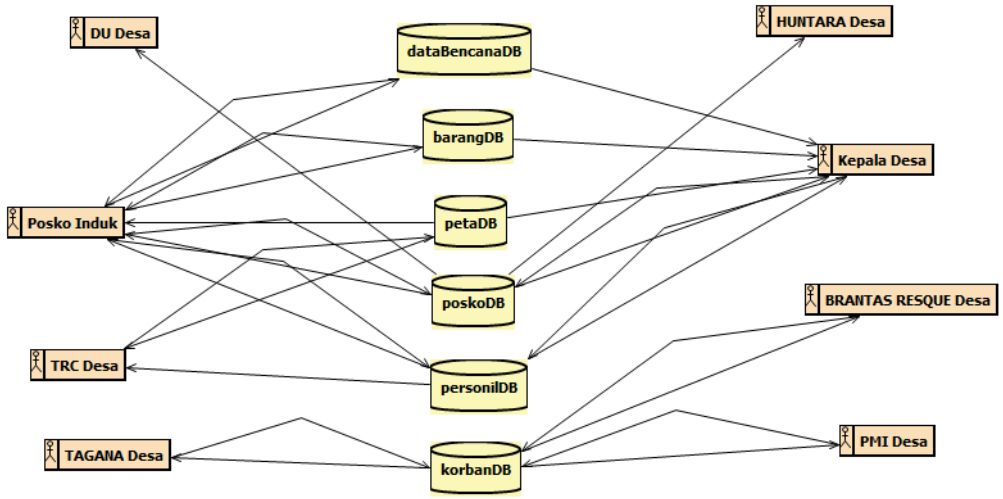



**Gambar 4. 14 *Agent role grouping***

#### 4.1.4.2 *System Overview*

Model *system overview* dibuat untuk memodelkan hubungan yang terjadi antara agen yang terlibat dalam sistem dengan data *storage* (Gambar 4.15). Pada system overview ini menunjukkan kemampuan setiap agen pada sistem dapat melakukan penambahan dan juga membaca data *storage*. Terdapat enam data storage yang dibuat dalam sistem, yaitu:

1. Data bencana,
   *Storage* data bencana digunakan untuk menyimpan data bencana.
2. Data barang,
   *Storage* barang digunakan untuk menyimpan data barang setiap agen yang telibat di dalam system.
3. Data peta,
   *Storage* peta digunakan untuk menyimpan data peta oleh agen Geoinformasi.
4. Data posko,
5. Data personil,
6. Data barang.




**Gambar 4. 15 *System Overview***

### 4.1.5 Detail Desain

Setiap skenario dari simulasi penanganan bencana alam tanah longsor ini akan dimodelkan ke dalam detail desain. Pada detail desain menambahkan koordinasi (Gambar 4.16) terdapat tiga agen yang saling terhubung dan dapat melakukan komunikasi antara satu dengan lainya. Agen INFORMER dapat memberikan pesan kepada agen kepala desa terkait informasi bencana alam. Kemudian setelah menerima informasi bencana dari agen INFORMASI agen kepala desa dapat melakukan koordinasi dengan agen TRC Desa. Koordinasi yang terjadi antara agen Kepala Desa dengan agen TRC Desa dibatasi hanya pada protocol "Menentukan observasi".

Terdapat lima agen dalam detail desain skenario melakukan observasi (Gambar 4.17). Agen TRC Desa akan menjadi pusat utama dalam skenario ini, yaitu sebagai pelaksana utama dalam melakukan observasi lokasi dan korban terdampak tanah longsor. Pada skenario ini agen TRC Desa akan melakukan komunikasi kepada seluruh agen yang terlibat di dalamnya. Setelah mendapatkan perintah observasi agen kepala desa akan melakukan komunikasi dengan agen Geoinformasi terkait permintaan jalur observasi. Ketika jalur observasi sudah didapatkan agen TRC Desa akan melakukan observasi lingkungan terdampak dengan protocol komunikasi "Kondisi lokasi". Protocol ini digunakan oleh agen TRC Desa dan agen Lokasi dalam melakukan komunikasi terkait data bencana pada lokasi terdampak. Protocol komunikasi "Kondisi korban" juga akan di lakukan oleh agen TRC Desa dengan agen Korban dalam melakukan komunikasi terkait kondisi korban terdampak. Informasi yang didapatkan dari protocol komunikasi ini adalah data korban. Data bencana dan data korban yang didaptkan oleh agen TRC Desa inilah yang akan digunakan sebagai laporan utama dalam menentukan status bencana tanah longsor.

Pada skenario menetapkan status bencana terdapat tiga agen yang terlibat didalamnya (Gambar 4.18), yaitu agen TRC Desa, Kepala Desa dan BPBD Kota Batu.

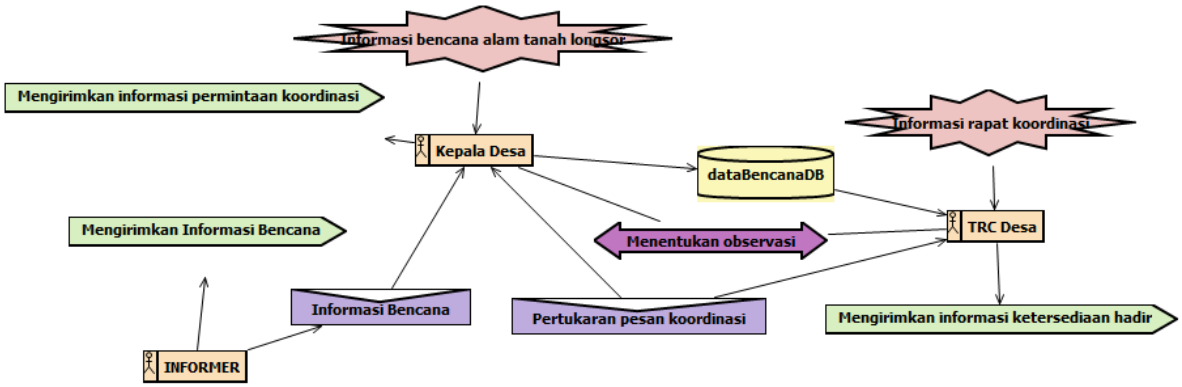
Agen TRC Desa akan memberikan informasi kepada agen Kepala Desa terkait informasi data bancana dan data korban yang didaptkan dari hasil melakukan observasi. Kemudian oleh agen Kepala Desa informasi tersebut akan dikirimkan kepada BPBD Kota Batu sebagai bahan pertimbangan untuk membuat keputusan terkait status bencana. Setelah mendapatkan informasi data bencana dan data korban dari agen Kepala Desa, BPBD Kota Batu akan memberikan rekomendasi kepada agen Kepala Desa terkait penetapan status bencana yang akan dibuat. Informasi rekomendasi ini akan dijadikan bahan rujukan utama oleh agen Kepala Desa dalam menentukan status bencana alam tanah longsor yang sedang terjadi.

Perintah utama dalam melakukan aktifasi posko induk akan dilakukan oleh agen Kepala Desa. Sedangkan implementasinya akan dilakukan oleh agen HUNTARA melalui perintah yang diberikan oleh agen TRC Desa. Pada model simulasi aktifasi posko induk (Gambar 4.19) terdapat tiga agen yang terlibat di dalamnya. Agen Kepala Desa akan bertindak sebagai pemberi perintah utama dalam melakukan aktifasi posko induk. Perintah ini tidak akan langsung diberikan oleh agen Kepala Desa kepada agen HUNTARA, akan tetapi perintah ini akan diberikan kepada agen TRC Desa. Setelah informasi perintah aktifasi berhasil diterima oleh agen TRC Desa, maka agen TRC Desa akan memberikan perintah kepada agen HUNTARA untuk melakukan aktifasi posko induk. Setelah aktifasi posko induk berhasil dilakukan, maka informasi berhasil aktifasi ini akan disampaikan kepada agen Kepala Desa.

Skenario penyelamatan korban (Gambar 4.20), memberikan pertolongan pertama kepada korban (Gambar 4.21) dan melakukan evakuasi kepada korban (Gambar 4.22) adalah skenario yang saling terhubung antara satu dengan yang lain. Skenario memberikan pertolongan pertama kepada korban akan dikerjakan di dalam skenario melakukan penyelamatan korban. Sedangkan skenario melakukan evakuasi berada di dalam skenario melakukan pertolongan pertama. Dari ketiga skenario ini yang akan dikerjakan pertama kali adalah skenario melakukan penyelamatan korban yang akan dilakukan oleh agen BRANTAS Rescue. Proses penyelamatan korban terjadi ketika agen Brantas rescue mendapatkan informasi “perintah penyelamatan korban” dari agen Posko Induk. Setelah informasi ini diterima, agen BRANTAS Rescue akan secara langsung melakukan upaya penyelamatan korban bencana tanah longsor di lokasi terdampak. Selama proses penyelamatan agen BRANTAS Rescue akan melakukan identifikasi terhadap korban. Apabila korban diidentifikasi mengalami luka, maka proses penanganan korban akan dilimpahkan kepada agen PMI Desa. Berawal dari agen PMI Desa skenario melakukan pertolongan pertama akan dikerjakan. Tahap awal dari skenario ini adalah melakukan pertolongan pertama kepada korban yang telah diidentifikasi oleh agen BRANTAS Rescue. Pemberian pertolongan pertama ini adalah dengan melakukan diagnosa terhadap korban terdampak. Hasil dari diagnosa yang dilakukan oleh agen PMI Desa akan dibuat sebagai pedoman dalam menentukan kondisi korban. Apabila kondisi korban masih dapat teratasi oleh agen PMI Desa, maka status korban adalah luka ringan. Namun, jika korban mengalami luka serius maka agen PMI Desa akan memberikan perintah kepada

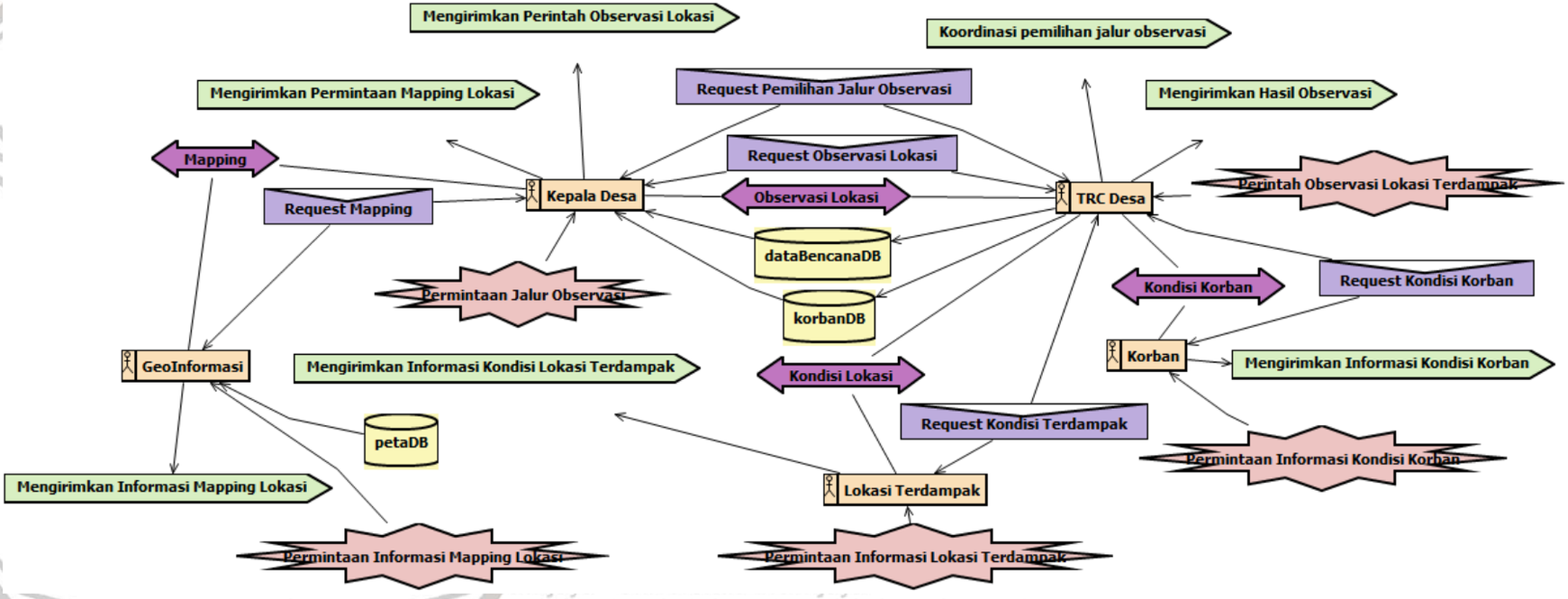
agen TAGANA untuk melakukan proses evakuasi korban menuju rumah sakit terdekat.

