

ANALISIS MODEL SISTEM DINAMIS HUMANITARIAN LOGISTIK STUDI KASUS: BANTUAN LOGISTIK PASCA BENCANA LETUSAN GUNUNG API MERAPI SLEMAN DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Aurelia Satya Dianingrum¹, Rakyan Abhiseka Bhairawa Anoraga², Muhammad Ferdian Sugandi³

Fakultas Logistik, Teknologi, dan Bisnis, Universitas Logistik dan Bisnis Internasional

Correspondence		
Email: aureliasatya05@gmail.com ¹ , rakyananoraga@gmail.com ² muhammadferdian190202@gmail.com ³	No. Telp:	
Submitted 26 Januari 2024	Accepted 1 Februari 2024	Published 2 februari 2024

Abstrak

Makalah ini telah membahas mengenai pendistribusian logistik bencana untuk para korban letusan Gunung Merapi. Pembangunan model berdasarkan pada studi kasus situasi nyata di Kota Sleman dan sekitarnya. Tujuan dari studi ini adalah menyelidiki berbagai efek dari perilaku operasi-operasi logistik bantuan bencana yang diakibatkan oleh letusan gunung berapi di Kota Sleman menggunakan model simulasi sistem dinamis. Studi ini telah berhasil membangun model simulasi untuk menganalisis operasi logistik bencana letusan gunung berapi. Pembangunan model telah dilakukan dengan mempelajari kejadian letusan gunung berapi pada 10 Oktober 2010 di Kota Sleman, DIY. Verifikasi dan validasi model telah berhasil dilakukan dengan cara merumuskan dua skenario operasi logistik bantuan bencana. Keterbatasan relawan dan transportasi menimbulkan hambatan pengadaan komoditas bagi pengungsi. Hasil-hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan jumlah relawan mahasiswa dan transportasi mampu membuat pendistribusian bantuan lebih merata.

Kata kunci: logistik bencana, simulasi, sistem dinamis, Gunung Merapi

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak pada zona rawan bencana karena secara geologis terletak pada pertemuan tiga lempeng/kulit bumi aktif yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Euro-Asia, dan lempeng Pasifik yang bergerak dan saling bertumbukan sehingga menimbulkan jalur gempa bumi dan rangkaian gunung api aktif (BNPB, 2010). Di Indonesia terdapat 129 gunung berapi aktif, 70 diantaranya digolongkan sangat berbahaya. Secara historis letusan gunung api merupakan bencana yang menyebabkan timbulnya korban jiwa terbesar kedua di Indonesia setelah gempa bumi dan tsunami.

Gunung Merapi terletak di perbatasan Provinsi Jawa Tengah dan D. I. Yogyakarta dan merupakan salah satu gunung berapi paling aktif di Indonesia. Pada tahun 2010, Gunung Merapi meletus dengan skala letusan yang besar dan menimbulkan

bencana yang luar biasa. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) tercatat jumlah korban tewas dari bencana letusan Gunung Merapi tersebut mencapai 386 korban jiwa dan jumlah pengungsi sebanyak 279.702 jiwa. Bencana tersebut juga menyebabkan aktivitas warga yang terdampak letusan Gunung Merapi menjadi lumpuh dan menerima kerugian materi yang sangat besar.

Menurut Gustavsson (dalam Martha, 2021)), bencana alam tidak hanya merusak bangunan secara fisik, namun juga akan mempengaruhi mental dan keadaan sosial dari masyarakat yang terkena bencana. Kekurangan makanan, obat-obatan, penyebaran penyakit pasca bencana, dan kebutuhan untuk tempat berlindung sebagai pengganti rumah yang tidak bisa ditempati menyebabkan keadaan sosial di masyarakat

menjadi berbeda dengan keadaan sebelum bencana. Keadaan sosial yang

terpengaruh oleh bencana ini bisa diperparah dengan lambatnya penanganan korban bencana dan pengiriman bantuan (Duran (dalam Martha, 2021)). Keadaan ini didukung oleh kelemahan utama rantai pasok kemanusiaan, yaitu: kurangnya koordinasi (visibilitas informasi selama proses distribusi bantuan) dan prosedur penanganan yang kurang baik (Davidson (dalam Hadiguna, 2012)).