#### 4.1.5.1 *Agent Overview* Skenario Menambahkan Koordinasi



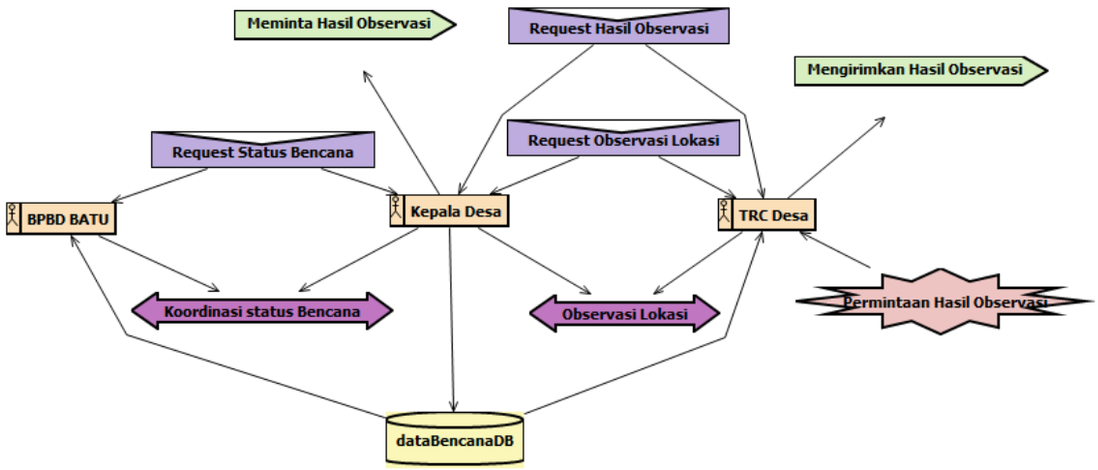

**Gambar 4. 16 Gambar *Agent Overview* dari Skenario Menambahkan Koordinasi**

#### 4.1.5.2 *Agent Overview Skenario* Melakukan Observasi



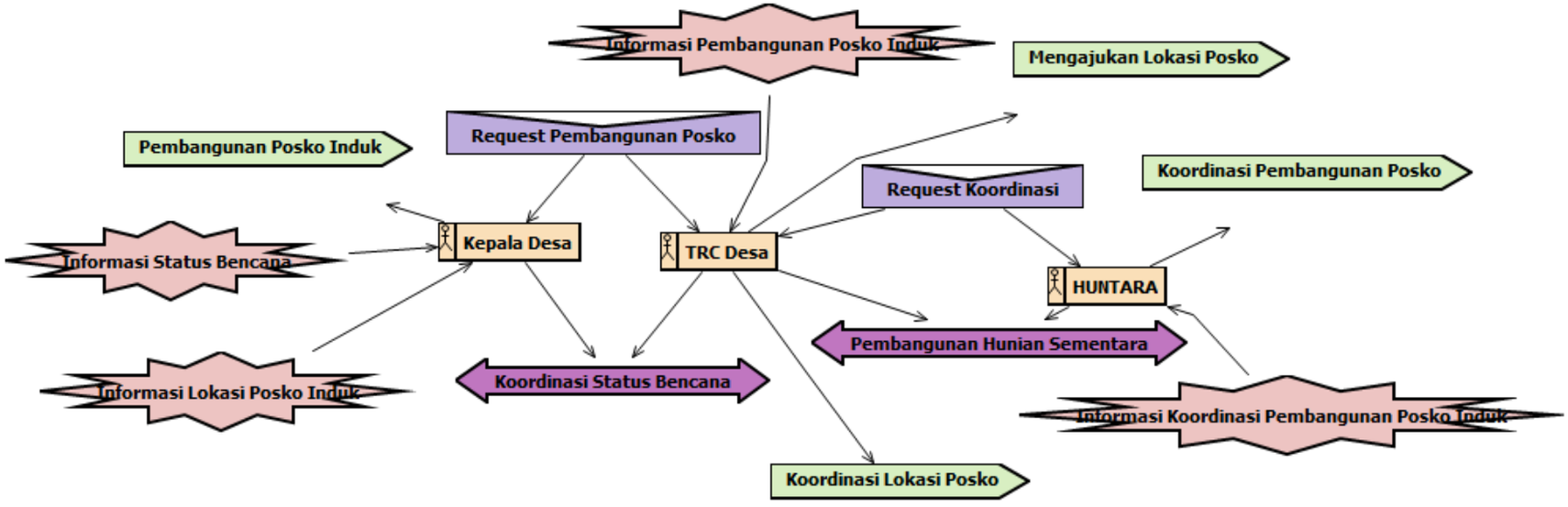

**Gambar 4. 17 Gambar *Agent Overview* dari Skenario Melakukan Observasi**

#### 4.1.5.3 *Agent Overview Skenario* Menetapkan Bencana



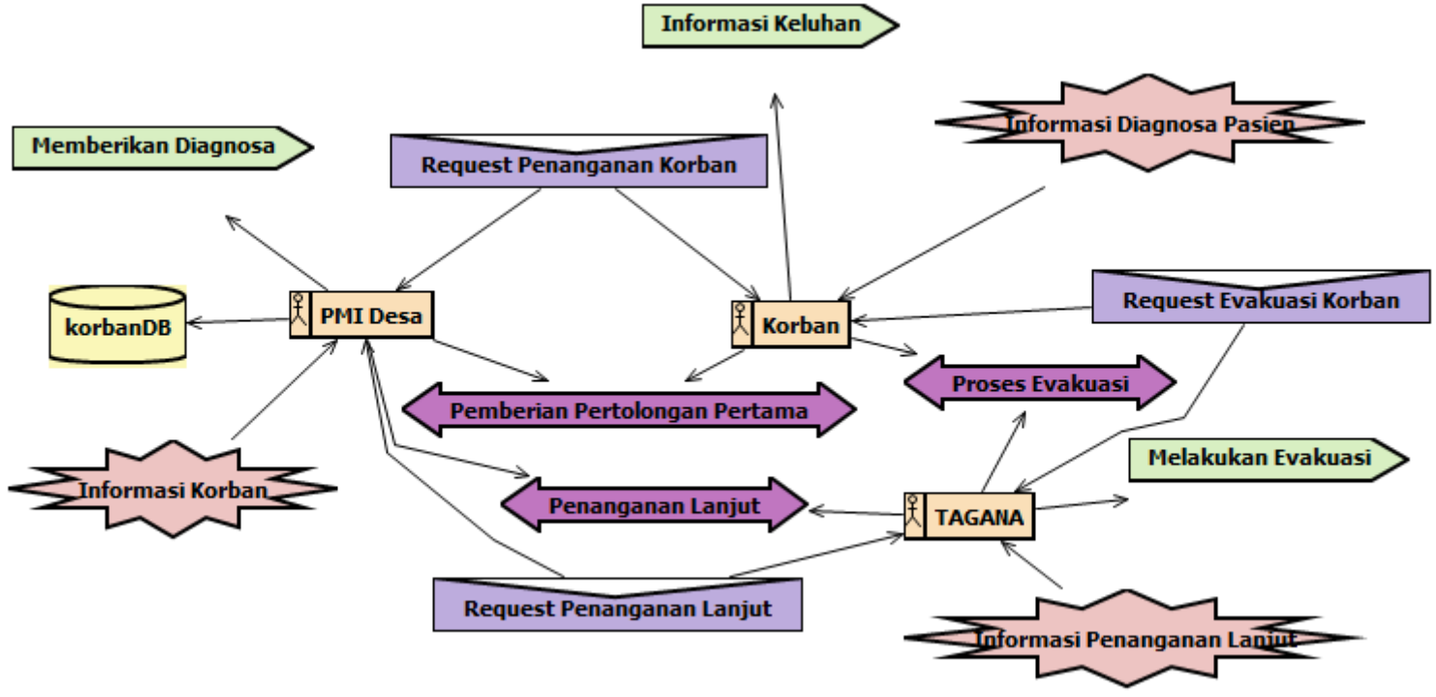

**Gambar 4. 18 Skenario Menetapkan Status Bencana**

#### 4.1.5.4 *Agent Overview Skenario* Aktifasi Posko Induk



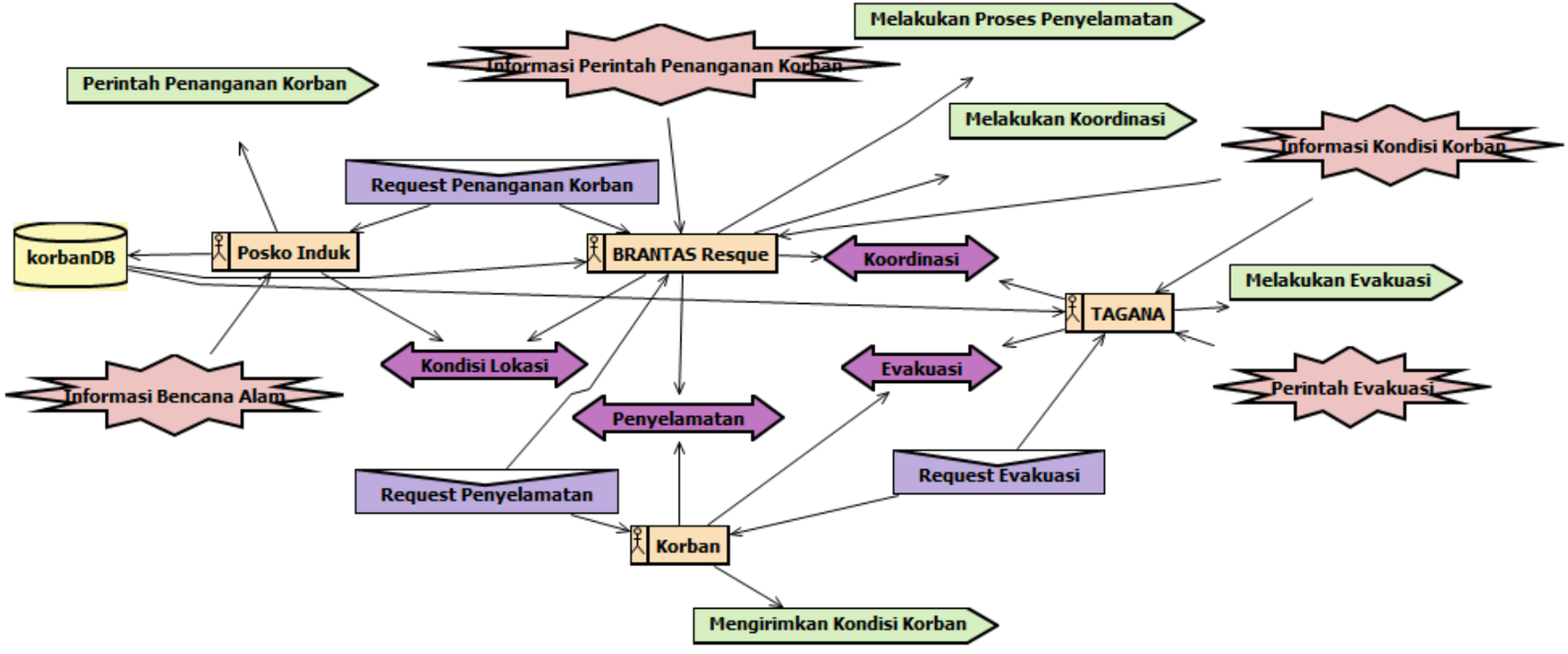

**Gambar 4. 19 Gambar *Agent Overview* dari Skenario Aktifasi Posko Induk**

#### 4.1.5.5 *Agent Overview Skenario* Memberikan Pertolongan Pertama



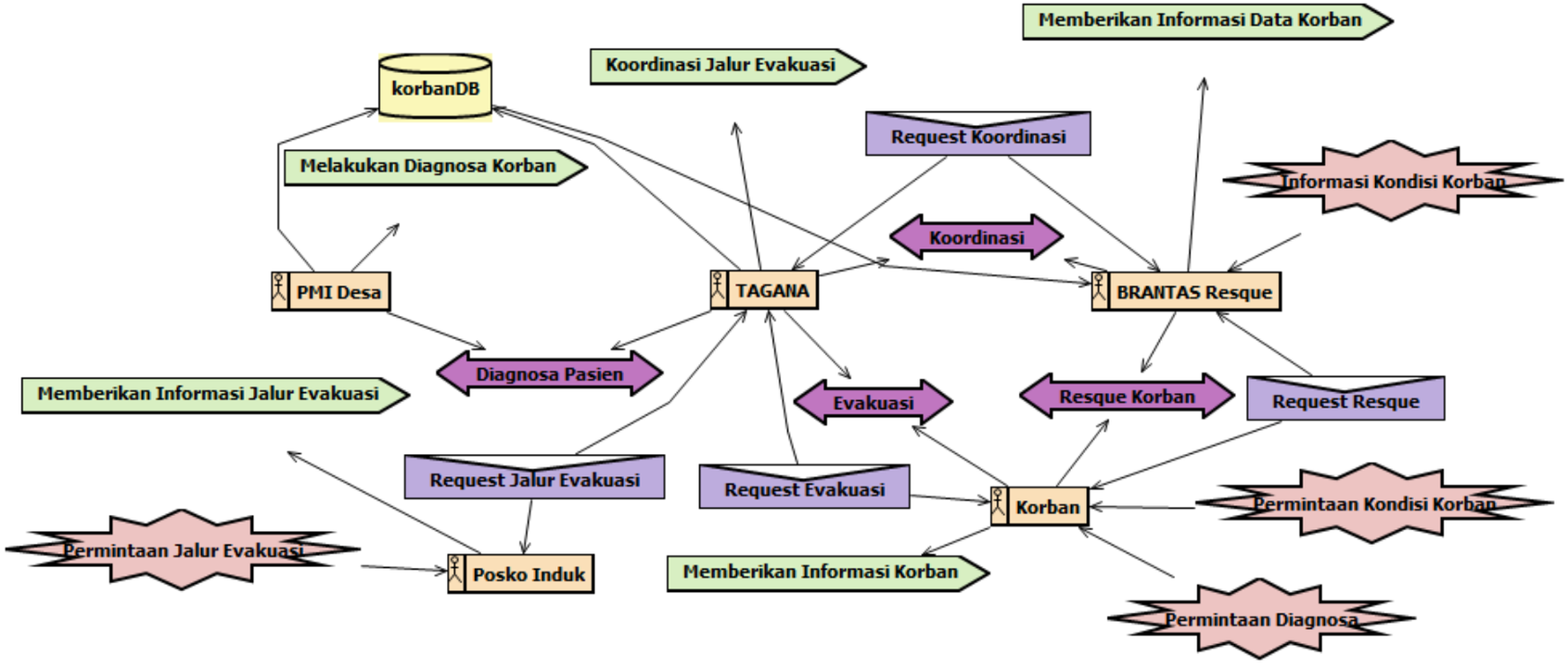

**Gambar 4. 20 Gambar *Agent Overview* dari Skenario Memberikan Pertolongan Pertama**

#### 4.1.5.6 *Agent Overview Skenario* Penyelamatan Korban




**Gambar 4. 21 Gambar *Agent Overview* dari Skenario Penyelamatan Korban**

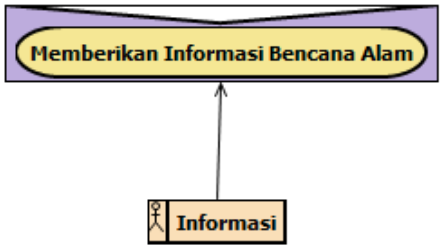
#### 4.1.5.7 *Agent Overview Skenario* Evakuasi Korban Bencana




**Gambar 4. 22 Gambar *Agent Overview* dari Skenario Evakuasi Korban**

## 4.2 *Behavioral* Agen

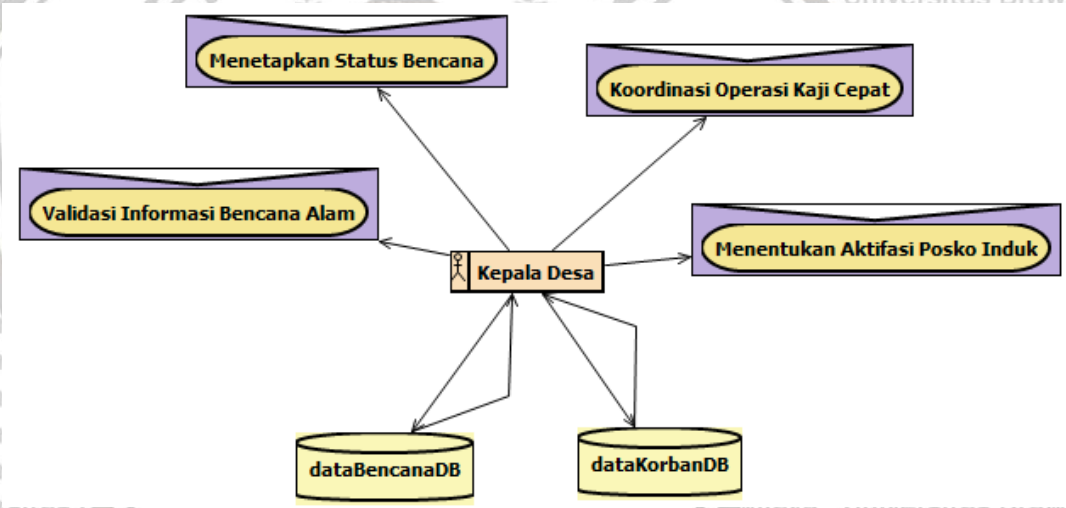
### 4.2.1 *Behavioral* Agen Informasi




**Gambar 4. 23 Gambar *Behavioral* agen Informasi**

Agen Informasi hanya memiliki satu *behavioral* (Gambar 4.23), yaitu mengirimkan informasi bencana alam tanah longsor kepada agen Kepala Desa. Sifat dari *behavioral* ini adalah *one shot behavior* atau *behavioral* yang hanya dilakukan satu kali saja.

### 4.2.2 *Behavioral* Agen Kepala Desa



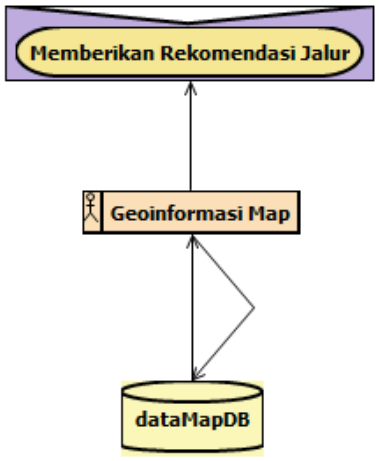

**Gambar 4. 24 Gambar *Behavioral* agen Kepala Desa**

Agen Kepala Desa mempunyai empat *behavioral* (Gambar 4.24) dalam sistem multi-agen simulasi operasi penanganan bencana alam tanah longsor, yaitu:

1. Agen Kepala Desa dapat melakukan validasi terhadap semua informasi awal yang masuk terkait pemberitahuan bencana alam tanah longsor.
2. Behavioral Koordinasi Operasi Kaji Cepat akan dilakukan oleh agen Kepala Desa apabila hasil dari validasi informasi awal terkait bencana yang masuk adalah benar dan dapat dilakukan tindak lanjut. *Behavioral* ini dilakukan setelah informasi dinyatakan valid, maka agen kepala desa akan melakukan koordinasi untuk operasi kaji cepat dengan agen TRC Desa. Hasil koordinasi ini berupa permintaan untuk melakukan observasi lokasi dan korban terdampak kepada agen TRC Desa.

3. Setelah mendapatkan informasi mengenai hasil observasi kondisi lokasi dan korban terdampak bencana tanah longsor dari agen TRC Desa, maka agen Kepala Desa akan melaporkan informasi data bencana tersebut kepada agen BPBD Kota Batu untuk meminta rekomendasi status bencana yang sedang terjadi. Hasil dari rekomendasi dari agen BPBD Kota Batu akan dijadikan dasar oleh agen Kepala Desa dalam menetapkan status bencana alam. Hasil dari penetapan status bencana akan menjadi salah satu dasar untuk agen Kepala Desa dalam Aktifasi Posko Induk. Apabila status bencana dinyatakan tidak berbahaya, maka *behavioral* Aktifasi Posko Induk tidak akan dilakukan.
4. Menentukan aktifasi posko induk merupakan *behavioral* yang akan dilakukan oleh agen Kepala Desa apabila status bencana alam dinyatakan berbahaya dan terdapat korban pada lokasi terdampak. Untuk melakukan aktifasi posko induk agen Kepala Desa akan mengirimkan *request* kepada agen TRC Desa untuk melakukan aktifasi posko induk.

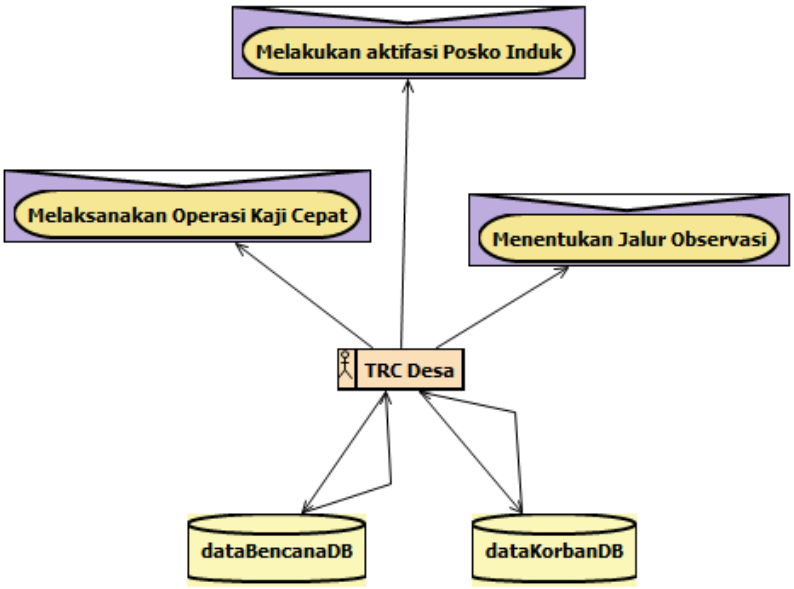
### 4.2.3 *Behavioral* Agen Geoinformasi




**Gambar 4. 25 Gambar *Behavioral* agen Geoinformasi**

Agen Geoinformasi Map hanya mempuntai satu *behavioral* (Gambar 4.25), yaitu memberikan rekomendasi permintaan jalur yang paling efisien ke lokasi terdampak bencana alam tanah longsor. *Behavioral* ini akan dilakukan apabila ada sebuah permintaan atau *request* dari agen lain terkait informasi jalur menuju lokasi ataupun keluar dari lokasi terdampak. Informasi yang dikirimkan oleh agen Geoinformasi hanya bersifat rekomendasi dan tidak memerlukan *feedback* dari agen yang mengirimkan permintaan.

### 4.2.4 *Behavioral* Agen TRC Desa

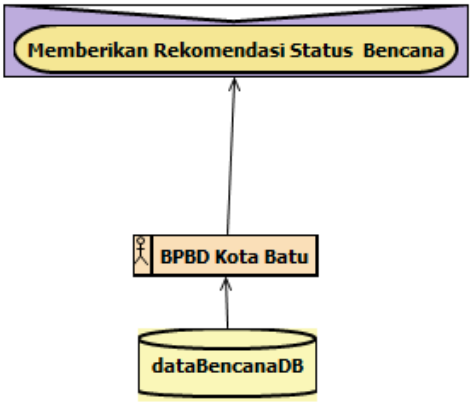



**Gambar 4. 26 Gambar *Behavioral* agen TRC Desa**

Agen TRC Desa mempunyai tiga *behavioral* (Gambar 4.26), yaitu:

1. *Behavioral* untuk menentukan jalur observasi yang akan dilakukan oleh agen TRC Desa setelah menerima rekomendasi jalur dari agen Geoinformasi Map. Behavioral ini digunakan oleh agen TRC Desa agar proses observasi yang akan dilakukan dapat ditempuh dengan waktu yang efisien.
2. Setelah mendapatkan informasi jalur observasi yang sesuai agen TRC desa akan melakukan operasi kaji cepat dengan melakukan observasi data lokasi dan korban terdampak bencana alam tanah longsor. Hasil dari informasi data lokasi dan korban terdampak ini akan menjadi bahan untuk melakukan tindakan atau penanganan bencana alam tanah longsor selanjutnya.
3. *Behavioral* melakukan aktifasi posko induk dilakukan setelah agen TRC Desa setelah mendapatkan *request* dari agen Kepala Desa. Proses aktifasi posko induk ini tidak langsung dikerjakan oleh agen TRC Desa, tetapi agen TRC Desa akan mengirimkan *request* kepada agen HUNTARA untuk melakukan proses aktifasinya. Setelah proses aktifasi selesai dilakukan, maka agen TRC Desa akan mengirimkan informasi selesai aktifasi posko induk kepada agen Kepala Desa.

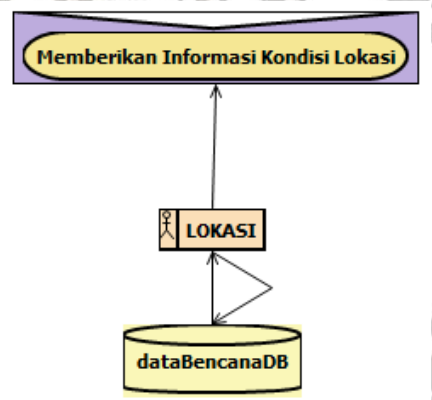
### 4.2.5 *Behavioral* Agen BPBD Kota Batu




**Gambar 4. 27 Gambar *Behavioral* agen BPBD Kota Batu**

Agen BPBD Kota Batu mempunyai *behavioral* untuk memberikan rekomendasi status bencana alam (Gambar 4.27) kepada agen Kepala Desa. Rekomendasi ini diberikan oleh agen BPBD Kota Batu setelah mendapatkan informasi kondisi terkini mengenai lokasi dan korban terdampak bencana alam tanah longsor.

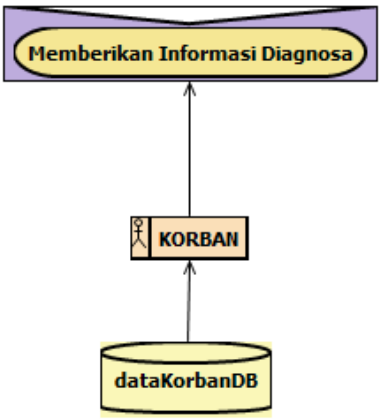
### 4.2.6 *Behavioral* Agen Lokasi




**Gambar 4. 28 Gambar *Behavioral* agen Lokasi**

Agen Lokasi mempunyai *behavioral* untuk memberikan informasi terkait lokasi terdampak (Gambar 4.28) bencana alam tanah longsor. *Behavioral* ini dilakukan ketika agen TRC Desa mengirimkan permintaan data bencana terkait lokasi yang terdampak. Setelah informasi permintaan data berhasil diterima, maka agen LOKASI agan mengirimkan data terkini mengenai kondisi lokasi yang terdampak bencana alam tanah longsor.

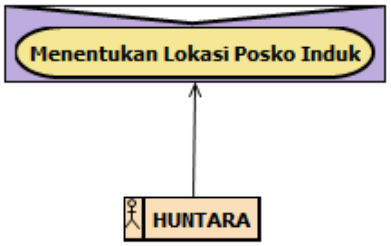
### 4.2.7 *Behavioral* Agen Korban




**Gambar 4. 29 Gambar *Behavioral* agen Korban**

Agen Korban mempunyai *behavioral* memberikan informasi diagnosa korban terdampak bencana alam tanah longsor. Informasi korban yang diberikan oleh agen Korban dilakukan ketika terdapat agen yang mengirimkan permintaan mengenai data korban yang berada di lokasi terdampak bencana alam tanah longsor.

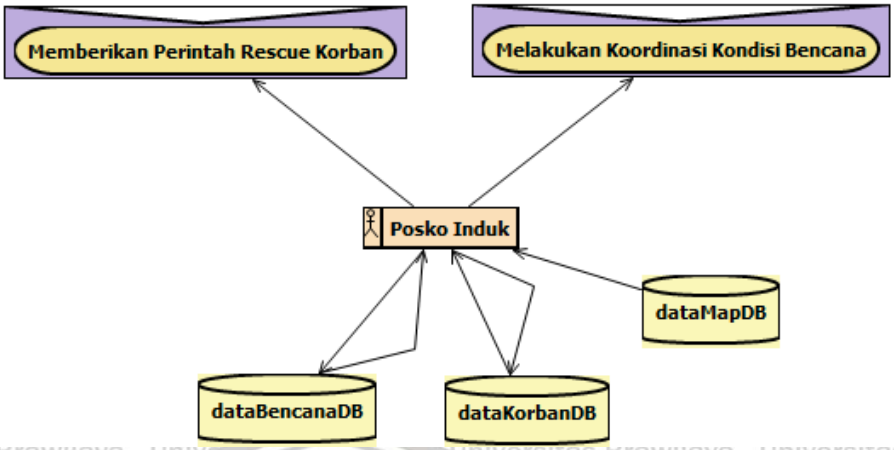
### 4.2.8 *Behavioral* Agen HUNTARA




**Gambar 4. 30 Gambar *Behavioral* agen HUNTARA**

Agen HUNTARA mempunyai *behavioral* untuk menentukan lokasi Posko Induk (Gambar 4.30) yang paling sesuai. Behavioral ini dilakukan ketika agen HUNTARA mendapatkan permintaan dari agen TRC Desa untuk membangun posko induk sebagai pusat komando koordinasi dalam penanganan bencana alam tanah longsor.

### 4.2.9 *Behavioral* Agen POSKO INDUK

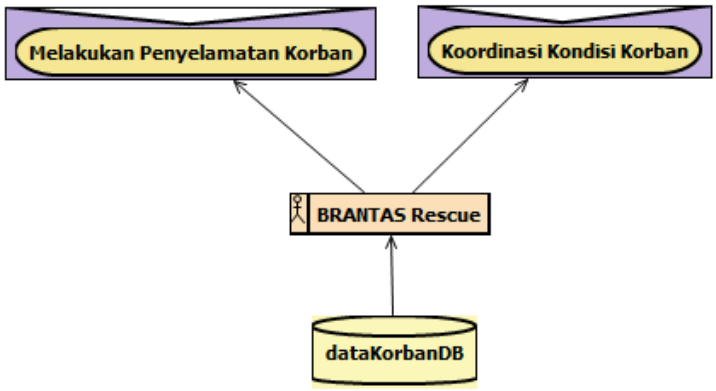



**Gambar 4. 31 Gambar *Behavioral* agen POSKO INDUK**

Agen Posko Induk mempunyai tugas sebagai pusat komando untuk selama proses penanganan korban di lokasi terdampak. Berikut adalah *behavioral* agen Posko Induk (Gambar 4.31):

1. *Behavioral* memberikan perintah *rescue* korban dilakukan ketika agen Posko Induk mendapatkan informasi data bencana dari agen Kepala Desa. Setelah menerima data bencana dari agen Kepala Desa agen posko Induk akan memerintahkan agen Brantas Rescue untuk melakukan upaya penyelamatan korban.
2. Setelah mendapatkan data bencana dari agen Brantas Rescue, PMI Desa dan TAGANA agen Posko Induk akan melakukan koordinasi terkait kondisi terkini kepada agen Kepala Desa untuk menentukan tindak lanjut penanganan selanjutnya.

### 4.2.10*Behavioral* Agen BRANTAS *Rescue*

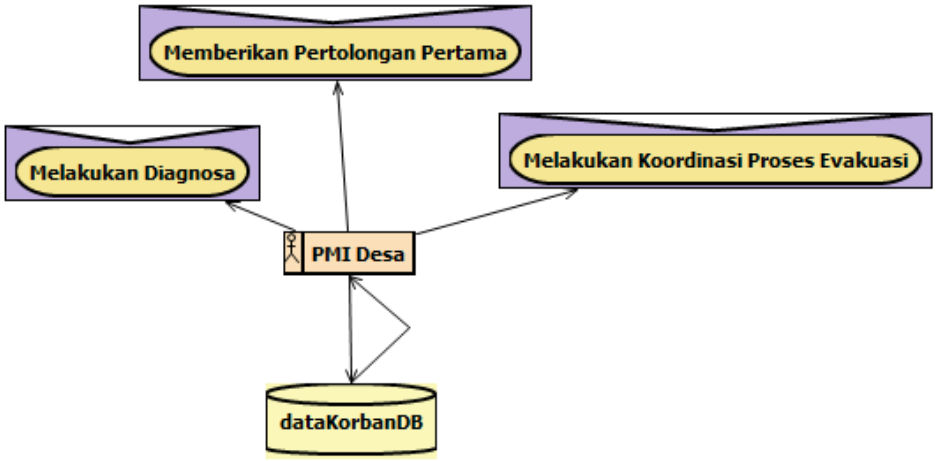



**Gambar 4. 32 Gambar *Behavioral* agen BRANTAS *Rescue***

Goal utama dari agen BRANTAS Rescue adalah melakukan upaya penyelamatan korban terdampak (Gambar 4.32) bencana tanah longsor. Berikut adalah behavioral agen BRANTAS Rescue selama proses mengakuisisi goalnya:

1. Behavioral melakukan penyelamatan korban dilakukan oleh agen BRANTAS Rescue ketika mendapatkan perintah dari agen Posko Induk.
2. Behavioral melakukan koordinasi kondisi korban terdampak dilakukan oleh agen BRANTAS Rescue ketika selama proses melakukan penyelamatan korban mendapatkan kondisi korban yang membutuhkan penanganan lanjut. Koordinasi ini dilakukan oleh agen BRANTAS Rescue dengan PMI Desa.

### 4.2.11*Behavioral* Agen PMI Desa

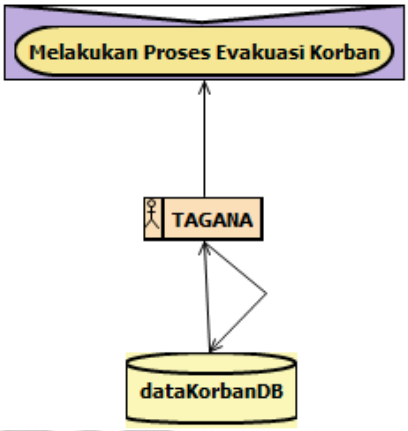



**Gambar 4. 33 Gambar *Behavioral* agen PMI Desa**

Agen PMI Desa mempunyai tiga *behavioral* (Gambar 4.33), yaitu:

1. Behavioral melakukan diagnose pasien dilakukan oleh agen PMI Desa dalam upaya untuk mendapatkan kondisi korban terdampak. Apabila korban diindikasi mengalami luka berat maka agen PMI Desa akan melakukan koordinasi dengan agen TAGANA untuk melakukan evakuasi korban ke rumah sakit terdekat.
2. Behavioral memberikan pertolongan pertama dilakukan oleh agen PMI Desa ketika kondisi korban sudah dapat diidentifikasi tanpa melakukan proses diagnose.
3. Proses melakukan koordinasi proses evakuasi dilakukan oleh agen PMI Desa apabila korban diindikasi mengalami luka berat setelah dilakukan proses diagnosa.

### 4.2.12*Behavioral* Agen TAGANA




**Gambar 4. 34 Gambar *Behavioral* agen TAGANA**

Agen TAGANA mempunyai behavioral melakukan proses evakuasi korban setelah mengetahui kondisi korban dari PMI Desa. Langkah proses evakuasi korban diawali dari mendapatkan data korban, apabila korban mengalami luka berat maka akan dievakuasi menuju rumah sakit terdekat, apabila korban hanya mendapatkan luka ringan maka agen TAGANA akan melakukan evakuasi korban ke tempat pengungsian.

# BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

## 5.1 Implementasi Model Simulasi

### 5.1.1 Simulasi Skenario Menambahkan Koordinasi

Simulasi skenario menambahkan koordinasi ini akan terbagi menjadi dua kondisi, yaitu:

1. Informasi dari agen Informasi yang disampaikan kepada agen Kepala Desa adalah bukan merupakan informasi bencana alam,
2. Informasi dari agen Informasi yang disampaikan kepada agen Kepala Desa adalah merupakan informasi bencana alam.

Agen yang terlibat pada scenario ini adalah empat agen, yaitu:

1. Agen INFORMASI,
2. Agen KEPALA DESA,
3. Agen TRC DESA,
4. Agen YELLOW PAGES.

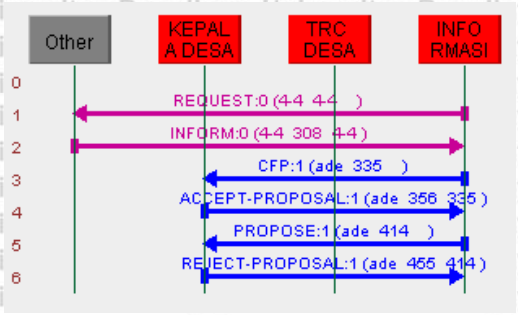
**Tabel 5. 1 *Output* dari skenario Menambahkan Koordinasi (a)**

```
=========================
Agent: KEPALA DESA
Berhasil diaktifkan
=========================
=========================
Agent: TRC DESA
Berhasil diaktifkan
=========================
=========================
Agent: INFORMASI
Berhasil diaktifkan
=========================
============================
AGENT: INFORMASI
Mengirimkan INFORMASI BENCANA
============================
INFORMASI BENCANA berhasil Disampaikan
Kepada Agent: KEPALA DESA
==================================
INFORMASI BENCANA DINYATAKAN TIDAK VALID OLEH:
AGENT: KEPALA DESA
INFORMASI BENCANA DITOLAK OLEH: KEPALA DESA
=================================================
```

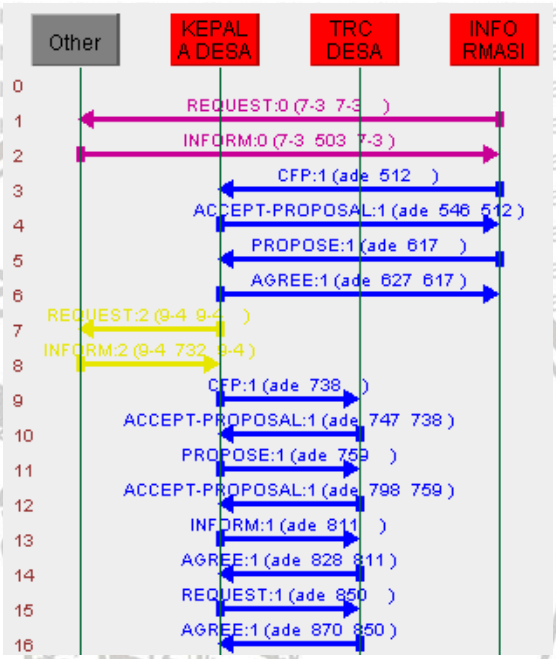
**Tabel 5. 2 *Output dari skenario Menambahkan Koordinasi (b)***

```
=========================
Agent: KEPALA DESA
Berhasil diaktifkan
=========================
=========================
Agent: TRC DESA
Berhasil diaktifkan
=========================
=========================
Agent: INFORMASI
```

```
Berhasil diaktifkan
========================
_____________________________
AGENT: INFORMASI
Mengirimkan INFORMASI BENCANA
=============================
INFORMASI BENCANA berhasil Disampaikan
Kepada Agent: KEPALA DESA
=========================================
INFORMASI BENCANA DINYATAKAN VALID OLEH:
AGENT: KEPALA DESA
INFORMASI BENCANA BERHASIL DITERIMA
=========================================
=========================================
AGENT: KEPALA DESA
MELAKUKAN PROSES PENGIRIMAN INFORMASI BENCANA
=============================================
INFORMASI BENCANA berhasil Disampaikan
KEPADA AGENT: TRC DESA
=====================================
INFORMASI KOORDINASI DITERIMA AGENT: TRC DESA
=============================================================
INFORMASI BENCANA berhasil Disampaikan
Kepada Agent: TRC DESA
=====================================
KOORDINASI dengan AGENT: TRC DESA
SELESAI DILAKUKAN
=================================================
REQUEST OBSERVASI LOKASI TERDAMPAK
Kepada Agent: TRC DESA
=====================================
REQUEST BERHASIL DITERIMA OLEH:
: TRC DESA
=================================================
```




(a)




(b)

**Gambar 5. 1 (a) Informasi di tolak oleh agen KADES (b) Informasi diterima oleh KADES**

Pada skenario Tabel 5.1 dijelaskan, ketika informasi yang diberikan aleh agen INFORMASI dinyatakan TIDAK VALID oleh agen KEPALA DESA, maka informasi proposal yang diajukan oleh agen INFORMASI akan ditolak (pada Gambar 5.1 (a)). Setelah proposal ditolak, agen KEPALA DESA tidak akan melakukan tindak lanjut dari informasi yang masuk. Sehingga proses simulasi pada skenario menambahkan koordinasi akan berhenti pada step ke-6 pada Gambar 5.1 (a).

Apabila informasi dari agen INFORMASI berhasil diterima (pada Gambar 5.1 (b)), maka informasi akan dijadikan tindak lanjut oleh agen KEPALA DESA sebagai bahan untuk melakukan koordinasi dengan agen TRC DESA. Proses melakukan koordinasi diawali pada step ke-9 (Gambar 5.1 (b)), CFP proposal akan diberikan kepada agen TRC desa untuk menawarkan *protocol* komunikasi, setelah *protocol* komunikasi berhasil diterima, maka agen KEPALA DESA akan *PROPOSE* informasi bencana alam yang diterima dari agen INFORMASI. Setelah proses negosiasi

selesai agen KEPALA DESA akan memberikan *REQUEST* (step ke-15, pada Gambar 5.1 (a)) untuk melakukan observasi lokasi dan korban terdampak bencana alam.

**Tabel 5. 3 Hasil Implementasi Skenario (a) Menambahkan Koordinasi menggunakan JADE**

| INDIVIDU AGENT | BEHAVIOR | GOAL | PESAN DIKIRIM | PESAN DITERIMA |
|---|---|---|---|---|
| INFORMASI | Mengirimkan Informasi Bencana alam | Mencari agen KEPALA DESA | JENIS PESAN: REQUEST<br>RECEIVER: YELLOW PAGES | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: AGENT INFORMASI |
| | | Mengirimkan PROTOCOL KOMUNIKASI | JENIS PESAN: CFP<br>RECEIVER: AGENT KEPALA DESA | JENIS PESAN: ACCEPT_PROPOSAL<br>RECEIVER: AGENT INFORMASI |
| | | Mengirimkan Informasi bencana alam | JENIS PESAN: PROPOSE<br>RECEIVER: AGENT KEPALA DESA | JENIS PESAN: REJECT_PROPOSAL<br>RECEIVER: AGENT INFORMASI |

**Tabel 5. 4 Hasil Implementasi Skenario (b) Menambahkan Koordinasi menggunakan JADE**

| INDIVIDU AGENT | BEHAVIOR | GOAL | PESAN DIKIRIM | PESAN DITERIMA |
|---|---|---|---|---|
| INFORMASI | Mengirimkan Informasi Bencana alam | Mencari agen KEPALA DESA | JENIS PESAN: REQUEST<br>RECEIVER: YELLOW PAGES | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: AGENT INFORMASI |
| | | Mengirimkan PROTOCOL KOMUNIKASI | JENIS PESAN: CFP<br>RECEIVER: AGENT KEPALA DESA | JENIS PESAN: ACCEPT_PROPOSAL<br>RECEIVER: AGENT INFORMASI |
| | | Mengirimkan Informasi bencana alam | JENIS PESAN: PROPOSE<br>RECEIVER: AGENT KEPALA DESA | JENIS PESAN: AGREE<br>RECEIVER: AGENT INFORMASI |
| KEPALA DESA | Koordinasi Operasi Kaji Cepat | Mencari agen TRC DESA | JENIS PESAN: REQUEST<br>RECEIVER: YELLOW PAGES | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: AGENT KEPALA DESA |
| | | Mengirimkan PROTOCOL KOMUNIKASI | JENIS PESAN: CFP<br>RECEIVER: AGENT TRC DESA | JENIS PESAN: ACCEPT_PROPOSAL<br>RECEIVER: AGENT KEPALA DESA |
| | | Mengirimkan Permintaan Koordinasi | JENIS PESAN: PROPOSE<br>RECEIVER: AGENT TRC DESA | JENIS PESAN: ACCEPT_PROPOSAL<br>RECEIVER: AGENT KEPALA DESA |
| | | Mengirimkan Informasi bencana alam | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: AGENT TRC DESA | JENIS PESAN: AGREE<br>RECEIVER: AGENT TRC DESA |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Mengirimkan request Observasi | JENIS PESAN: REQUEST<br>RECEIVER: AGENT TRC DESA | JENIS PESAN: AGREE<br>RECEIVER: AGENT KEPALA DESA |

**Tabel 5. 5 Model skenario melakukan koordinasi**

| **Skenario Melakukan Koordinasi** | | | |
|---|---|---|---|
| **Aktor** | | **Kondisi** | **Aktifitas** |
| **Pemberi Informasi** | : | | Mengirimkan Informasi Bencana Alam |
| **Kepala Desa** | : | | Menerima Informasi Bencana Alam |
| | | | Melakukan validasi bencana informasi bencana alam |
| | | (A) | Informasi bencana alam valid dan sesuai dengan informasi yang diterima |
| | | **(B)** | **Informasi bencana alam tidak valid dan tidak sesuai dengan** kondisi yang sebenarnya |
| | | (A) | Mengirimkan permintaan koordinasi kepada TRC Desa |
| **TRC Desa** | : | (A) | Menerima Informasi koordinasi terkait informasi bencana alam tanah longsor |
| | | (A) | Mengirimkan informasi ketersediaan untuk melakukan koordinasi |
| **Kepala Desa** | : | (A) | Melakukan koordinasi dengan TRC Desa |
| | | (A) | Memberikan informasi bencana alam |
| **TRC Desa** | : | (A) | Mendapatkan informasi bencana alam |
| | | (A) | Melakukan validasi informasi |

Pada skenerio melakukan koordinasi (Tabel 5.5) terdapat dua kondisi yang dapat mempengaruhi proses koordinasi antar dua aktor. Apabila informasi yang diterima dinyatakan tidak valid atau tidak sesuai oleh Kepala Desa, maka koordinasi tidak akan dilakukan. Sebaliknya jika informasi yang diterima adalah memang informasi bencana alam, maka koordinasi antara Kepala Desa dan TRC Desa akan tetap berlangsung.

### 5.1.2 Simulasi Skenario Melakukan Observasi

Simulasi skenario melakukan observasi dilakukan oleh agen TRC Desa. Kondisi yang mungkin terjadi saat melakukan observasi akan dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Tidak terdapat korban terdampak bencana alam tanah longsor,
2. Terdampat korban terdampak bencana tanah longsor dengan kondisi baik – baik saja,
3. Terdapat korban terdampak tanah longsor dengan kondisi membutuhkan penanganan lebih lanjut.