Salah satu komponen utama agar suatu aktivitas penanggulangan bencana dapat berjalan dengan baik dilihat dari pelaksanaan sistem logistik bencananya. Meskipun sistem logistik bencana menjadi komponen penting dalam keseluruhan aktivitas penanggulangan bencana, namun masih terdapat banyak permasalahan dalam pelaksanaannya terutama di Kabupaten Sleman. Hal ini tampak pada kasus bencana letusan Gunung Merapi tahun 2010 lalu yang menunjukkan lemahnya pelaksanaan logistik bencana, seperti sering terjadinya

kelebihan stok barang untuk kebutuhan yang tidak mendesak sementara

barang yang mendesak justru mengalami kekurangan, kelebihan stok barang pada satu posko bencana, sedangkan posko lain mengalami kekurangan bantuan, kurangnya profesionalisme dan koordinasi antar pelaku penanganan bencana, pemanfaatan teknologi yang minimalis, kurangnya proses pembelajaran antar pelaku penanganan bencana, serta kurangnya pemahaman akan pentingnya logistik itu sendiri. Dalam bencana meletusnya Gunung Merapi tahun 2010, pihak pemerintah dan BPBN serta pihak swasta dan sukarelawan lain memberikan bantuan. Bantuan tersebut antara lain berupa makanan, obat-obatan, air, pakaian, dan keperluan medis. Bantuan tersebut kemudian disebar ke posko-posko bencana yang berada Sleman, Magelang, dan Boyolali. Namun, dalam penyebaran bantuan masih ditemukan permasalahan, salah satu permasalahan yang kami angkat adalah kurangnya persediaan bantuan posko Boyolali.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Objek studi penelitian ini adalah dampak yang diakibatkan bencana letusan Gunung Merapi yang terjadi di Kota Sleman, DIY pada 10 Oktober 2023. Alasan memilih bencana gunung berapi, Gunung Merapi karena merupakan bencana yang berdampak besar seperti korban jiwa dan kerusakan terutama di daerah yang subur. Pengumpulan data dilakukan di Badan Penanggulangan bencana Daerah (BPBD) Provinsi DIY, Palang Merah Indonesia (PMI) Provinsi DIY, data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi DIY dan sekitarnya seperti Kota Boyolali, Kota Magelang, dan Kota Sleman pada website yang tersedia. Data primer yang dikumpulkan yaitu berupa data jenis bantuan yang disalurkan, seperti makanan, obat-obatan, pakaian, dan air serta jenis moda transportasi yang dibutuhkan

saat terjadi letusan gunung berapi. Banyaknya titik-titik pengungsian dan jaraknya serta jalur evakuasi di Kota Sleman.

Studi telah dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu studi litelatur dan studi lapangan, identifikasi dan perumusan masalah, penetapan tujuan dan manfaat penelitian, pengumpulan dan pengolahan data. Pengolahan data terdiri atas konseptualisasi sistem, formulasi model, pengujian model (verifikasi dan validasi), perancangan model skenario usulan. Pada pengolahan data, variabel dan parameter ditentukan, serta menentukan level dan flow untuk proses perhitungan dalam model dan merumuskan alogaritma simulasi. Kemudian, melakukan analisis pada hasil simulasi dan membuat kesimpulan.