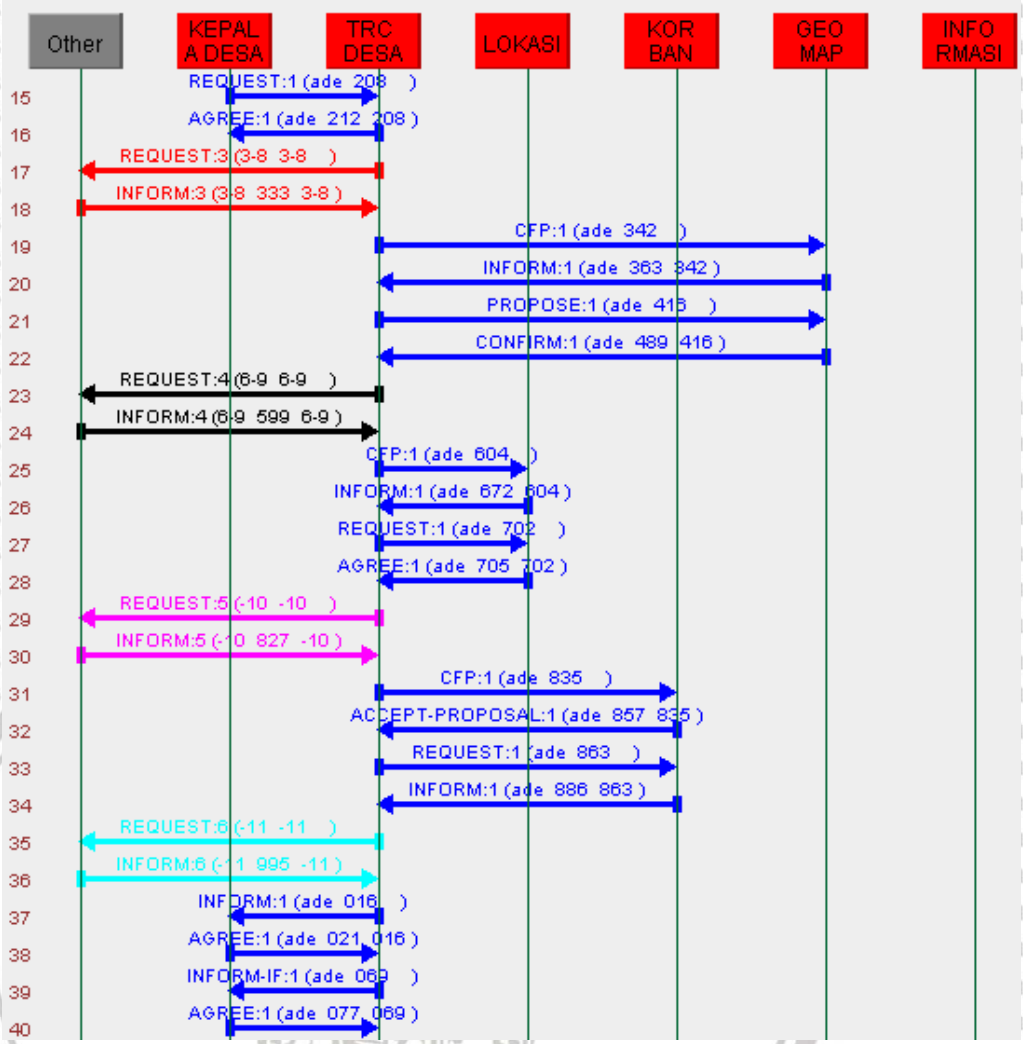
Hasil output program dari skenario dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7.

**Tabel 5. 6 *Output* dari skenario Melakukan Observasi**

```
================================================
REQUEST OBSERVASI LOKASI TERDAMPAK
Kepada Agent: TRC DESA
========================================
REQUEST BERHASIL DITERIMA OLEH:
: TRC DESA
================================================
Menanyakan kepada agent: GEO MAP
Untuk mencari ALTERNATIF jalur terdekat
================================================
PROPOSE pemilihan jalur kepada Agent: GEO MAP
================================================
PROPOSED disetujui
========================================
BERHASIL Meminta INFORMASI Lokasi Terdampak
Kepada AGENT: LOKASI
========================================
================================================
INFORMASI Lokasi Terdampak dari Agent: LOKASI
BERHASIL DI DAPATKAN
================================================
========================================
BERHASIL Meminta INFORMASI Lokasi Terdampak
Kepada AGENT: KORBAN
========================================
================================================
INFORMASI Lokasi Terdampak dari Agent: KORBAN
BERHASIL DI DAPATKAN
================================================
KONDISI KORBAN SELAMAT
PROSES EVAKUASI DAN PENYELAMATAN AKAN LANGSUNG DITANGANI
OLEH AGENT: TRC DESA
============================================================
```

**Tabel 5. 7 *Output* dari skenario Melakukan Observasi**

```
================================================
KORBAN: KORBAN berhasil ditemukan
BUTUH PENANGANAN LEBIH LANJUT
============================================================
```




**Gambar 5. 2 Komunikasi multi-agent pada Skenario Melakukan Observasi**

Pada skenario ini terdapat dua kondisi yang mungkin terjadi selama proses observasi yang dilakukan oleh agen TRC DESA. Proses melakukan observasi ini diawali dengan REQUEST dari agen KEPALA DESA kepada agen TRC DESA (step ke-15, Gambar 5.2). Dari request tersebut agen TRC DESA akan mulai melakukan proses observasi lokasi dan korban terdampak. Awal dari proses observasi dimulai dari permintaan agen TRC DESA kepada agen GEO MAP untuk dapat memberikan rekomendasi jalur terdekat dalam melakukan observasi (step ke-20, Gambar 5.2). Setelah informasi rekomendari berhasil diterima, maka agen TRC DESA akan melakukan proses observasi lokasi dan korban terdampak bencana alam. Informasi data bencana dan data korban dari hasil observasi agen TRC DESA akan dikirimkan kepada agen KEPALA DESA. Karena agen KEPALA DESA dan agen TRC DESA sudah pernah melakukan komunikasi sebelumnya, maka pesan CFP sudah tidak diperlukan lagi (step ke-37, Gambar 5.2).

Individu agen yang paling banyak melakukan aktifitas dalam menyelesaikan *goal* pada skenario melakukan observasi ini adalah agen TRC Desa. Agen TRC Desa selama proses melakukan observasi akan melakukan komunikasi dengan agen

KEPALA DESA, LOKASI, KORBAN dan GEO MAP. Pesan komunikasi yang dikirim dan diterima oleh agen KEPALA DESA bisa dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5. 8 Hasil Simulasi Skenario Melakukan Observasi menggunakan JADE**

| INDIVIDU AGENT | BEHAVIOR | GOAL | PESAN DIKIRIM | PESAN DITERIMA |
|---|---|---|---|---|
| KEPALA DESA | Mengirimkan perintah observasi | Mengirimkan perintah observasi | JENIS PESAN: REQUEST RECEIVER: TRC DESA | JENIS PESAN: AGREE RECEIVER: KEPALA DESA |
| TRC DESA | Menentukan jalur observasi | Mencari agen GEO MAP | JENIS PESAN: REQUEST RECEIVER: YELLOW PAGES | JENIS PESAN: INFORM RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirimkan Protocol Komunikasi | JENIS PESAN: CFP RECEIVER: GEO MAP | JENIS PESAN: INFORM RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mencari jalur alternative observasi | JENIS PESAN: PROPOSE RECEIVER: GEO MAP | JENIS PESAN: CONFIRM RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mencari agen LOKASI | JENIS PESAN: REQUEST RECEIVER: YELLOW PAGES | JENIS PESAN: INFORM RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirimkan Protocol Komunikasi | JENIS PESAN: CFP RECEIVER: LOKASI | JENIS PESAN: INFORM RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirimkan Protocol Komunikasi | JENIS PESAN: CFP RECEIVER: LOKASI | JENIS PESAN: INFORM RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirimkan permintaan data lokasi | JENIS PESAN: REQUEST RECEIVER: LOKASI | JENIS PESAN: AGREE RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mencari agen KORBAN | JENIS PESAN: REQUEST RECEIVER: YELLOW PAGES | JENIS PESAN: INFORM RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirimkan Protocol Komunikasi | JENIS PESAN: CFP RECEIVER: KORBAN | JENIS PESAN: INFORM RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirimkan permintaan data korban | JENIS PESAN: REQUEST RECEIVER: KORBAN | JENIS PESAN: INFORM RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirmkan informasi data bencana | JENIS PESAN: INFORM RECEIVER: KEPALA DESA | JENIS PESAN: AGREE |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirmkan informasi data korban | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: KEPALA DESA | JENIS PESAN: AGREE<br>RECEIVER: TRC DESA |

**Tabel 5. 9 Model skenario melakukan observasi**

| **Skenario Melakukan Observasi** | | | |
|---|---|---|---|
| **Aktor** | | **Kondisi** | **Aktifitas** |
| **Kepala Desa** | : | | • Mengirimkan request observasi kepada TRC-Desa |
| **TRC-Desa** | : | | • Menerima permintaan observasi<br>• Menanyakan Alternatif Jalur Observasi |
| **Geo-Map** | : | | • Memberikan informasi alternative jalur |
| **TRC-Desa** | : | (A)<br>(B)<br>(A) | • Observasi lokasi terdampak<br>• Berhasil mendapatkan data lokasi terdampak (Mengirim data ke Kades)<br>• Observasi Korban<br>• Berhasil mendapatkan data korban (Mengirim data ke Kades)<br>• Korban selamat<br>• Korban butuh penanganan lebih lanjut<br>• Melakukan Evakuasi korban<br>• Mengirimkan laporan informasi bencana alam kepada kepala desa |
| **Kepala Desa** | : | (A)(B)<br>(A)(B) | • Mendapatkan Laporan dari TRC-Desa<br>• Informasi Lokasi terdampak berhasil didapatkan<br>• Informasi Kondisi Korban Berhasil Didapatkan |

Pada skenario melakukan observasi (Tabel 5.9) terdapat tiga aktor yang terlibat, yaitu Kepala desa, TRC desa dan peta Geo Informasi. Kepala Desa bertindak sebagai pemberi perintah observasi kepada TRC Desa setelah mendapatkan informasi mengenai bencana alam tanah longsor. Sedangkan untuk TRC Desa dalam melaksanakan observasi langkah awal yang akan dilakukan adalah melihat jalur observasi yang paling evisien. Untuk mengetahui jalur observasi yang paling evisien TRC Desa akan memanfaatkan teknologi map Geo Informasi. Setelah mendapatkan informasi mengenai jalur yang paling evisien TRC Desa akan melakukan observasi lokasi dan korban terdampak. Hasil observasi dari TRC Desa akan dilaporkan kepada Kepala Desa.

### 5.1.3 Simulasi Skenario Menetapkan Status Bencana

Simulasi skenario menetapkan status bencana ini dilakukan oleh agen Kepala Desa berdasarkan hasil dari rekomendari BPBD Kota Batu. Kondisi yang mungkin terjadi saat melakukan scenario ini akan dibagi menjadi dua, yaitu:

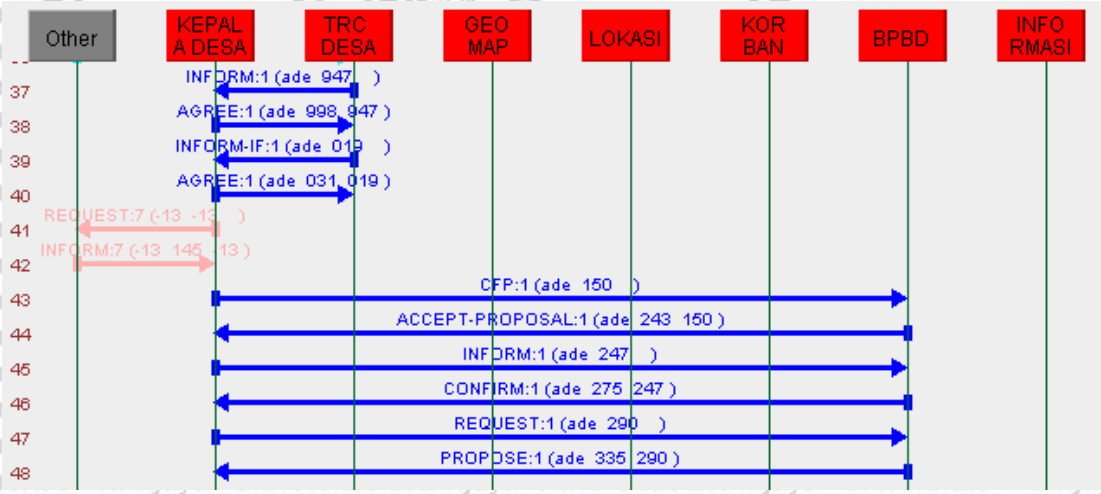
1. Status bencana dinyatakan tidak berbahaya apabila tidak terdapat korban luka / meninggal dunia (Tabel 5.10).
2. Status bencana dinyatakan berbahaya apabila ditemukan korban dari hasil melakukan observasi (Tabel 5.11).

**Tabel 5. 10 *Output* dari skenario Menetapkan Status Bencana**

```
==========================================
PESAN INFORMASI BENCANA BERHASIL DISAMPAIKAN
==========================================
Melakukan KOORDINASI dengan
AGENT: BPBD
======================================
MEMBERIKAN INFORMASI BENCANA KEPADA AGEN: BPBD
==============================================
INFORMASI BENCANA BERHASIL DITERIMA OLEH AGEN:
BPBD
==============================================
Agent: KEPALA DESA
MEMINTA REKOMENDASI STATUS BENCANA DARI AGENT: BPBD
=================================================================
==============================================
STATUS BENCANA TIDAK BERBAHAYA
Karena tidak terdapat korban Luka / Meninggal
==============================================
```

**Tabel 5. 11 *Output* dari skenario Menetapkan Status Bencana**

```
==============================================
STATUS BENCANA BERBAHAYA
Karena ditemukan KORBAN dari hasil OBSERVASI
==============================================
```




**Gambar 5. 3 Komunikasi multi-agent pada Skenario Menetapkan Status Bencana**

Proses agen KEPALA DESA dalam menentukan status bencana diawali dengan adanya informasi data bencana yang masuk dari agen TRC DESA (step ke-37 Gambar 5.3). Setelah data diterima, maka agen KEPALA DESA akan mencari agen BPBD BATU untuk melakukan koordinasi dalam penentuan status bencana (step ke-41 Gambar 5.3). Setelah agen BPBD BATU berhasil ditemukan, maka proses koordinasi untuk menentukan status bencana ini terjadi (step ke-43 sampai ke-48, Gambar 5.3).

**Tabel 5. 12 Hasil Simulasi Skenario Menetapkan Status Bencana menggunakan JADE**

| INDIVIDU AGENT | BEHAVIOR | GOAL | PESAN DIKIRIM | PESAN DITERIMA |
|---|---|---|---|---|
| KEPALA DESA | Mengirimkan Informasi Bencana alam | Mencari agen BPBD BATU | JENIS PESAN: REQUEST<br>RECEIVER: YELLOW PAGES | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: KEPALA DESA |
| | | Mengirimkan PROTOCOL KOMUNIKASI | JENIS PESAN: CFP<br>RECEIVER: BPBD BATU | JENIS PESAN: ACCEPT_PROPOSAL<br>RECEIVER: KEPALA DESA |
| | | Mengirimkan Informasi bencana alam | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: BPBD BATU | JENIS PESAN: CONFIRM<br>RECEIVER: AGENT INFORMASI |
| | | Mengirimkan Request rekomendasi status bencana | JENIS PESAN: REQUEST<br>RECEIVER: BPBD BATU | JENIS PESAN: PROPOSE<br>RECEIVER: KEPALA DESA |

**Tabel 5. 13 Model skenario menentukan status bencana**

| **Skenario Menentukan Status Bencana Alam** | | | |
|---|---|---|---|
| **Aktor** | | **Kondisi** | **Aktifitas** |
| **Kepala Desa** | : | (A)<br>(B) | • Mengirimkan informasi bencana kepada BPBD Kota Batu<br>• Informasi Lokasi terdampak<br>• Informasi Kondisi Korban<br>• Kondisi Korban Selamat<br>• Kondisi Korban butuh penanganan lebih lanjut |
| **BPBD Kota Batu** | : | (A)<br>(B) | • Mendapatkan Informasi Lokasi terdampak<br>• Mendapatkan Informasi Korban selamat<br>• Mendapatkan informasi Korban butuh penaganan lebih lanjut<br>• Mengirimkan permintaan koordinasi status bencana |
| **Kepala Desa** | : | | • Menerima permintaan koordinasi status bencana |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **BPBD Kota Batu** | : | (A)<br><br>(B) | • Merekomendasikan status bencana tidak berbahaya, karena tidak terdapat korban<br>• Merekomendasikan status bencana berbahaya, karena ditemukan korban di lokasi kejadian |
| **Kepala Desa** | : | (A)<br><br>(B) | • Menetapkan status bencana tidak berbahaya<br>• Menetapkan status bencana berbahaya |

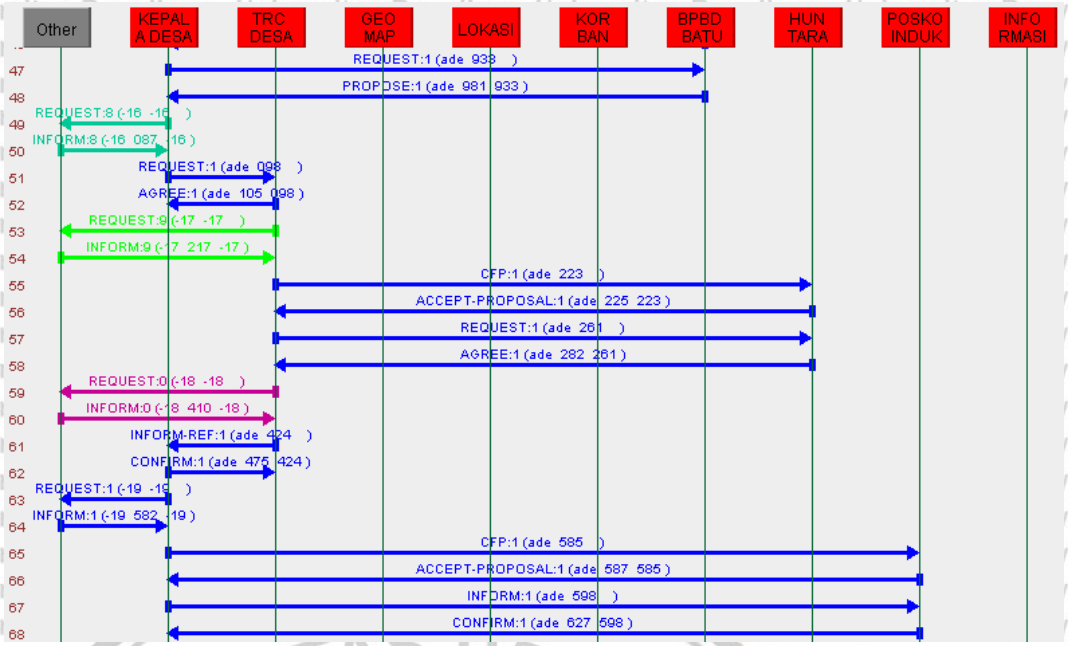
Terdapat dua kondisi yang memungkinkan terjadi pada skenario menentukan status bencana (Tabel 5.13), yang pertama adalah status bencana tidak berbahaya, karena tidak adanya korban dan yang kedua adalah ditetapkanya status bencana adalah berbahaya, karena ditemukan korban pada lokasi kejadian.

### 5.1.4 Simulasi Skenario Melakukan Aktifasi Posko Induk

Simulasi skenario melakukan aktifasi posko induk ini dilakukan oleh agen Kepala Desa dengan memerintahkan agen TRC Desa untuk melakukan aktifasi posko induk. Skenario ini hanya akan berjalan apabila status dari bencana alam tanah longsor adalah berbahaya. Hasil dari skenario ini bisa dilihat pada Tabel 5.10.

**Tabel 5. 14 *Output* dari skenario Membangun Posko Induk**

```
==========================================
STATUS BENCANA BERBAHAYA
Karena ditemukan KORBAN dari hasil OBSERVASI
==========================================
AGENT: KEPALA DESA
Mengirimkan REQUEST ACTIVASI POSKO INDUK
=====================================
AGENT: TRC DESA
MERESPON PERMINTAAN DARI AGENT: KEPALA DESA
=================================================
AGENT: TRC DESA
MENGIRIMKAN REQUEST AKTIFASI POSKO INDUK
=================================
=========================================
AGENT: HUNTARA
MERESPON REQUEST DARI: TRC DESA
=========================================
POSKO INDUK BERHASIL DIAKTIFKAN
==============================
KEPALA DESA
POSKO INDUK SELESAI DIAKTIFASI
====================================
AGENT: KEPALA DESA
KONFIRMASI PENYELESAIAN AKTIFASI POSKO INDUK
=============================================
AGENT: KEPALA DESA
Mengirimkan INFORMASI BENCANA ALAM
=====================================
AGENT: POSKO INDUK
MENERIMA INFORMASI DATA BENCANA DARI AGENT: KEPALA DESA
=======================================================
```




**Gambar 5. 4 Komunikasi multi-agent pada Skenario Membangun Posko Induk**

Setelah status bencana dinyatakan berbahaya, maka proses aktivasi posko induk akan dilakukan. Agen KEPALA DESA akan mengirimkan permintaan aktivasi posko induk kepada agen TRC DESA (step ke – 51 Gambar 5.4). Setelah menerima permintaan aktivasi dari agen KEPALA DESA, maka saat itu juga agen TRC DESA akan mengirimkan permintaaan (*REQUEST*, step ke – 57, Gambar 5.4) kepada agen HUNTARA dalam melakukan aktivasi posko induk. Pesan *INFORM* akan disampaikan oleh agen TRC DESA kepada agen KEPALA DESA, ketika aktivasi posko induk berhasil dilakukan (step ke – 61, Gambar 5.4). Kemudian agen KEPALA DESA akan mengirimkan informasi data bencana kepada agen POSKO INDUK (step ke-67 Gambar 5.4) yang akan dijadikan dasar dalam memberikan permintaan penyelamatan korban kepada agen BRANTAS RESQUE.

**Tabel 5. 15 Hasil Simulasi Skenario Membangun Posko Induk menggunakan JADE**

| INDIVIDU AGENT | BEHAVIOR | GOAL | PESAN DIKIRIM | PESAN DITERIMA |
|---|---|---|---|---|
| KEPALA DESA | Menentukan aktifasi posko induk | Mengirimkan permintaan aktifasi posko induk | JENIS PESAN: REQUEST<br>RECEIVER: TRC DESA | JENIS PESAN: AGREE<br>RECEIVER: TRC DESA |
| TRC DESA | Melakukan aktifasi posko induk | Mencari agen HUNTARA | JENIS PESAN: REQUEST<br>RECEIVER: YELLOW PAGES | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirimkan PROTOCOL KOMUNIKASI | JENIS PESAN: CFP<br>RECEIVER: HUNTARA | JENIS PESAN: ACCEPT_PROPOSAL<br>RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirimkan Request | JENIS PESAN: REQUEST | JENIS PESAN: AGREE |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | aktivasi posko induk | RECEIVER: HUNTARA | RECEIVER: TRC DESA |
| | | Mengirimkan informasi penyelesaian aktivasi posko induk | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: KEPALA DESA | JENIS PESAN: CONFIRM<br>RECEIVER: TRC DESA |
| KEPALA DESA | Koordinasi operasi kaji cepat | Mencari agen POSKO INDUK | JENIS PESAN: REQUEST<br>RECEIVER: YELLOW PAGES | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: KEPALA DESA |
| | | Mengirimkan data bencana | JENIS PESAN: INFORM<br>RECEIVER: POSKO INDUK | JENIS PESAN: CONFIRM<br>RECEIVER: KEPALA DESA |

**Tabel 5. 16 Model skenario pembentukan posko induk**

| **Skenario Pembentukan Posko Induk** | | | |
|---|---|---|---|
| **Aktor** | | **Kondisi** | **Aktifitas** |
| **BPBD Kota Batu** | : | **(A)** | • **Merekomendasikan status bencana tidak berbahaya, karena tidak terdapat korban** |
| | | (B) | • Merekomendasikan status bencana berbahaya, karena ditemukan korban di lokasi kejadian |
| **Kepala Desa** | : | **(A)** | • **Menetapkan status bencana tidak berbahaya** |
| | | (B) | • Menetapkan status bencana berbahaya |
| | | (B) | • Mengirimkan permintaan aktivasi posko induk |
| **TRC Desa** | : | (B) | • Menerima informasi aktivasi posko induk |
| | | (B) | • Mengirimkan informasi aktifasi posko induk kepada tim Hunian Sementara (HUNTARA) |
| **HUNTARA** | : | (B) | • Menerima informasi aktifasi posko induk |
| | | (B) | • Memberikan rekomendasi tempat untuk pendirian posko induk |
| **TRC Desa** | : | (B) | • Menerima rekomendasi tempat untuk pendirian posko induk |
| | | (B) | • Menyetujui rekomendasi tempat untuk pendirian posko induk |
| **HUNTARA** | : | (B) | • Melakukan aktifasi posko induk |
| | | (B) | • Mengirimkan informasi selesai aktifasi posko induk |
| **TRC Desa** | : | (B) | • Menerima informasi selesai aktifasi posko induk |
| | | (B) | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Mengirimkan informasi selesai aktifasi posko induk |
| **Kepala Desa** | : | (B) | • Menerima informasi selesai aktifasi posko induk |
| | | (B) | • Memberikan informasi bencana alam kepada Posko Induk |
| **Posko Induk** | : | (B) | • Menerima informasi bencana alam dari Kepala Desa |

Pembentukan posko induk (Tabel 5.16) pada penanganan bencana alam tanah longsor didasarkan pada kondisi informasi dari BPBD Kota Batu. Apabila BPBD Kota Batu memberikan rekomendasi status bencana alam tanah longsor adalah berbahaya, maka posko induk tidak akan diaktivasi, sedangkan apabila rekomendari dari BPBD Kota Batu adalah bencana alam itu berbahaya, maka posko induk akan diaktivasi.

### 5.1.5 Simulasi Skenario Pemberian Pertolongan Pertama

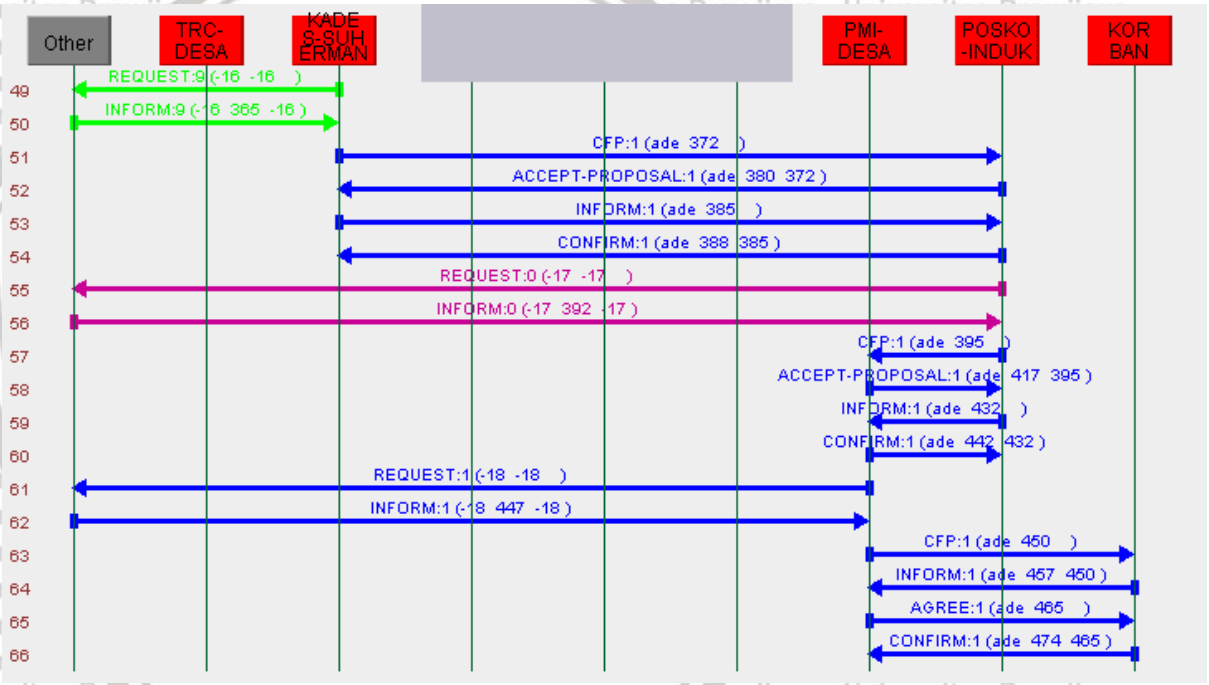
Simulasi skenario membeerikan pertolongan pertama ini dilakukan oleh agen PMI Desa atas perintah dari agen Posko Induk. Perintah pemberian pertolongan pertama oleh posko induk adalah hasil dari identifikasi korban yang telah silakukan oleh agen BRANTAS Rescue. Kondisi yang mungkin terjadi ketika melakukan scenario ini ada dua, yaitu:

1. Hasil diagnose korban yang dilakukan oleh agen PMI Desa menunjukkan kalau korban mengalami luka ringan.
2. Hasil diagnose korban yang dilakukan oleh agen PMI Desa menunjukkan kalau korban mengalami luka berat dan membutuhkan penanganan lebih lanjut (Tabel 5.17).

**Tabel 5. 17 *Output* dari skenario Memberikan Pertolongan Pertama**

```
==================================================
KOORDINASI Pembangunan Posko Induk BERHASIl DILAKUKAN
==================================================
========================================
POSKO INDUK BERHASIL DIBANGUN
========================================
POSKO-INDUK
POSKO-INDUK
==================================
Melakukan Proses KOORDINASI dengan agent:
==================================
NAMA AGENT:
POSKO-INDUK
==================================================
MELAKUKAN KOORDINASI TINDAK LANJUT DAN EVAKUASI
==================================================
========================================
KOORDINASI SELESAI DILAKSANAKAN
========================================
PMI-DESA
PMI-DESA
==================================
MEMBERIKAN INFORMASI KORBAN
```

```
==================================
NAMA AGENT:
PMI-DESA
==========================================
INFORMASI KORBAN BERHASIL DISAMPAIKAN
==========================================
KORBAN
KORBAN
==================================
MELAKUKAN DIAGNOSA KORBAN
==================================
NAMA AGENT:
KORBAN
==================================================
Melakukan Penanganan Lanjut Korban
==================================================
==========================================
KORBAN BERHASIL DITANGANI
==========================================
```




**Gambar 5. 5 Komunikasi multi-agent pada Skenario Memberikan Pertolongan Pertama**

**Tabel 5. 18 Hasil Simulasi Skenario Memberikan Pertolongan Pertama menggunakan JADE**

| STEP | OTHER | KADES-SUHERMAN | PMI-DESA | POSKO-INDUK | KORBAN |
|---|---|---|---|---|---|
| 49 | Mendapatkan Request | Mengirimkan request | | | |
| 50 | Mengirimkan Request yang diminta | Memperoleh data | | | |
| 51 | | Konfirmasi keberadaan agent Posko Induk | | Mendapatkan pesan konfirmasi | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 52 | | Mendapatkan informasi persetujuan komunikasi | | Mengirimkan persetujuan komunikasi | |
| 53 | | Melakukan koordinasi | | Mendapatkan data koordinasi | |
| 54 | | Respon koordinasi berhasil didapatkan | | Mengirimkan respon koordinasi | |
| 55 | Mendapatkan Request | | | Mengirimkan request | |
| 56 | Mengirimkan Request yang diminta | | | Memperoleh data | |
| 57 | | | Mendapatkan pesan konfirmasi | Konfirmasi keberadaan agent PMI Desa | |
| 58 | | | Mengirimkan persetujuan komunikasi | Mendapatkan informasi persetujuan komunikasi | |
| 59 | | | Mendapatkan data koordinasi | Melakukan koordinasi | |
| 60 | | | Mengirimkan respon koordinasi | Respon koordinasi berhasil didapatkan | |
| 61 | Mendapatkan Request | | Mengirimkan request | | |
| 62 | Mengirimkan Request yang diminta | | Memperoleh data | | |
| 63 | | | Konfirmasi keberadaan agent Korban | | Mendapatkan pesan konfirmasi |
| 64 | | | Mendapatkan informasi persetujuan komunikasi | | Mengirimkan persetujuan komunikasi |
| 65 | | | Melakukan koordinasi | | Mendapatkan data koordinasi |
| 66 | | | Respon koordinasi berhasil didapatkan | | Mengirimkan respon koordinasi |

**Tabel 5. 19 Model skenario melakukan pertolongan pertama**

| **Skenario Melakukan Pertolongan Pertama** | | | |
|---|---|---|---|
| **Aktor** | | **Kondisi** | **Aktifitas** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Posko Induk** | : | | • Mengirimkan informasi bencana alam kepada Brantas Resque |
| **BRANTAS Rescue** | : | | • Menerima informasi bencana alam dari Posko Induk<br>o Informasi lokasi bencana<br>o Informasi korban bencana<br>o Informasi alternatife jalur terdekat<br>• Melakukan proses penyelamatan korban<br>• Melakukan identifikasi korban<br>• Menghubungi PMI Desa untuk melakukan diagnose korban |
| **PMI Desa** | : | **(A)**<br>(B)<br>**(A)**<br>(B) | • Menerima informasi data korban dari BRANTAS Rescue<br>• Melakukan pertolongan pertama kepada korban<br>• **Hasil diagnose menunjukkan korban dalam kondisi luka ringan**<br>• Hasil diagnose menunjukkan korban butuh penanganan lebih lanjut<br>• **Melakukan penanganan pertama terhadap korban bencana alam**<br>• Memberikan informasi kondisi korban kepada TAGANA Desa |
| **TAGANA Desa** | : | (B) | • Menerima informasi kondisi korban dari PMI Desa |

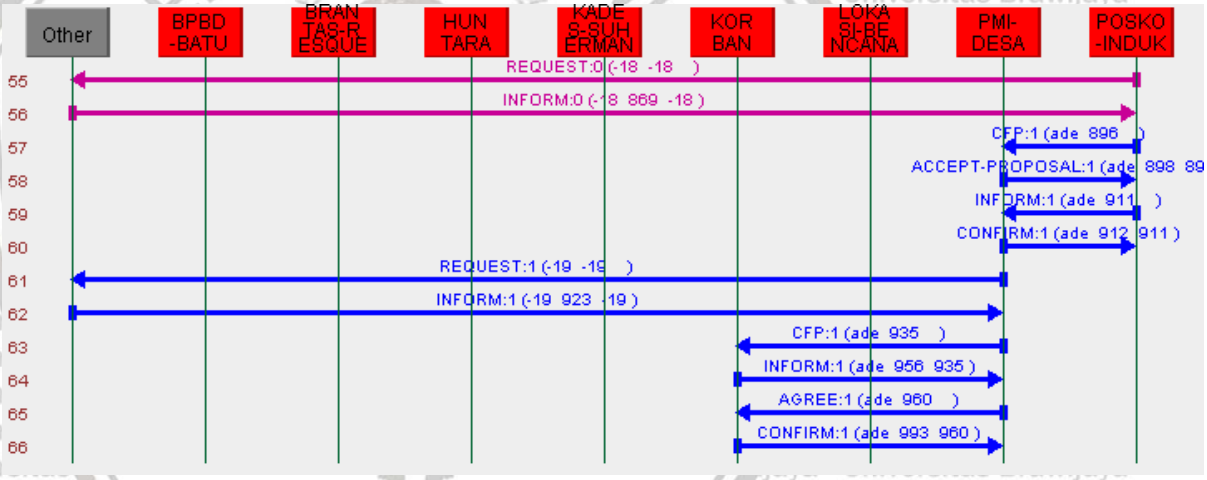
Skenario melakukan pertolongan pertama kepada korban terdampak bencana tanah longsor (Tabel 5.19) dilakukan oleh PMI Desa setelah mendapatkan informasi dari BRANTAS Rescue jika terdapat korban yang butuh penanganan medis. Langkah pertama yang dilakukan oleh PMI Desa adalah dengan memberikan penanganan pertama kepada korban. Selama proses memberikan pertolongan pertama PMI Desa juga melakukan diagnosa korban. Apabila korban mengalami luka berat dan membutuhkan penanganan lebih lanjut, maka PMI Desa akan menghubungi TAGANA untuk segera melakukan proses evakuasi korban ke rumah sakit terdekat.

### 5.1.6 Simulasi Skenario Penyelamatan Korban

**Tabel 5. 20 *Output* dari skenario Penyelamatan Korban**

```
==================================
Melakukan Proses KOORDINASI dengan agent:
==================================
NAMA AGENT:
POSKO-INDUK
==================================================
MELAKUKAN KOORDINASI TINDAK LANJUT DAN EVAKUASI
==================================================
==========================================
```

```
KOORDINASI SELESAI DILAKSANAKAN
PMI-DESA
PMI-DESA
MEMBERIKAN INFORMASI KORBAN
NAMA AGENT:
PMI-DESA
INFORMASI KORBAN BERHASIL DISAMPAIKAN
KORBAN
KORBAN
MELAKUKAN DIAGNOSA KORBAN
NAMA AGENT:
KORBAN
Melakukan Penanganan Lanjut Korban
KORBAN BERHASIL DITANGANI
```




**Gambar 5. 6 Komunikasi multi-agent pada skenario Penyelamatan Korban**

**Tabel 5. 21 *Output* dari skenario Penyelamatan Korban**

| STEP | OTHER | KORBAN | PMI-DESA | POSKO-INDUK |
|---|---|---|---|---|
| 55 | Mendapatkan Request | | | Mengirimkan request |
| 56 | Mengirimkan Request yang diminta | | | Memperoleh data |
| 57 | | | Mendapatkan pesan konfirmasi | Konfirmasi keberadaan agent PMI Desa |
| 58 | | | Mengirimkan persetujuan komunikasi | Mendapatkan informasi persetujuan komunikasi |
| 59 | | | Mendapatkan data koordinasi | Melakukan koordinasi |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 60 | | | Mengirimkan respon koordinasi | Respon koordinasi berhasil didapatkan |
| 61 | Mendapatkan Request | | Mengirimkan request | |
| 62 | Mengirimkan Request yang diminta | | Memperoleh data | |
| 63 | | Mendapatkan pesan konfirmasi | Konfirmasi keberadaan agent Korban | |
| 64 | | Mengirimkan persetujuan komunikasi | Mendapatkan informasi persetujuan komunikasi | |
| 65 | | Mendapatkan data koordinasi | Melakukan koordinasi | |
| 66 | | Mengirimkan respon koordinasi | Respon koordinasi berhasil didapatkan | |

**Tabel 5. 22 Model skenario penyelamatan korban**

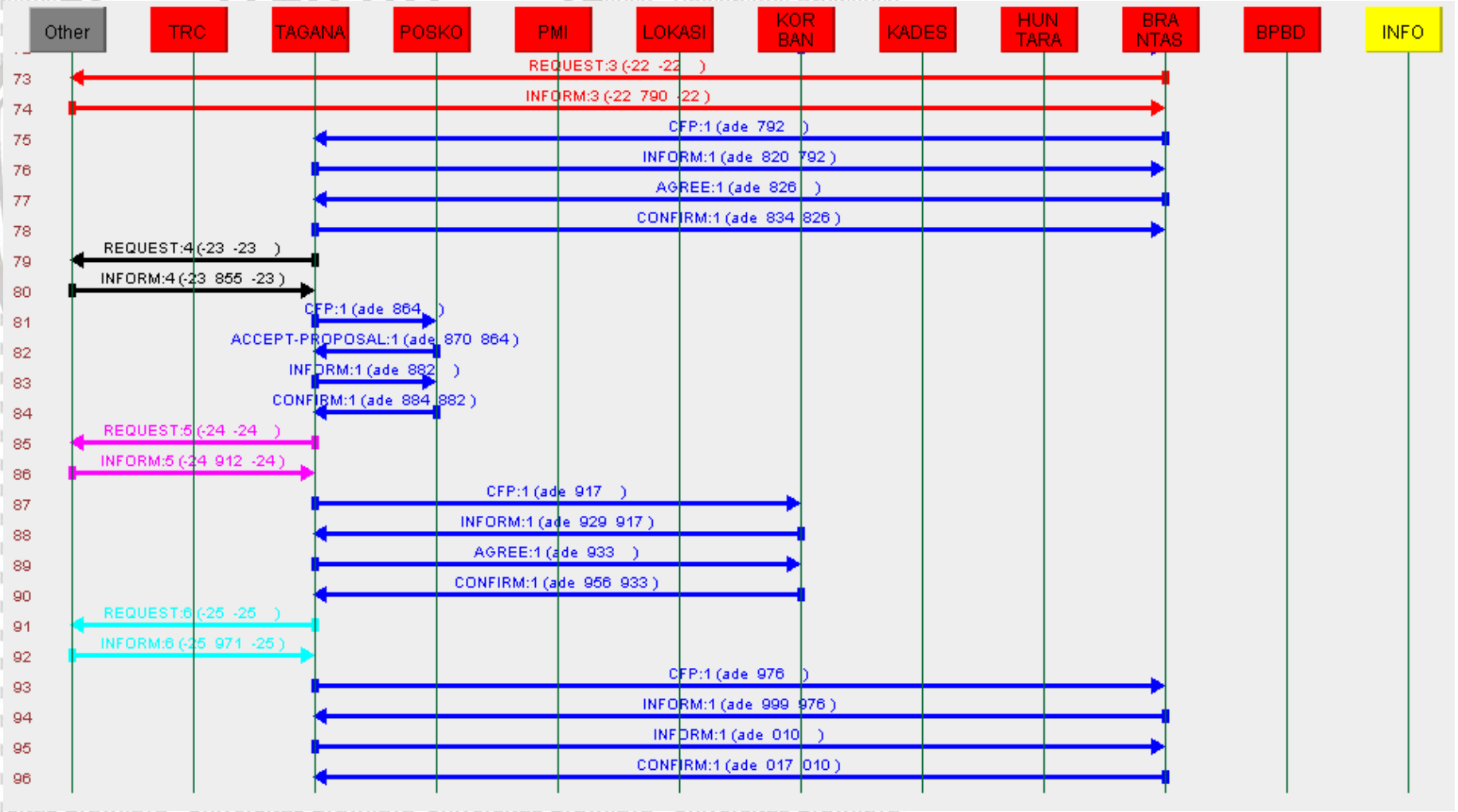
| **Skenario Penyelamatan Korban** | | | |
|---|---|---|---|
| **Aktor** | | **Kondisi** | **Aktifitas** |
| **Posko Induk** | : | | • Mengirimkan informasi bencana alam kepada Brantas Resque |
| **BRANTAS Rescue** | : | | • Menerima informasi bencana alam dari Posko Induk<br>○ Informasi lokasi bencana<br>○ Informasi korban bencana<br>○ Informasi alternatife jalur terdekat<br>• Melakukan proses penyelamatan korban<br>• Melakukan identifikasi korban<br>• Menghubungi PMI Desa untuk melakukan diagnose korban |
| **PMI Desa** | : | **(A)**<br>(B)<br>**(A)**<br>(B) | • Menerima informasi data korban dari BRANTAS Rescue<br>• Melakukan pertolongan pertama kepada korban<br>• **Hasil diagnose menunjukkan korban dalam kondisi luka ringan**<br>• Hasil diagnose menunjukkan korban butuh penanganan lebih lanjut<br>• **Melakukan penanganan pertama terhadap korban bencana alam**<br>• Memberikan informasi kondisi korban kepada TAGANA Desa |
| **TAGANA Desa** | : | (B) | • Menerima informasi kondisi korban dari PMI Desa |

Upaya penyelamatan korban (Tabel 5.24) oleh Brantas Rescue diawali dari masuknya perintah penyelamatan korban di lokasi terdampak bencana tanah longsor. Setelah mendapatkan informasi terdampak bencana tanah longsor, BRANTAS Rescue akan melihat informasi ada tidaknya korban terdampak. Setelah mengetahui terdapat korban terdampak, maka BRANTAS Rescue akan terjun ke lokasi untuk melakukan upaya penyelamatan korban. Setelah proses penyelamatan selesai dilakukan BRANTAS Rescue akan melakukan identifikasi fisik pasien. Apabila kondisi pasien memerlukan penanganan tim medis, maka BRANTAS Rescue akan melakukan koordinasi dengan PMI Desa untuk melaporkan kondisi korban terdampak.