3. HASIL DAN ANALISIS

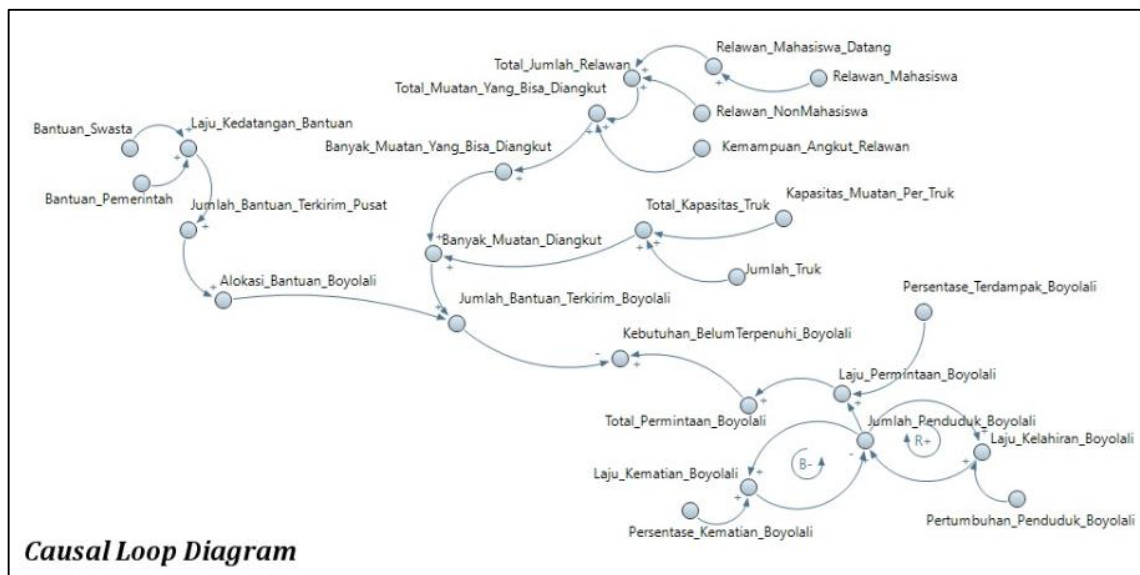
3.1 Gambaran Objek Penelitian

Gunung Merapi terletak di perbatasan Provinsi Jawa Tengah dan D. I. Yogyakarta dan merupakan salah satu gunung berapi paling aktif di Indonesia yang memiliki siklus meletus antara 2 sampai 7 tahun sekali. Gunung Merapi membawa dampak kesuburan bagi tanah di sekitar, sehingga banyak penduduk yang bermukim. Posisi geografis Gunung Merapi lebih tepatnya berada diantara Kabupaten Magelang, Boyolali, Klaten Jawa Tengah dan Sleman. Memiliki luas kawasan 6.410 ha, dengan pembagian 5.126 ha masuk ke wilayah Jawa Tengah dan 1.283 ha di DI Yogyakarta. Pada tahun

2010, Gunung Merapi meletus dengan skala letusan yang besar dan menimbulkan bencana yang luar biasa. Bencana tersebut menjatuhkan banyak korban jiwa dan ratusan ribu pengungsi Pihak pemerintah dan BPBN serta pihak swasta dan sukarelawan lain memberikan bantuan atas terjadinya bencana tersebut. Bantuan tersebut kemudian disebar ke posko-posko bencana yang berada Sleman, Magelang, dan Boyolali. Namun, dalam penyebaran bantuan masih ditemukan permasalahan, salah satunya adalah kurangnya persediaan bantuan khususnya di posko Boyolali.

3.2 Causal Loop Diagram

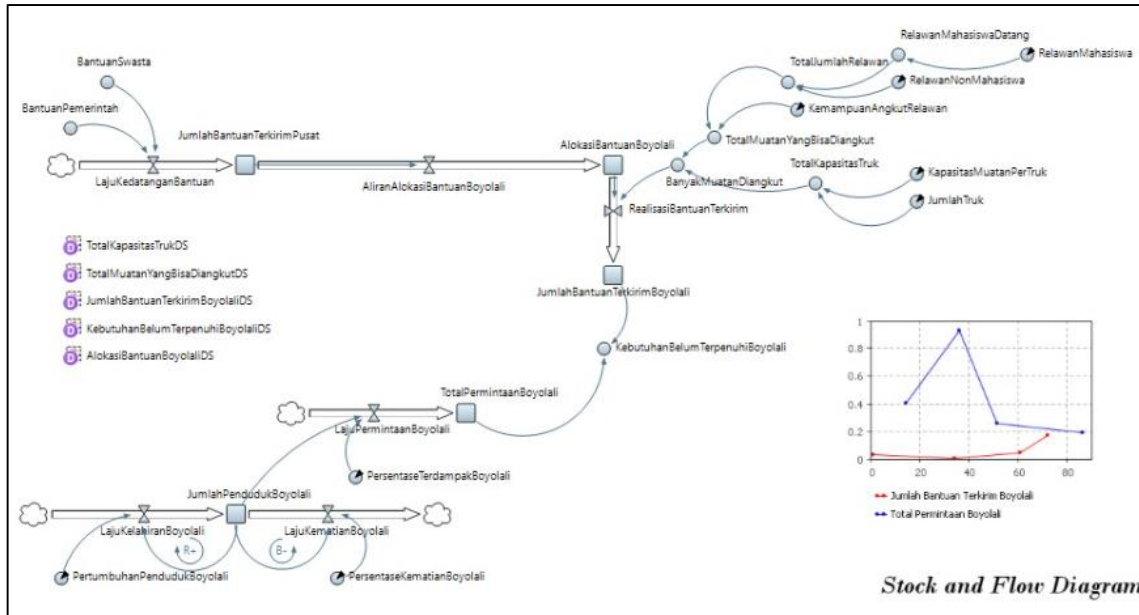
Tujuan dari pembangunan model dinamika sistem adalah untuk mengevaluasi kinerja logistik bantuan bencana letusan gunung berapi dengan rujukan situasi nyatanya adalah letusan Gunung Merapi di Kota Sleman, DIY pada tahun 2010. Model konseptual *Causal Loop Diagram* dibangun berdasarkan pemahaman sistem nyata dapat dilihat pada Gambar 2. Diagram tersebut merepresentasikan tiga bagian yaitu pasokan, permintaan, transportasi dan relawan. Variabel dan parameter model dirumuskan dengan memperhatikan *Causal Loop Diagram*. Rumusan variabel dan parameter dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 1 Causal Loop Diagram