### 5.1.7 Simulasi Skenario Evakuasi Korban

**Tabel 5. 23 *Output* dari skenario Evakuasi Korban Bencana**

```
================================================
Melakukan Penyelamatan KORBAN Terdampak
================================================
=====================================
KORBAN BERHASIL DISELAMATKAN
=====================================
TAGANA
TAGANA
=====================================
Memberikan INFORMASI Korban terdampak
=====================================
NAMA AGENT:
TAGANA
=========================================
INFORMASI KORBAN BERHASIL DISAMPAIKAN
=========================================
POSKO
POSKO
=====================================
MEMBERIKAN INFORMASI KORBAN
=====================================
NAMA AGENT:
POSKO
=========================================
INFORMASI KORBAN BERHASIL DISAMPAIKAN
=========================================
KORBAN
KORBAN
=====================================
Melakukan EVAKUASI KORBAN
=====================================
NAMA AGENT:
KORBAN
=========================================
KORBAN BERHASIL DIEVAKUASI
=========================================
BRANTAS
BRANTAS
=====================================
Memberikan INFORMASI Korban terdampak
=====================================
NAMA AGENT:
BRANTAS
=========================================
INFORMASI KORBAN BERHASIL DISAMPAIKAN
=========================================
```




**Gambar 5. 7 Komunikasi multi-agent pada skenario Evakuasi Korban Bencana**

**Tabel 5. 24 Output dari skenario Evakuasi Korban Bencana**

| STEP | OTHER | TAGANA | POSKO | KORBAN | BRANTAS-RESQUE |
|---|---|---|---|---|---|
| 73 | Mendapatkan Request | | | | Mengirimkan request |
| 74 | Mengirimkan Request yang diminta | | | | Memperoleh data |
| 75 | | Mendapatkan pesan konfirmasi | | | Konfirmasi keberadaan agent TAGANA |
| 76 | | Mengirimkan persetujuan komunikasi | | | Mendapatkan informasi persetujuan komunikasi |
| 77 | | Mendapatkan data koordinasi | | | Melakukan koordinasi |
| 78 | | Mengirimkan respon koordinasi | | | Respon koordinasi berhasil didapatkan |
| 79 | Mendapatkan Request | Mengirimkan request | | | |
| 80 | Mengirimkan Request yang diminta | Memperoleh data | | | |
| 81 | | Konfirmasi keberadaan agent Posko Induk | Mendapatkan pesan konfirmasi | | |
| 82 | | Mendapatkan informasi persetujuan komunikasi | Mengirimkan persetujuan komunikasi | | |
| 83 | | Melakukan koordinasi | Mendapatkan data koordinasi | | |
| 84 | | Respon koordinasi berhasil didapatkan | Mengirimkan respon koordinasi | | |
| 85 | Mendapatkan Request | Mengirimkan request | | | |
| 86 | Mengirimkan Request yang diminta | Memperoleh data | | | |
| 87 | | Konfirmasi keberadaan agent Korban | | Mendapatkan pesan konfirmasi | |
| 88 | | Mendapatkan informasi persetujuan komunikasi | | Mengirimkan persetujuan komunikasi | |
| 89 | | Meminta Informasi Kondisi | | Mendapatkan Request Kondisi | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 90 | | Respon kondisi korban berhasil didapatkan | | Mengirimkan respon dari request | |
| 91 | Mendapatkan Request | Mengirimkan request | | | |
| 92 | Mengirimkan Request yang diminta | Memperoleh data | | | |
| 93 | | Konfirmasi keberadaan agent BRANTAS | | | Mendapatkan pesan konfirmasi |
| 94 | | Mendapatkan informasi persetujuan komunikasi | | | Mengirimkan persetujuan komunikasi |
| 95 | | Meminta Informasi Kondisi | | | Mendapatkan Request Kondisi |
| 96 | | Respon kondisi korban berhasil didapatkan | | | Mengirimkan respon dari request |

**Tabel 5. 25 Model skenario melakukan evakuasi**

| **Skenario Melakukan Evakuasi Korban** | | | |
|---|---|---|---|
| **PMI Desa** | : | **(A)**<br>(B)<br>**(A)**<br>**(A)**(B) | • Menerima informasi data korban dari BRANTAS Rescue<br>• Melakukan pertolongan pertama kepada korban<br>• **Hasil diagnose menunjukkan korban dalam kondisi luka ringan**<br>• Hasil diagnose menunjukkan korban butuh penanganan lebih lanjut<br>• **Melakukan penanganan pertama terhadap korban bencana alam**<br>• Memberikan informasi kondisi korban kepada TAGANA Desa |
| **TAGANA Desa** | : | **(A)**(B)<br>**(A)**<br>(B)<br>**(A)**(B) | • Menerima informasi kondisi korban dari PMI Desa<br>• Melakukan proses evakuasi korban ke tempat pengungsian<br>• Melakukan proses evakuasi korban ke rumah sakit terdekat untuk mendapatkan penanganan lebih lanjut dari ahli medis<br>• Memberikan informasi selesai proses evakuasi kepada posko induk |

Proses melakukan evakuasi korban (Tabel 5.25) dilakukan oleh TAGANA setelah mendapatkan informasi data korban terdampak dari BRANTAS Rescue dan PMI Desa. Korban dengan luka ringan akan dievakuasi ketempat pengungsian, sedangkan korban dengan kondisi luka berat akan langsung dibawa ke rumah sakit terdekat untuk mendapatkan penanganan lebih lanjut.

## 5.2 Evaluasi Karakteristik Agen

Hasil dari evaluasi *internal properties* pada karakteristik setiap individu agen ditunjukkan pada Tabel 5.26. Setiap individu agen dikelompokkan berdasarkan dari skenario yang sebelumnya sudah dimodelkan. Dalam setiap skenario tidak menutup kemungkinan terdapat agen yang sama. Hal ini dikarenakan setiap individu agen dapat mempunyai lebih dari satu *role*.

Berdasarkan dari hasil evaluasi pada Tabel 5.26 didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. *Autonomous*: total keseluruhan individu agen mempunyai prosentase sebesar 96% untuk nilai tinggi pada karakteristik *autonomous*. Dari sini bisa disimpulkan jika implementasi simulasi penanganan bencana alam tanah longsor bisa dilakukan tanpa harus ada invokasi dari manusia atau sistem yang lain.
2. *Mental attitude*: nilai prosentase total keseluruhan individu agen untuk karakteristik ini adalah 100% tinggi. Hal ini dikarenakan pemodelan *Prometheus* sudah mendukung konsep BDI, sehingga model yang sudah dibuat mudah untuk di implementasikan.
3. *Proactive*: secara keseluruhan individu agen yang terlibat dalam simulasi penanganan bencana alam tanah longsor ini dapat melakukan komunikasi dengan *environment* atau agen yang lain melalui komunikasi pertukaran pesan. Hal ini bisa dilihat pada prosentase dari karakteristik *proactive* yang mencapai 96% bernilai tinggi.
4. *Reactive*: tidak semua individu agen pada simulasi penanganan bencana alam ini mempunyai kemampuan untuk melakukan antisipasi terhadap perubahan yang terjadi lingkungan sekitarnya. Contohnya adalah agen LOKASI, KORBAN, BPBD BATU dan INFORMASI. Nilai prosentase dari karakteristik ini adalah 52% tinggi dan 48% sedang.
5. *Concurrency*: simulasi penanganan bencana alam tanah longsor ini tidak di modelkan pada penanganan satu permasalahan tertentu. Sehingga tidak banyak individu agen yang dimodelkan untuk dapat menyelesaiakan banyak goal secara bersamaan. Nilai prosentase dari concurrency adalah 40% sedang, 32% rendah dan 28% *none*.
6. *Collaborative*: kemampuan individu agen dalam melakukan komunikasi, koordinasi dan negosiasi kepada *environment* atau agen yang lain adalah faktor utama seorang agen dikatakan memenuhi kriteria ini. Pada simulasi penanganan bencana alam tanah longsor ini kriteria negosiasi memang belum diimplementasikan, sehingga nilai *collaborative* berkisar diantara rendah dan sedang.

Untuk detail nilai dari kriteria setiap individu agen dapat dilihat pada lampiran A Evaluasi Karakteristik.

**Tabel 5. 26 pengujian karakteristik agen. nilai (R) = Rendah, nilai (S) = Sedang, nilai (T) = Tinggi, nilai (N) = None.**

| Skenario | Agent | Karakteristik Agen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *Autonomous* | *Mental attitude* | *Proactive* | *Reactive* | *Concurrency* | *Collaborative* |
| Skenario melakukan koordinasi | INFORMASI | S | T | S | S | N | R |
| | KEPALA DESA | T | T | T | T | R | S |
| | TRC DESA | T | T | T | S | R | S |
| Skenario menentukan status bencana | TRC DESA | T | T | T | S | R | S |
| | KEPALA DESA | T | T | T | T | S | S |
| | BPBD BATU | T | T | T | S | N | S |
| Skenario melakukan observasi | TRC DESA | T | T | T | T | S | S |
| | GEO INFORMASI | T | T | T | S | N | S |
| | KEPALA DESA | T | T | T | T | S | S |
| | LOKASI | T | T | T | S | N | R |
| | KORBAN | T | T | T | S | N | R |
| | BPBD BATU | T | T | T | S | N | S |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Skenario aktifasi posko induk | KEPALA DESA | T | T | T | T | S | S |
| | TRC DESA | T | T | T | T | S | S |
| | HUNTARA | T | T | T | S | N | S |
| | POSKO INDUK | T | T | T | T | S | S |
| Scenario penyelamatan korban | BRANTAS RESQUE | T | T | T | T | R | S |
| | PMI DESA | T | T | T | T | S | S |
| | TAGANA | T | T | T | S | R | S |
| Scenario melakukan pertolongan pertama | POSKO INDUK | T | T | T | T | S | S |
| | BRANTAS RESCUE | T | T | T | T | R | S |
| | PMI DESA | T | T | T | T | S | S |
| | TAGANA | T | T | T | S | R | S |
| Scenario melakukan evakuasi korban | PMI DESA | T | T | T | T | S | S |
| | TAGANA | T | T | T | S | R | S |

# BAB 6 PENUTUP

Bagian ini menjelaskan kesimpulan yang dapat ditarik dari penjabaran konseptualisasi solusi dan implementasi konsep yang telah dibahas pada beberapa bab sebelumnya. Selain itu, terdapat beberapa peluang penelitian selanjutnya yang akan dijelaskan pada bagian saran.

## 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model simulasi berbasis multi-agen untuk manajemen bencana alam tanah longsor tahap kesiapsiagaan. Tools yang digunakan dalam melakukan pemodelan multi-agen ini adalah menggunakan PDT (*Prometheus Design Tools*). Dengan menggunakan PDT karakteristik dan *behavioral* setiap individu agen menjadi lebih mudah untuk dimodelkan. Hasil akhir dari model PDT akan di generate menggunakan jackCode dan di implementasikan kedalam model simulasi menggunakan JADE (Java Agent DEvelopment Framework).
2. Hasil evaluasi karakteristik setiap individu agen menunjukkan bahwa karakteristik *autonomous*, *mental attitude* dan *proactive* agen dalam simulasi penanganan bencana alam tanah longsor ini sangat tinggi, yaitu mencapai 96%, 100% dan 96%. Akan tetapi untuk *reactive*, *concurrency* dan *collaborative* mempunyai nilai yang tidak terlalu tinggi. Hal ini dikarenakan individu agen yang dimodelkan memang tidak di rancang untuk kasus yang khusus seperti melakukan negosiasi antar agen.

## 6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Penelitian lebih lanjut bisa menambahkan unsur GUI dalam menampilkan simulasi bencana alam tanah longsor.
2. Penambahan Behavioral setiap agen menjadi lebih kompleks untuk mendapatkan hasil output model simulasi yang lebih detail.
3. Penelitian bisa lebih difokuskan pada satu aktifitas saja, seperti proses observasi atau evakuasi. Akan tetapi properties dan behavioral agen harus dibuat lebih detail agar simulasi yang dihasilkan menjadi lebih baik.

# DAFTAR RUJUKAN


Alonso, E. (2002). AI and agents: State of the art. AI Magazine, 23(3), 25-29.

Arnold, C. 1985. Damage estimates as a basis for urban earthquake disaster policy and planning.

Badica, C., Badita, A., Paprzycki, Ganzha M., 2006 a. Implementing rule-based mechanisms for agent-based price negotiations. Proceedings of the 2006 ACM Symposium on Applied Computing.

Bellifemine, F., Poggi, A. and Rimassa, G. Developing Multi Agent Systems with a FIPA-Compliant Agent Framework. In Software–Practice and Experience, John Wiley & Sons, Ltd, vol. 31, pp. 103–128, 2001.

Berkowitz, L. (1993). Aggression: Its Causes, Consequences, and Control. McGraw-Hill, New York.

Bernstein, B. A. et al. (2019) 'Evaluating the Effectiveness of Multi-Agent Organisational Paradigms in a Real-Time Strategy Environment', Ifaamas, 9, pp. 754–762. Available at: https://liquipedia.net/starcraft/Marine.

BNPB, 2017. Pedoman Pemyusunan Rencana Penanggulangan Bencana. Nomor 4 Tahun 2017.

Bordoni, Massimiliano, Claudia Meisina, Davide Zizioli, Roberto Valentino, Marco Bittelli, and Silvia Chersich. 2014. " Rainfall-Induced Landslides: Slope Stability Analysis Through Field Monitoring. " (June).

Crosetto, M., Crippa, B., Biescas, E., Monserrat, O., Agudo, M., & Fernández, P. (2005). State-of-the-art of land deformation monitoring using SAR interferometry. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 6, 497–510.

Cruden, D.M. "Simple Definition of Landslide".1991. On the International Association of ENGINEERING GEOLOGY. Paris.

G. Caire,. 2009 "Content-based multicasting using JADE," Int. J. Soft Comput., no. June, p. 22.

Horling, B., Horling, B. and Lesser, V. (2015) 'A survey of multi-agent organizational paradigms A Survey of Multi-Agent Organizational Paradigms', (August).

Jaziri, Wassim and Thierry Paquet. 2006. "A Multi-Agent Model and Tabu Search Optimization to Manage Agricultural Territories." 337–57.

Jennings, N. R., Sycara, K., & Wooldridge, M. A Roadmap of Agent Research and development. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems Journal (Eds.), Boston, Kluwer Academic Publishers, 1(1), 7-38. (1998).

Jennings, N. R., Faratin, P., Lomuscio, A.R, Parsons, S., Sierra, C. 2001 “Automated Negotiation : Prospects , Methods and Challenges,” no. Wooldridge 1997, pp. 199–215.

Jörg P. Müller and Klaus Fischer. 2014. Application Impact of Multi-agent Systems and Technologies: A Survey. In Agent-Oriented Software Engineering: Reflections on Architectures, Methodologies, Languages, and Frameworks, Onn Shehory and Arnon Sturm (Eds.). Springer Berlin Heidelberg, 27–53.

Louis V. and Martinez T. An Operational Model for the FIPA-ACL Semantics. Proceedings of the AAMAS’05 workshop on Agent Communication, pp. 101–113, Utrecht, the Netherlands, July 2005b.

Mazzanti, P., Brunetti, A., & Bretschneider, A. (2014). A new approach based on terrestrial remote-sensing techniques for rock fall hazard assessment. In M. Scaioni (Ed.), Modern technologies for landslide investigation and prediction (pp. 69–87). Berlin, Heidelberg: Springer.

Mukhopadhyay, B. (2015) ‘Use of Information Technology in Emergency and Disaster Management’, American Journal of Environmental Protection, 4(2), p. 101. doi: 10.11648/j.ajep.20150402.15.

Paimin, Sukresno dan Irfan budi pramono. 2009. Teknik mitigasi banjir dan tanah longsor. Balikpapan : Tropenbos internasional Indonesia programe.

Pickering, K. T. & Owen, L. A. 1997. An Introduction to Global Environmental Issues, 2nd ed. xxx + 512 pp. London, New York: Routledge. Price £17.99 (paperback). ISBN 0 415 14099 4.

Pradhan, S. P. and Siddique, T. (2019) ‘Mass wasting: An overview’, Advances in Natural and Technological Hazards Research, 50, pp. 3–20. doi: 10.1007/978-3-319-77377-3_1.

Roncella, R., & Forlani, G. (2014). A fixed terrestrial photogrammetric system for landslide monitoring. In M. Scaioni (Ed.), Modern technologies for landslide investigation and prediction (pp. 43–67). Berlin, Heidelberg: Springer.

Sakurai, M. and Murayama, Y. (2019) ‘Information technologies and disaster management – Benefits and issues -’, Progress in Disaster Science. The Authors, 2, p. 100012. doi: 10.1016/j.pdisas.2019.100012.

Scaioni, M., Feng, Y., Lu, P., Qiao, G., Tong, X., Li, R., et al. (2014a). Close-range photogrammetric techniques for deformation measurement: Applications to landslides. In M. Scaioni (Ed.), Modern technologies for landslide investigation and prediction (pp. 13–41). Berlin, Heidelberg: Springer.

Sekaran, Uma. 2000. Research Methods for business: A Skill Building Approach. Singapore: John Wiley & Sons, Inc.

Sugiono. 2011. Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.

Tang, Jian, Chengzhu Gong, Kejun Zhu, Can Liao, and Shuwen Zhang. 2017. "Multi-Agent Simulation of Search and Rescue in Landslide Based on Auction Mechanism." *Proceedings - 2016 International Conference on Agents, ICA 2016* 118–19.

Terzaghi. K, "Mechanisms of Landslides," Geotechnical Society of America, Berkeley, 1950, pp. 83-125.

Wang, H. B. et al. (2017) 'Application of a hybrid model of neural networks and genetic algorithms to evaluate landslide susceptibility', Geoenvironmental Disasters, 4(1). doi: 10.1186/s40677-017-0076-y.

Wooldridge, Michael J. 2002. *An Introduction to Multi-agent Sistems.* John Wiley & Sons Ltd.

Zhang, Jihang and Minjie Zhang. 2016. "A Decentralised Multi-Agent System for Emergency Resource Allocation in Metropolitan Regions (*Demonstration*)." 1482–84.

Zhang, L., Liao, M., Balz, T., Shi, X., & Jiang, Y. (2014). Monitoring landslide activities in the three gorges area with multi-frequency satellite SAR data sets. In M. Scaioni (Ed.), Modern technologies for landslide investigation and prediction (pp. 181–208). Berlin, Heidelberg: Springer.

# LAMPIRAN A EVALUASI KARAKTERISTIK

Evaluasi Karakteristik pada Skenario Melakukan Koordinasi

| Karakteristik Agen | Agen | | |
|---|---|---|---|
| ***Autonomous*** | INFORMASI | KEPALA DESA | TRC DESA |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk melakukan sebuah tindakan (*functionality*) berdasarkan tujuan (*goal*) yang dia miliki. | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai mekanisme pengambilan keputusan secara mandiri (*behavioral*) tanpa harus ada perintah secara langsung dari manusia ataupun agen yang lain | √ | √ | √ |
| 3. Dapat mengenali *environment* sistem dan dapat melakukan tindakan berdasarkan informasi yang diterima (*percept*) | × | √ | √ |
| ***Mental attitude*** | | | |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk mengambil sebuah keputusan berdasarkan kemampuanya terhadap sesuatu | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai keinginan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (*goal*) | √ | √ | √ |
| 3. Mempunyai sebuah rencana (*plan*) untuk menyelesaikan *goal* atau tujuan yang dia miliki dengan melakukan sebuah aksi (*action*) atau menerima sebuah informasi (*percept*) | √ | √ | √ |
| 4. Dapat mengenali sebuah aturan (*protocol*) dalam *environment* sistem. | √ | √ | √ |
| ***Proactive*** | | | |
| 1. Dapat mengirimkan atau menerima sebuah pesan dari agen atau *environment* dalam sistem | √ | √ | √ |
| 2. Dapat mengirimkan atau menerima pesan yang spesifik terhadap agen tertentu | √ | √ | √ |
| 3. Dapat menerima atau mengirimkan lebih dari satu pesan kepada agen lain atau *environment* di dalam sistem | × | √ | √ |
| ***Reactive*** | | | |
| 1. Dapat merespon apabila ada perubahan di dalam *environment* sistem | √ | √ | √ |
| 2. Dapat merespon (melakukan sebuah *action*) apabila ada perubahan di dalam | √ | √ | √ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| sistem yang secara langsung berpengaruh (*percept*) terhadap *goal* yang dia miliki<br>3. Dapat melakukan antisipasi apabila terjadi perubahan pada *environment* yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap goal yang dia miliki | × | √ | × |
| ***Concurrency*** | | | |
| 1. Mempunyai lebih dari satu *goal* dan *action* selama aktif dalam sistem | × | √ | √ |
| 2. Mampu melakukan komunikasi (pertukaran pesan) secara bersamaan dengan lebih dari satu agen | × | × | × |
| 3. Mampu menyelesaikan lebih dari satu *goal* secara bersamaan | × | × | × |
| ***Collaborative*** | | | |
| 1. Dapat melakukan komunikasi dengan agen yang lain, terkait dalam penyelesaian *goal* | √ | √ | √ |
| 2. Dapat melakukan kolaborasi dan koordinasi untuk menyelesaikan *goal* yang sama | × | √ | √ |
| 3. Dapat melakukan negosiasi untuk melakukan akuisisi terhadap *goal* yang sama | × | × | × |

Evaluasi Karakteristik pada Skenario Menentukan Status Bencana

| Karakteristik Agen | Agen | | |
|---|---|---|---|
| ***Autonomous*** | TRC DESA | KEPALA DESA | BPBD BATU |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk melakukan sebuah tindakan (*functionality*) berdasarkan tujuan (*goal*) yang dia miliki. | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai mekanisme pengambilan keputusan secara mandiri (*behavioral*) tanpa harus ada perintah secara langsung dari manusia ataupun agen yang lain | √ | √ | √ |
| 3. Dapat mengenali *environment* sistem dan dapat melakukan tindakan berdasarkan informasi yang diterima (*percept*) | √ | √ | √ |
| ***Mental attitude*** | | | |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk mengambil sebuah keputusan berdasarkan kemampuanya terhadap sesuatu | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai keinginan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (*goal*) | √ | √ | √ |
| 3. Mempunyai sebuah rencana (*plan*) untuk menyelesaikan *goal* atau tujuan yang dia miliki dengan melakukan sebuah aksi (*action*) atau menerima sebuah informasi (*percept*) | √ | √ | √ |
| 4. Dapat mengenali sebuah aturan (*protocol*) dalam *environment* sistem. | √ | √ | √ |
| ***Proactive*** | | | |
| 1. Dapat mengirimkan atau menerima sebuah pesan dari agen atau *environment* dalam sistem | √ | √ | √ |
| 2. Dapat mengirimkan atau menerima pesan yang spesifik terhadap agen tertentu | √ | √ | √ |
| 3. Dapat menerima atau mengirimkan lebih dari satu pesan kepada agen lain atau *environment* di dalam sistem | √ | √ | √ |
| ***Reactive*** | | | |
| 1. Dapat merespon apabila ada perubahan di dalam *environment* sistem | √ | √ | √ |
| 2. Dapat merespon (melakukan sebuah *action*) apabila ada perubahan di dalam sistem yang secara langsung berpengaruh (*percept*) terhadap *goal* yang dia miliki | √ | √ | √ |
| 3. Dapat melakukan antisipasi apabila terjadi perubahan pada *environment* yang secara | × | √ | × |

| | | | |
|---|---|---|---|
| tidak langsung berpengaruh terhadap goal yang dia miliki | | | |
| ***Concurrency*** | | | |
| 1. Mempunyai lebih dari satu *goal* dan *action* selama aktif dalam sistem | √ | √ | × |
| 2. Mampu melakukan komunikasi (pertukaran pesan) secara bersamaan dengan lebih dari satu agen | × | × | × |
| 3. Mampu menyelesaikan lebih dari satu *goal* secara bersamaan | × | √ | × |
| ***Collaborative*** | | | |
| 1. Dapat melakukan komunikasi dengan agen yang lain, terkait dalam penyelesaian *goal* | √ | √ | √ |
| 2. Dapat melakukan kolaborasi dan koordinasi untuk menyelesaikan *goal* yang sama | √ | √ | √ |
| 3. Dapat melakukan negosiasi untuk melakukan akuisisi terhadap *goal* yang sama | × | × | × |

Evaluasi Karakteristik pada Skenario Melakukan Observasi

| Karakteristik Agen | Agen | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Autonomous*** | TRC DESA | GEO INFORMASI | KEPALA DESA | LOKASI | KORBAN |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk melakukan sebuah tindakan (*functionality*) berdasarkan tujuan (*goal*) yang dia miliki. | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai mekanisme pengambilan keputusan secara mandiri (*behavioral*) tanpa harus ada perintah secara langsung dari manusia ataupun agen yang lain | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. Dapat mengenali *environment* sistem dan dapat melakukan tindakan berdasarkan informasi yang diterima (*percept*) | | | | | |
| ***Mental attitude*** | | | | | |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk mengambil sebuah keputusan berdasarkan kemampuanya terhadap sesuatu | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai keinginan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (*goal*) | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. Mempunyai sebuah rencana (*plan*) untuk menyelesaikan *goal* atau tujuan yang dia miliki dengan melakukan sebuah aksi (*action*) atau menerima sebuah informasi (*percept*) | √ | √ | √ | √ | √ |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. Dapat mengenali sebuah aturan (*protocol*) dalam *environment* sistem. | √ | √ | √ | √ | √ |
| ***Proactive*** | | | | | | |
| 1. Dapat mengirimkan atau menerima sebuah pesan dari agen atau *environment* dalam sistem | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. Dapat mengirimkan atau menerima pesan yang spesifik terhadap agen tertentu | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. Dapat menerima atau mengirimkan lebih dari satu pesan kepada agen lain atau *environment* di dalam sistem | √ | √ | √ | √ | √ |
| ***Reactive*** | | | | | | |
| 1. Dapat merespon apabila ada perubahan di dalam *environment* sistem | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. Dapat merespon (melakukan sebuah *action*) apabila ada perubahan di dalam sistem yang secara langsung berpengaruh (*percept*) terhadap *goal* yang dia miliki | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. Dapat melakukan antisipasi apabila terjadi perubahan pada *environment* yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap goal yang dia miliki | √ | × | √ | × | × |
| ***Concurrency*** | | | | | | |
| 1. Mempunyai lebih dari satu *goal* dan *action* selama aktif dalam sistem | √ | × | √ | × | × |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. Mampu melakukan komunikasi (pertukaran pesan) secara bersamaan dengan lebih dari satu agen | × | × | × | × | × |
| 3. Mampu menyelesaikan lebih dari satu *goal* secara bersamaan | √ | × | √ | × | × |
| ***Collaborative*** | | | | | |
| 1. Dapat melakukan komunikasi dengan agen yang lain, terkait dalam penyelesaian *goal* | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. Dapat melakukan kolaborasi dan koordinasi untuk menyelesaikan *goal* yang sama | √ | √ | √ | × | × |
| 3. Dapat melakukan negosiasi untuk melakukan akuisisi terhadap *goal* yang sama | × | × | × | × | × |

Evaluasi Karakteristik pada Skenario Aktifasi Posko Induk

| Karakteristik Agen | Agen | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Autonomous*** | BPBD BATU | KEPALA DESA | TRC DESA | HUNTARA | POSKO INDUK |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk melakukan sebuah tindakan (*functionality*) berdasarkan tujuan (*goal*) yang dia miliki. | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai mekanisme pengambilan keputusan secara mandiri (*behavioral*) tanpa harus ada perintah secara langsung dari manusia ataupun agen yang lain | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. Dapat mengenali *environment* sistem dan dapat melakukan tindakan berdasarkan informasi yang diterima (*percept*) | √ | √ | √ | √ | √ |
| ***Mental attitude*** | | | | | |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk mengambil sebuah keputusan berdasarkan kemampuanya terhadap sesuatu | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai keinginan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (*goal*) | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. Mempunyai sebuah rencana (*plan*) untuk menyelesaikan *goal* atau tujuan yang dia miliki dengan melakukan sebuah aksi (*action*) atau menerima sebuah informasi (*percept*) | √ | √ | √ | √ | √ |
| 4. Dapat mengenali sebuah aturan (*protocol*) dalam *environment* sistem. | √ | √ | √ | √ | √ |
| ***Proactive*** | | | | | |
| 1. Dapat mengirimkan atau menerima sebuah pesan | √ | √ | √ | √ | √ |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | dari agen atau *environment* dalam sistem | | | | | |
| 2. | Dapat mengirimkan atau menerima pesan yang spesifik terhadap agen tertentu | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. | Dapat menerima atau mengirimkan lebih dari satu pesan kepada agen lain atau *environment* di dalam sistem | √ | √ | √ | √ | √ |
| ***Reactive*** | | | | | | |
| 1. | Dapat merespon apabila ada perubahan di dalam *environment* sistem | √ | √ | √ | √ | √ |
| 2. | Dapat merespon (melakukan sebuah *action*) apabila ada perubahan di dalam sistem yang secara langsung berpengaruh (*percept*) terhadap *goal* yang dia miliki | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. | Dapat melakukan antisipasi apabila terjadi perubahan pada *environment* yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap goal yang dia miliki | × | √ | √ | × | √ |
| ***Concurrency*** | | | | | | |
| 1. | Mempunyai lebih dari satu *goal* dan *action* selama aktif dalam sistem | × | √ | √ | × | √ |
| 2. | Mampu melakukan komunikasi (pertukaran pesan) secara bersamaan dengan lebih dari satu agen | × | × | × | × | × |
| 3. | Mampu menyelesaikan lebih dari satu *goal* secara bersamaan | × | √ | √ | × | √ |
| ***Collaborative*** | | | | | | |
| 1. | Dapat melakukan komunikasi dengan agen | √ | √ | √ | √ | √ |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | yang lain, terkait dalam penyelesaian *goal* | | | | | |
| 2. | Dapat melakukan kolaborasi dan koordinasi untuk menyelesaikan *goal* yang sama | √ | √ | √ | √ | √ |
| 3. | Dapat melakukan negosiasi untuk melakukan akuisisi terhadap *goal* yang sama | × | × | × | × | × |

Evaluasi Karakteristik pada Skenario Penyelamatan Korban

| Karakteristik Agen | Agen | | |
|---|---|---|---|
| ***Autonomous*** | BRANTAS RESQUE | PMI DESA | TAGANA |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk melakukan sebuah tindakan (*functionality*) berdasarkan tujuan (*goal*) yang dia miliki. | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai mekanisme pengambilan keputusan secara mandiri (*behavioral*) tanpa harus ada perintah secara langsung dari manusia ataupun agen yang lain | √ | √ | √ |
| 3. Dapat mengenali *environment* sistem dan dapat melakukan tindakan berdasarkan informasi yang diterima (*percept*) | √ | √ | √ |
| ***Mental attitude*** | | | |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk mengambil sebuah keputusan berdasarkan kemampuanya terhadap sesuatu | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai keinginan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (*goal*) | √ | √ | √ |
| 3. Mempunyai sebuah rencana (*plan*) untuk menyelesaikan *goal* atau tujuan yang dia miliki dengan melakukan sebuah aksi (*action*) atau menerima sebuah informasi (*percept*) | √ | √ | √ |
| 4. Dapat mengenali sebuah aturan (*protocol*) dalam *environment* sistem. | √ | √ | √ |
| ***Proactive*** | | | |
| 1. Dapat mengirimkan atau menerima sebuah pesan dari agen atau *environment* dalam sistem | √ | √ | √ |
| 2. Dapat mengirimkan atau menerima pesan yang spesifik terhadap agen tertentu | √ | √ | √ |
| 3. Dapat menerima atau mengirimkan lebih dari satu pesan kepada agen lain atau *environment* di dalam sistem | √ | √ | √ |
| ***Reactive*** | | | |
| 1. Dapat merespon apabila ada perubahan di dalam *environment* sistem | √ | √ | √ |
| 2. Dapat merespon (melakukan sebuah *action*) apabila ada perubahan di dalam | √ | √ | √ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| sistem yang secara langsung berpengaruh (*percept*) terhadap *goal* yang dia miliki<br>3. Dapat melakukan antisipasi apabila terjadi perubahan pada *environment* yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap goal yang dia miliki | √ | √ | × |
| ***Concurrency*** | | | |
| 1. Mempunyai lebih dari satu *goal* dan *action* selama aktif dalam sistem | √ | √ | √ |
| 2. Mampu melakukan komunikasi (pertukaran pesan) secara bersamaan dengan lebih dari satu agen | × | × | × |
| 3. Mampu menyelesaikan lebih dari satu *goal* secara bersamaan | × | √ | × |
| ***Collaborative*** | | | |
| 1. Dapat melakukan komunikasi dengan agen yang lain, terkait dalam penyelesaian *goal* | √ | √ | √ |
| 2. Dapat melakukan kolaborasi dan koordinasi untuk menyelesaikan *goal* yang sama | √ | √ | √ |
| 3. Dapat melakukan negosiasi untuk melakukan akuisisi terhadap *goal* yang sama | × | × | × |

Evaluasi Karakteristik pada Skenario Melakukan Pertolongan Pertama

| Karakteristik Agen | Agen | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***Autonomous*** | POSKO INDUK | BRANTAS RESCUE | PMI DESA | TAGANA |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk melakukan sebuah tindakan (*functionality*) berdasarkan tujuan (*goal*) yang dia miliki. | √ | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai mekanisme pengambilan keputusan secara mandiri (*behavioral*) tanpa harus ada perintah secara langsung dari manusia ataupun agen yang lain | √ | √ | √ | √ |
| 3. Dapat mengenali *environment* sistem dan dapat melakukan tindakan berdasarkan informasi yang diterima (*percept*) | √ | √ | √ | √ |
| ***Mental attitude*** | | | | |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk mengambil sebuah keputusan berdasarkan kemampuanya terhadap sesuatu | √ | √ | √ | √ |
| 2. Mempunyai keinginan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (*goal*) | √ | √ | √ | √ |
| 3. Mempunyai sebuah rencana (*plan*) untuk menyelesaikan *goal* atau tujuan yang dia miliki dengan melakukan sebuah aksi (*action*) atau menerima sebuah informasi (*percept*) | √ | √ | √ | √ |
| 4. Dapat mengenali sebuah aturan (*protocol*) dalam *environment* sistem. | √ | √ | √ | √ |
| ***Proactive*** | | | | |
| 1. Dapat mengirimkan atau menerima sebuah pesan dari agen atau *environment* dalam sistem | √ | √ | √ | √ |
| 2. Dapat mengirimkan atau menerima pesan yang spesifik terhadap agen tertentu | √ | √ | √ | √ |
| 3. Dapat menerima atau mengirimkan lebih dari satu | √ | √ | √ | √ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| pesan kepada agen lain atau *environment* di dalam sistem | | | | |
| ***Reactive*** | | | | |
| 1. Dapat merespon apabila ada perubahan di dalam *environment* sistem | √ | √ | √ | √ |
| 2. Dapat merespon (melakukan sebuah *action*) apabila ada perubahan di dalam sistem yang secara langsung berpengaruh (*percept*) terhadap *goal* yang dia miliki | √ | √ | √ | √ |
| 3. Dapat melakukan antisipasi apabila terjadi perubahan pada *environment* yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap goal yang dia miliki | √ | √ | √ | × |
| ***Concurrency*** | | | | |
| 1. Mempunyai lebih dari satu *goal* dan *action* selama aktif dalam sistem | √ | √ | √ | √ |
| 2. Mampu melakukan komunikasi (pertukaran pesan) secara bersamaan dengan lebih dari satu agen | × | × | × | × |
| 3. Mampu menyelesaikan lebih dari satu *goal* secara bersamaan | √ | × | √ | × |
| ***Collaborative*** | | | | |
| 1. Dapat melakukan komunikasi dengan agen yang lain, terkait dalam penyelesaian *goal* | √ | √ | √ | √ |
| 2. Dapat melakukan kolaborasi dan koordinasi untuk menyelesaikan *goal* yang sama | √ | √ | √ | √ |
| 3. Dapat melakukan negosiasi untuk melakukan akuisisi terhadap *goal* yang sama | × | × | × | × |

Evaluasi Karakteristik pada Skenario Melakukan Evakuasi Korban

| Karakteristik Agen | Agen | |
|---|---|---|
| ***Autonomous*** | PMI DESA | TAGANA |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk melakukan sebuah tindakan (*functionality*) berdasarkan tujuan (*goal*) yang dia miliki. | √ | √ |
| 2. Mempunyai mekanisme pengambilan keputusan secara mandiri (*behavioral*) tanpa harus ada perintah secara langsung dari manusia ataupun agen yang lain | √ | √ |
| 3. Dapat mengenali *environment* sistem dan dapat melakukan tindakan berdasarkan informasi yang diterima (*percept*) | √ | √ |
| ***Mental attitude*** | | |
| 1. Mempunyai kemampuan untuk mengambil sebuah keputusan berdasarkan kemampuanya terhadap sesuatu | √ | √ |
| 2. Mempunyai keinginan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (*goal*) | √ | √ |
| 3. Mempunyai sebuah rencana (*plan*) untuk menyelesaikan *goal* atau tujuan yang dia miliki dengan melakukan sebuah aksi (*action*) atau menerima sebuah informasi (*percept*) | √ | √ |
| 4. Dapat mengenali sebuah aturan (*protocol*) dalam *environment* sistem. | √ | √ |
| ***Proactive*** | | |
| 1. Dapat mengirimkan atau menerima sebuah pesan dari agen atau *environment* dalam sistem | √ | √ |
| 2. Dapat mengirimkan atau menerima pesan yang spesifik terhadap agen tertentu | √ | √ |
| 3. Dapat menerima atau mengirimkan lebih dari satu pesan kepada agen lain atau *environment* di dalam sistem | √ | √ |
| ***Reactive*** | | |
| 1. Dapat merespon apabila ada perubahan di dalam *environment* sistem | √ | √ |
| 2. Dapat merespon (melakukan sebuah *action*) apabila ada perubahan di dalam sistem yang secara langsung berpengaruh (*percept*) terhadap *goal* yang dia miliki | √ | √ |
| 3. Dapat melakukan antisipasi apabila terjadi perubahan pada *environment* yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap goal yang dia miliki | √ | × |
| ***Concurrency*** | | |

| | | |
|---|---|---|
| 1. Mempunyai lebih dari satu *goal* dan *action* selama aktif dalam sistem | √ | √ |
| 2. Mampu melakukan komunikasi (pertukaran pesan) secara bersamaan dengan lebih dari satu agen | × | × |
| 3. Mampu menyelesaikan lebih dari satu *goal* secara bersamaan | √ | × |
| ***Collaborative*** | | |
| 1. Dapat melakukan komunikasi dengan agen yang lain, terkait dalam penyelesaian *goal* | √ | √ |
| 2. Dapat melakukan kolaborasi dan koordinasi untuk menyelesaikan *goal* yang sama | √ | √ |
| 3. Dapat melakukan negosiasi untuk melakukan akuisisi terhadap *goal* yang sama | × | × |