3.2 Stock Flow Diagram

Seluruh variabel dan parameter diterjemahkan dalam bentuk level dan flow serta digambarkan logika keterkaitannya. Diagram dari model rinci tersebut dapat dilihat pada *Stock Flow Diagram* pada Gambar 3.



Gambar 2 Stock Flow Diagram

Berdasarkan model SFD diatas, dapat dilakukan verifikasi dan validasi sebagai berikut. Model SFD telah terverifikasi yang dapat ditunjukkan sebagai berikut :

- 1) Tidak ditemukan eror untuk rumusan matematika tiap variable pada SFD diatas, hal tersebut dapat dilihat dari running yang berjalan lancar hingga hari ke-90.
- 2) Variabel yang digunakan sudah konsisten, hal tersebut dapat dilihat dari penggunaan nama untuk variabel tujuan posko pusat dan posko boyolali.

Model SFD telah tervalidasi karena model tersebut sudah sesuai dengan realita dan

dapat menggambarkan situasi nyatanya. Aliran bantuan sudah benar sesuai kondisi nyata (berdasarkan informasi dan data yang didapatkan melalui berbagai sumber), yaitu aliran bantuan datang, yaitu bantuan dari pemerintah dan swasta disalurkan ke posko pusat. Dari posko pusat, bantuan akan disalurkan ke posko daerah, yaitu posko Boyolali. Banyaknya bantuan yang tersalurkan di posko Boyolali dipengaruhi oleh jumlah relawan dan kapasitas truk angkut. Secara garis besar aliran bantuan sudah sesuai dengan realita, walaupun terdapat beberapa asumsi untuk melengkapi model tersebut.

3.3 Skenario

Simulasi dijalankan untuk periode waktu selama 90 hari. Analisis dilakukan untuk fase tanggap darurat. Verifikasi dan validasi model dilakukan dengan merumuskan beberapa skenario yang logis untuk diterapkan pada logistik bantuan

bencana letusan Gunung Merapi pada 10 Oktober 2010. Skenario yang dirumuskan dalam pemodelan ini adalah sebagai berikut:

- 1) Skenario yang berasumsi terjadi peningkatan jumlah relawan

mahasiswa dan transportasi pengiriman

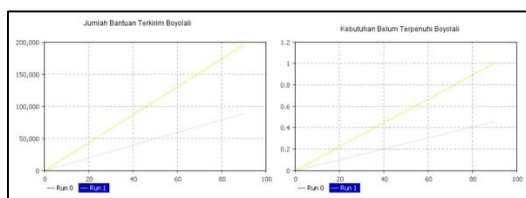
- 2) Skenario yang berasumsi terjadi penurunan jumlah relawan mahasiswa, namun transportasi meningkat.