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

# LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN INSTRUMEN PENELITIAN

## 1. Hasil Kuesioner Wawancara

Rekapitulasi Data Responden untuk Semua Variabel Wawancara

| NO RESPONDEN | TANAH LONGSOR | | | | | JML | KERANGKA KERJA | | | | | JML | MANAJEMEN BENCANA | | | | | JML | KESIAPSIAGAAN | | | | | JML | TEKNOLOGI | | | | | JML | JUMLAH TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 13 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 14 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 17 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 18 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 21 | 15 |
| 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | 5 | 19 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 13 | 2 | 3 | 3 | 5 | 3 | 16 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 19 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 16 | 18 |
| 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 17 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 16 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 17 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 17 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 | 20 | 17 |
| 4 | 3 | 5 | 2 | 3 | 5 | 18 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 16 | 3 | 4 | 2 | 5 | 3 | 17 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 16 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 22 | 16 |
| 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 14 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 14 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | 15 |
| 6 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 17 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 18 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 18 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 22 | 16 |
| 7 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 22 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 23 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 20 | 5 | 4 | 3 | 3 | 5 | 20 | 17 |
| 8 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 16 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 16 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 17 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 17 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 21 | 17 |
| 9 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 18 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 19 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 4 | 4 | 3 | 4 | 5 | 20 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 21 | 19 |
| 10 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 23 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 24 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 23 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 18 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 18 | 21 |
| 11 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 16 | 3 | 5 | 3 | 3 | 2 | 16 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 15 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 16 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 15 | 17 |
| 12 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 19 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 21 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 23 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 19 | 20 |
| 13 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 | 21 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 21 | 5 | 3 | 4 | 5 | 5 | 22 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 18 | 20 |
| 14 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 23 | 4 | 5 | 3 | 3 | 5 | 20 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 23 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 18 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 17 | 21 |
| 15 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 13 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 14 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 19 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 24 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 18 |
| 16 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 19 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 24 | 5 | 4 | 5 | 3 | 4 | 21 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 18 | 4 | 3 | 4 | 5 | 4 | 20 | 21 |
| **JUMLAH** | **57** | **64** | **53** | **61** | **64** | **299** | **56** | **58** | **54** | **52** | **57** | **277** | **61** | **63** | **53** | **64** | **61** | **302** | **55** | **59** | **60** | **57** | **67** | **298** | **63** | **63** | **62** | **59** | **63** | **310** | **288** |

## 2. Hasil Uji Koefisien Korelasi Terhadap Data Kuesioner Wawancara

Rekapitulasi Data Responden untuk Variabel Tanah Longsor

| No | Pertanyaan 1 | | | | | Pertanyaan 2 | | | | | Pertanyaan 3 | | | | | Pertanyaan 4 | | | | | Pertanyaan 5 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY |
| 1 | 2 | 13 | 4 | 169 | 26 | 3 | 13 | 9 | 169 | 39 | 2 | 13 | 4 | 169 | 26 | 3 | 13 | 9 | 169 | 39 | 3 | 13 | 9 | 169 | 39 |
| 2 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 | 5 | 19 | 25 | 361 | 95 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 2 | 19 | 4 | 361 | 38 | 5 | 19 | 25 | 361 | 95 |
| 3 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 |
| 4 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 5 | 18 | 25 | 324 | 90 | 2 | 18 | 4 | 324 | 36 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 5 | 18 | 25 | 324 | 90 |
| 5 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 |
| 6 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 |
| 7 | 3 | 22 | 9 | 484 | 66 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 | 4 | 22 | 16 | 484 | 88 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 |
| 8 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 |
| 9 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 |
| 10 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 |
| 11 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 2 | 16 | 4 | 256 | 32 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 |
| 12 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 |
| 13 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 |
| 14 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 |
| 15 | 2 | 13 | 4 | 169 | 26 | 3 | 13 | 9 | 169 | 39 | 2 | 13 | 4 | 169 | 26 | 3 | 13 | 9 | 169 | 39 | 3 | 13 | 9 | 169 | 39 |
| 16 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 | 5 | 19 | 25 | 361 | 95 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 |
| **Jumlah (Σ)** | **57** | **299** | **215** | **5815** | **1104** | **64** | **299** | **270** | **5815** | **1242** | **53** | **299** | **191** | **5815** | **1041** | **61** | **299** | **249** | **5815** | **1186** | **64** | **299** | **270** | **5815** | **1242** |

Rekapitulasi r hitung dan t hitung untuk variabel Tanah Longsor

| NO | Keterangan | Pertanyaan 1 | Pertanyaan 2 | Pertanyaan 3 | Pertanyaan 4 | Pertanyaan 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Pembilang | 621 | 736 | 809 | 737 | 736 |
| 2 | Penyebut | 695049 | 815136 | 898833 | 957057 | 815136 |
| 3 | Akar Penyebut | 834 | 903 | 948 | 978 | 903 |
| 4 | r Hitung (KR) | 0.7449 | 0.8152 | 0.8533 | 0.7534 | 0.8152 |
| 5 | t Hitung | 4.1772 | 5.2664 | 6.1236 | 4.2864 | 5.2664 |

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

Rekapitulasi Data Responden untuk Variabel Kerangka Kerja

| No | Pertanyaan 1 | | | | | Pertanyaan 2 | | | | | Pertanyaan 3 | | | | | Pertanyaan 4 | | | | | Pertanyaan 5 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY |
| 1 | 2 | 14 | 4 | 196 | 28 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 |
| 2 | 4 | 13 | 16 | 169 | 52 | 3 | 13 | 9 | 169 | 39 | 2 | 13 | 4 | 169 | 26 | 2 | 13 | 4 | 169 | 26 | 2 | 13 | 4 | 169 | 26 |
| 3 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 |
| 4 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 |
| 5 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 |
| 6 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 |
| 7 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 |
| 8 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 |
| 9 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 |
| 10 | 4 | 24 | 16 | 576 | 96 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 |
| 11 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 5 | 16 | 25 | 256 | 80 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 2 | 16 | 4 | 256 | 32 |
| 12 | 5 | 19 | 25 | 361 | 95 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 5 | 19 | 25 | 361 | 95 |
| 13 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 | 3 | 21 | 9 | 441 | 63 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 | 3 | 21 | 9 | 441 | 63 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 |
| 14 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 5 | 20 | 25 | 400 | 100 | 3 | 20 | 9 | 400 | 60 | 3 | 20 | 9 | 400 | 60 | 5 | 20 | 25 | 400 | 100 |
| 15 | 2 | 14 | 4 | 196 | 28 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 |
| 16 | 4 | 24 | 16 | 576 | 96 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 |
| Jumlah (Σ) | 56 | 277 | 208 | 4975 | 996 | 58 | 277 | 222 | 4975 | 1034 | 54 | 277 | 194 | 4975 | 975 | 52 | 277 | 178 | 4975 | 933 | 57 | 277 | 221 | 4975 | 1037 |

Rekapitulasi r hitung dan t hitung untuk variabel Kerangka Kerja

| NO | Keterangan | Pertanyaan 1 | Pertanyaan 2 | Pertanyaan 3 | Pertanyaan 4 | Pertanyaan 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Pembilang | 424 | 478 | 642 | 524 | 803 |
| 2 | Penyebut | 551232 | 539748 | 539748 | 413424 | 823977 |
| 3 | Akar Penyebut | 742 | 735 | 735 | 643 | 908 |
| 4 | r Hitung (KR) | 0.5711 | 0.6506 | 0.8739 | 0.8150 | 0.8846 |
| 5 | t Hitung | 2.6030 | 3.2057 | 6.7251 | 5.2617 | 7.0982 |

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Rekapitulasi Data Responden untuk Variabel Manajemen Bencana

| No | Pertanyaan 1 | | | | | Pertanyaan 2 | | | | | Pertanyaan 3 | | | | | Pertanyaan 4 | | | | | Pertanyaan 5 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY |
| 1 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 |
| 2 | 5 | 2 | 25 | 4 | 10 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 5 | 16 | 25 | 256 | 80 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 |
| 3 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 |
| 4 | 5 | 3 | 25 | 9 | 15 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 2 | 17 | 4 | 289 | 34 | 5 | 17 | 25 | 289 | 85 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 |
| 5 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 2 | 14 | 4 | 196 | 28 |
| 6 | 4 | 3 | 16 | 9 | 12 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 |
| 7 | 5 | 3 | 25 | 9 | 15 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 3 | 23 | 9 | 529 | 69 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 |
| 8 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 |
| 9 | 4 | 4 | 16 | 16 | 16 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 |
| 10 | 5 | 5 | 25 | 25 | 25 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 |
| 11 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 2 | 15 | 4 | 225 | 30 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 |
| 12 | 5 | 3 | 25 | 9 | 15 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 3 | 21 | 9 | 441 | 63 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 |
| 13 | 5 | 3 | 25 | 9 | 15 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 3 | 21 | 9 | 441 | 63 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 |
| 14 | 5 | 3 | 25 | 9 | 15 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 |
| 15 | 3 | 3 | 9 | 9 | 9 | 5 | 19 | 25 | 361 | 95 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 5 | 19 | 25 | 361 | 95 |
| 16 | 3 | 5 | 9 | 25 | 15 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 | 3 | 21 | 9 | 441 | 63 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 |
| Jumlah (Σ) | 64 | 52 | 270 | 178 | 207 | 63 | 302 | 253 | 5828 | 1205 | 53 | 302 | 189 | 5828 | 1028 | 64 | 302 | 270 | 5828 | 1232 | 61 | 302 | 241 | 5828 | 1174 |

Rekapitulasi r hitung dan t hitung untuk variabel Manajemen Bencana

| NO | Keterangan | Pertanyaan 1 | Pertanyaan 2 | Pertanyaan 3 | Pertanyaan 4 | Pertanyaan 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Pembilang | 602 | 254 | 442 | 384 | 362 |
| 2 | Penyebut | 537572 | 161476 | 439460 | 457856 | 275940 |
| 3 | Akar Penyebut | 733 | 402 | 663 | 677 | 525 |
| 4 | r Hitung (KR) | 0.8211 | 0.6321 | 0.6667 | 0.5675 | 0.6891 |
| 5 | t Hitung | 5.3819 | 3.0521 | 3.3474 | 2.5789 | 3.5583 |

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

Rekapitulasi Data Responden untuk Variabel Kesiapsiagaan

| No | Pertanyaan 1 | | | | | Pertanyaan 2 | | | | | Pertanyaan 3 | | | | | Pertanyaan 4 | | | | | Pertanyaan 5 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY |
| 1 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 |
| 2 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 5 | 19 | 25 | 361 | 95 | 5 | 19 | 25 | 361 | 95 |
| 3 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 |
| 4 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 |
| 5 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 2 | 14 | 4 | 196 | 28 | 2 | 14 | 4 | 196 | 28 | 3 | 14 | 9 | 196 | 42 | 4 | 14 | 16 | 196 | 56 |
| 6 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 |
| 7 | 3 | 20 | 9 | 400 | 60 | 5 | 20 | 25 | 400 | 100 | 5 | 20 | 25 | 400 | 100 | 3 | 20 | 9 | 400 | 60 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 |
| 8 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 |
| 9 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 3 | 20 | 9 | 400 | 60 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 5 | 20 | 25 | 400 | 100 |
| 10 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 |
| 11 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 |
| 12 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 | 4 | 23 | 16 | 529 | 92 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 | 5 | 23 | 25 | 529 | 115 |
| 13 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 | 3 | 22 | 9 | 484 | 66 | 4 | 22 | 16 | 484 | 88 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 |
| 14 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 |
| 15 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 5 | 24 | 25 | 576 | 120 | 4 | 24 | 16 | 576 | 96 |
| 16 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 |
| Jumlah (Σ) | 55 | 298 | 199 | 5656 | 1052 | 59 | 298 | 227 | 5656 | 1118 | 60 | 298 | 234 | 5656 | 1137 | 57 | 298 | 215 | 5656 | 1090 | 67 | 298 | 285 | 5656 | 1259 |

Rekapitulasi r hitung dan t hitung untuk variabel Kesiapsiagaan

| NO | Keterangan | Pertanyaan 1 | Pertanyaan 2 | Pertanyaan 3 | Pertanyaan 4 | Pertanyaan 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Pembilang | 442 | 306 | 312 | 454 | 178 |
| 2 | Penyebut | 269028 | 255492 | 243648 | 323172 | 120132 |
| 3 | Akar Penyebut | 519 | 505 | 494 | 568 | 347 |
| 4 | r Hitung (KR) | 0.8522 | 0.6054 | 0.6321 | 0.7986 | 0.5136 |
| 5 | t Hitung | 6.0934 | 2.8459 | 3.0520 | 4.9650 | 2.2394 |

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

Rekapitulasi Data Responden untuk Variabel Teknologi

| No | Pertanyaan 1 | | | | | Pertanyaan 2 | | | | | Pertanyaan 3 | | | | | Pertanyaan 4 | | | | | Pertanyaan 5 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY |
| 1 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 | 3 | 21 | 9 | 441 | 63 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 |
| 2 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 | 4 | 16 | 16 | 256 | 64 | 3 | 16 | 9 | 256 | 48 |
| 3 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 5 | 20 | 25 | 400 | 100 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 3 | 20 | 9 | 400 | 60 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 |
| 4 | 4 | 22 | 16 | 484 | 88 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 | 4 | 22 | 16 | 484 | 88 | 4 | 22 | 16 | 484 | 88 |
| 5 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 |
| 6 | 4 | 22 | 16 | 484 | 88 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 | 4 | 22 | 16 | 484 | 88 | 5 | 22 | 25 | 484 | 110 | 4 | 22 | 16 | 484 | 88 |
| 7 | 5 | 20 | 25 | 400 | 100 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 3 | 20 | 9 | 400 | 60 | 3 | 20 | 9 | 400 | 60 | 5 | 20 | 25 | 400 | 100 |
| 8 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 |
| 9 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 5 | 21 | 25 | 441 | 105 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 | 4 | 21 | 16 | 441 | 84 |
| 10 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 |
| 11 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 | 3 | 15 | 9 | 225 | 45 |
| 12 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 | 3 | 19 | 9 | 361 | 57 | 4 | 19 | 16 | 361 | 76 |
| 13 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 3 | 18 | 9 | 324 | 54 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 | 4 | 18 | 16 | 324 | 72 |
| 14 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 3 | 17 | 9 | 289 | 51 | 4 | 17 | 16 | 289 | 68 |
| 15 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 | 5 | 25 | 25 | 625 | 125 |
| 16 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 3 | 20 | 9 | 400 | 60 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 | 5 | 20 | 25 | 400 | 100 | 4 | 20 | 16 | 400 | 80 |
| Jumlah (Σ) | 63 | 310 | 253 | 6120 | 1239 | 63 | 310 | 261 | 6120 | 1252 | 62 | 310 | 250 | 6120 | 1228 | 59 | 310 | 227 | 6120 | 1162 | 63 | 310 | 253 | 6120 | 1239 |

Rekapitulasi r hitung dan t hitung untuk variabel Teknologi

| NO | Keterangan | Pertanyaan 1 | Pertanyaan 2 | Pertanyaan 3 | Pertanyaan 4 | Pertanyaan 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Pembilang | 294 | 502 | 428 | 302 | 294 |
| 2 | Penyebut | 143780 | 376740 | 283920 | 274820 | 143780 |
| 3 | Akar Penyebut | 379 | 614 | 533 | 524 | 379 |
| 4 | r Hitung (KR) | 0.7754 | 0.8179 | 0.8032 | 0.5761 | 0.7754 |
| 5 | t Hitung | 4.5938 | 5.3183 | 5.0456 | 2.6370 | 4.5938 |

**Hasil Uji Validitas Wawancara**

| NO | KOEFISIEN KORELASI (r hitung) | T HITUNG | T TABEL | KEPUTUSAN |
|---|---|---|---|---|
| **VARIABEL 1 TANAH LONGSOR** | | | | |
| 1 | 0.745 | 4.177 | 2.145 | VALID |
| 2 | 0.815 | 5.266 | 2.145 | VALID |
| 3 | 0.853 | 6.124 | 2.145 | VALID |
| 4 | 0.753 | 4.286 | 2.145 | VALID |
| 5 | 0.815 | 5.266 | 2.145 | VALID |
| **VARIABEL 2 KERANGKA KERJA** | | | | |
| 6 | 0.571 | 2.603 | 2.145 | VALID |
| 7 | 0.651 | 3.206 | 2.145 | VALID |
| 8 | 0.874 | 6.725 | 2.145 | VALID |
| 9 | 0.815 | 5.262 | 2.145 | VALID |
| 10 | 0.885 | 7.098 | 2.145 | VALID |
| **VARIABEL 3 MANAJEMEN BENCANA** | | | | |
| 11 | 0.821 | 5.382 | 2.145 | VALID |
| 12 | 0.632 | 3.052 | 2.145 | VALID |
| 13 | 0.667 | 3.347 | 2.145 | VALID |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 14 | 0.568 | 2.579 | 2.145 | VALID |
| 15 | 0.689 | 3.558 | 2.145 | VALID |
| **VARIABEL 4 KESIAPSIAGAAN** | | | | |
| 16 | 0.852 | 6.093 | 2.145 | VALID |
| 17 | 0.605 | 2.846 | 2.145 | VALID |
| 18 | 0.632 | 3.052 | 2.145 | VALID |
| 19 | 0.799 | 4.965 | 2.145 | VALID |
| 20 | 0.514 | 2.239 | 2.145 | VALID |
| **VARIABEL 5 TEKNOLOGI** | | | | |
| 21 | 0.775 | 4.594 | 2.145 | VALID |
| 22 | 0.818 | 5.318 | 2.145 | VALID |
| 23 | 0.803 | 5.046 | 2.145 | VALID |
| 24 | 0.576 | 2.637 | 2.145 | VALID |
| 25 | 0.775 | 4.594 | 2.145 | VALID |

## 3. Hasil Uji Reliabilitas Wawancara

Hasil pengujian reliabilitas instrumen pada semua variabel

| Langkah | Keterangan | VARIABEL | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Tanah Longsor | Kerangka Kerja | Manajemen Bencana | Kesiap siagaan | Teknologi |
| 1 | Menghitung varian skor tiap item | S1 | -0.107 | -0.071 | 0.062 | -0.178 | -0.773 |
| | | S2 | -0.204 | -0.151 | -0.773 | -0.338 | -0.240 |
| | | S3 | 0.249 | -0.027 | 0.116 | -0.400 | -0.418 |
| | | S4 | 0.062 | -0.151 | -0.204 | -0.107 | -0.338 |
| | | S5 | -0.204 | 0.293 | -0.471 | -0.951 | -0.773 |
| 2 | Menjumlahkan varians semuai item | -0.204 | | -0.107 | -1.271 | -1.973 | -2.542 |
| 3 | Menghitung varians total | -9.671 | | -9.351 | -16.818 | -17.618 | -19.111 |
| 4 | Menghitung nilai alpha atau r 11 | 1.224 | | 1.236 | 1.156 | 1.110 | 1.084 |
| 5 | Menghitung derajat kebebasan = n -1 = 16 -1 = 15 | | | | | | |
| 6 | Membandingkan r 11 dengan r tabel, SIGN 5% | 0.514 | | 0.514 | 0.514 | 0.514 | 0.514 |
| STATUS | | RELIABEL | | RELIABEL | RELIABEL | RELIABEL | RELIABEL |

Rekapitulasi reliabilitas metode alpha

| REKAPITULASI RELIABILITAS METODE ALPHA | | | |
|---|---|---|---|
| | r11 | r tabel | hasil |
| VARIABEL 1 | 1.224 | 0.532 | reliabel |
| VARIABEL 2 | 1.236 | 0.532 | reliabel |
| VARIABEL 3 | 1.156 | 0.532 | reliabel |
| VARIABEL 4 | 1.11 | 0.532 | reliabel |
| VARIABEL 5 | 1.084 | 0.532 | reliabel |