Model skenario 1 adalah gambaran yang terjadi ketika relawan mahasiswa meningkat dan jumlah truk yang dialokasikan bertambah. Relawan mahasiswa yang meningkat dapat membantu mempercepat muat paket bantuan. Jumlah truk yang bertambah dapat meningkatkan jumlah paket bantuan yang dimuat. Parameter yang digunakan pada skenario 1 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Skenario 1

Skenario 1	
Parameter	Nilai
Relawan Mahasiswa	300
Jumlah Truk	9

Skenario 1 berhasil memenuhi permintaan pada posko Boyolali, dimana total permintaannya sebesar 194.980 paket bantuan. Jumlah bantuan yang berhasil terkirim adalah 195.254 paket bantuan. Kebutuhan belum terpenuhi Boyolali sebesar 1,001 yang dimana nilai ini melebihi 1 yang artinya kebutuhan di posko tersebut telah terpenuhi seluruhnya.



Gambar 3 Skenario 1

3.4 Perbandingan Antara Skenario dan Model

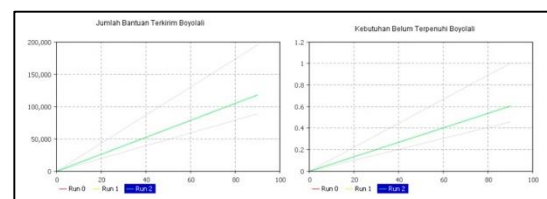
Tujuan dari model ini adalah mencukupi seluruh kebutuhan bantuan posko Boyolali. Tidak ada gap antara permintaan dan jumlah bantuan yang

Model skenario 2 adalah gambaran yang terjadi ketika relawan mahasiswa menurun dan jumlah truk yang dialokasikan sedikit bertambah dari jumlah awal. Relawan mahasiswa yang menurun menyebabkan muat paket bantuan menjadi lama. Sedangkan jumlah truk yang bertambah dapat meningkatkan jumlah paket bantuan yang dimuat. Parameter yang digunakan pada skenario 2 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Parameter Skenario 2

Skenario 1	
Parameter	Nilai
Relawan Mahasiswa	50
Jumlah Truk	5

Skenario 2 belum berhasil memenuhi permintaan pada posko Boyolali, dimana total permintaannya sebesar 194.980 paket bantuan. Jumlah bantuan yang berhasil terkirim hanya 117.852 paket, sehingga terjadi kekurangan sebesar 77.128 paket. Kebutuhan belum terpenuhi Boyolali sebesar 0,604 yang dimana nilai ini kurang dari 1 yang artinya kebutuhan di posko tersebut belum terpenuhi seluruhnya.



Gambar 4 Skenario 2

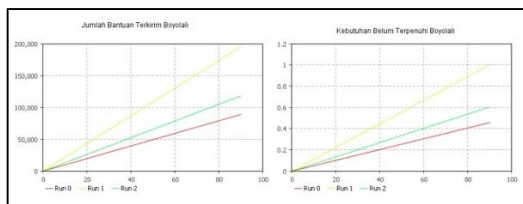
Awal terkirim di posko Boyolali. Apabila kebutuhan bantuan posko Boyolali telah terpenuhi seluruhnya, maka nilai dari

Kebutuhan Belum Terpenuhi Boyolali adalah 1.

Model awal atau sering disebut model existing adalah gambaran yang terjadi dilapangan yang digambarkan pada SFD (Gambar 3.6). Pada model awal ini, jumlah rela wan mahasiswa masih sedikit dan jumlah truk yang dialokasikan untuk ke posko Boyolali hanya 2 unit dalam satu hari. Berikut merupakan grafik output *compare runs* dari jumlah bantuan terkirim Boyolali dan kebutuhan belum terpenuhi Boyolali.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kumpulan garis yang diwakilkan oleh garis berwarna merah merupakan hasil running model awal, garis kuning merupakan hasil

running skenario 1, dan garis merah merupakan hasil running skenario 2.



Gambar 5 Compare Runs Model

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis model simulasi yang telah dibuat dapat diketahui bahwa penyebab dari kebutuhan belum terpenuhi di posko Boyolali adalah karena kurangnya jumlah relawan mahasiswa dan jumlah truk yang kurang memadai. Oleh karena itu, dibentuk usulan kebijakan yaitu peningkatan jumlah relawan mahasiswa dan jumlah truk. Selain itu, dibentuk pula kemungkinan terburuk yang kontras dengan usulan pertama yaitu kondisi apabila jumlah relawan mahasiswa sangat sedikit, namun jumlah truk ditambah. Ketika menggunakan model skenario 1 dimana jumlah relawan mahasiswa dan jumlah truk meningkat, didapatkan hasil kebutuhan belum terpenuhi

Garis skenario 2 berada di titik paling rendah dibandingkan model lainnya. Sedangkan garis skenario 1 berada di titik paling tinggi dibandingkan model skenario lainnya. Berikut ini merupakan tabel perbandingan simulasi *compare runs*.

Tabel 3. Compare Runs

	Model Awal	Skenario 1	Skenario 2
Jumlah Bantuan Terkirim	89.076,67	195.254,90	117.825,52
Kebutuhan Belum Terpenuhi	0,457	1,001	0,604

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa skenario 1 memiliki hasil yang paling mendekati nilai 1. Hal tersebut terjadi karena adanya peningkatan jumlah relawan mahasiswa dan jumlah truk. Sehingga paket bantuan dapat di distribusikan secara menyeluruh ke posko Boyolali.

Boyolali adalah 1,001 lebih tinggi dari model awal, dimana nilai ini mendekati 1. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dengan jumlah relawan mahasiswa dan jumlah truk meningkat dapat membantu pendistribusian paket bantuan ke posko Boyolali secara menyeluruh. Sedangkan ketika menggunakan model skenario 2 dimana jumlah relawan mahasiswa sangat sedikit, namun jumlah truk ditambah didapatkan hasil kebutuhan belum terpenuhi Boyolali adalah 0,604 lebih tinggi dari model awal, namun nilainya belum mendekati 1. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa apabila relawan mahasiswa berkurang dan jumlah truk

bertambah, maka paket bantuan yang dapat dikirimkan belum bisa memenuhi permintaan secara menyeluruh. Berdasarkan kedua skenario yang telah dibuat, maka dapat disimpulkan bahwa untuk mendistribusikan paket bantuan secara

menyeluruh dari posko pusat ke posko Boyolali dapat dilakukan dengan mengaplikasikan model skenario 1 yaitu dengan meningkatkan jumlah relawan mahasiswa dan jumlah truk pengiriman.

Referensi

- [1] Arief, Teno, Rusdiansyah, Ahmad. (2011). *Penegembangan Model Distribusi Barang Bantuan Kepada Korban Bencana dengan Transportasi Darat Menggunakan Sistem Dinamik*. Surabaya: ITS, 1-4
- [2] BNPB. (2011). *Rencana Aksi dan Rekonstruksi*. Jakarta. www.bnpb.go.id.
- [3] BNPB. (2010). *Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Boyolali*.
- [4] Hadiguna, R., Wibowo A. (2012). *Model Dinamika Sistem Logistik Bantuan Pasca Bencana Gempa Bumi-Tsunami di Kota Padang*. Padang: Fakultas sains dan teknologi UIN Sultan Syarif Kasim Riau, 269-376.
- [5] Jati, Wasisto. (2014). *Gejolak Sosial Paska Penanggulangan Bencana: Studi Bencana Gempa Bumi Bantul 2006*. Yogyakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Vol. 5 No.1., 57-60.
- [6] Khair, F., Murad D. (2018). *Pemodelan Mekanisme Koordinasi Distribusi Logistik Bantuan Bencana Berbasis Integrasi GIS dan Agent Based Modeling Simulation*. Jakarta: Jurnal Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan, Vol. II No. 1 tahun 2018, 12-13.
- [7] Martha, T., Purnawan, Gunawan H. *Pemodelan dan Prediksi Kebutuhan Logistik Pasca Bencana di Sumatera Barat*. Padang: Rang Teknik Jurnal, Vol 4 No. 1 (2021), 188-189.
- [8] Zarghami S., Dumrak J., *A System Dynamics for Social Vulnerability to Natural Disasters: Disaster Risk Assesment of an Australian City*. Canberra, Adelaide: International Journal of Disaster Risk Reduction 60 (2021) 102258, 10-12.