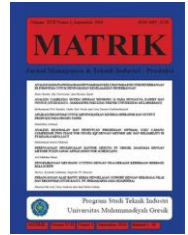




MATRIK

Jurnal Manajemen dan Teknik Industri-Produksi

Journal homepage: <http://www.journal.umg.ac.id/index.php/matriks>



Sistem Distribusi Logistik Dengan Pendekatan Sistem Dinamik Untuk Mitigasi Bencana Gunung Merapi

Eko Muh Widodo^{1*}, Affan Rifa'i², Rahmatika Fuadyani³

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Magelang
Jl. Mayjend. Bambang Soegeng, Mertoyudan, Magelang 56172, Jawa Tengah, Indonesia
emwidodo@ummgl.ac.id

*corresponding author

INFO ARTIKEL

doi: 10.350587/Matrik
v23i2.3885

Jejak Artikel :

Upload artikel

29 Maret 2022

Revisi

12 Februari 2023

Publish

24 Maret 2023

Kata Kunci :

Distribusi Logistik, Sistem
Dinamik, Efisiensi dan
Efektivitas

ABSTRAK

Kegiatan distribusi logistik untuk korban bencana erupsi Gunung Merapi, terdapat beberapa permasalahan antara lain penumpukan barang bantuan di titik tertentu namun terjadi kekurangan pada titik lain atau sebaliknya bantuan yang diberikan terlalu banyak dan kurang bermanfaat. Permasalahan tersebut disebabkan kurangnya informasi mengenai data korban bencana, data jenis bantuan yang diperlukan dan data bantuan yang tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan sistem distribusi logistik, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi dan merancang sistem distribusi yang adil dan merata secara efektif dan efisien. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah pendekatan sistem dinamik untuk menggambarkan model pendistribusian logistik pada pengungsian. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan distribusi logistik yang disebabkan oleh permintaan logistik, jumlah pengungsi, dan ketersediaan barang. Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi logistik korban bencana erupsi Gunung Merapi di desa penyangga (sister village) adalah kurangnya komunikasi antar petugas posko pengungsian dengan posko induk penyedia bantuan atau BPBD, jumlah distribusi bantuan yang tidak sesuai dengan jumlah pengungsi yang ada, kurangnya pengawasan pendistribusian logistik ke pengungsian, ketidaksesuaian data pengungsi yang ada di posko pengungsi dengan jumlah pengungsi yang ada, ketepatan sasaran penerimaan bantuan logistik. Guna meningkatkan efisiensi dan efektivitas pendistribusian logistik yang tepat sasaran maka dirancang model dinamik sistem distribusi logistik yang dapat memberikan alternatif terbaik.



1. Pendahuluan

Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 menjelaskan bencana alam sebuah rangkaian kejadian yang mengganggu dan mengancam penghidupan dan kehidupan masyarakat sekitar yang disebabkan oleh faktor alam, non alam atau faktor manusia dengan rusaknya lingkungan, kehilangan harta benda, dan dampak psikologis. Indonesia adalah negara yang rawan bencana alam. Kondisi tersebut membuat Indonesia dilanda oleh bencana alam yang datang silih berganti setiap tahunnya [1]. Dampak lingkungan eksternal yang terjadi kemudian menjadi gangguan kompleks yang secara langsung mempengaruhi produksi dan operasi usaha dari hulu ke hilir sehingga menimbulkan kerugian untuk seluruh rantai pasokan [2].

Kejadian bencana selalu memberikan dampak kejutan dan menimbulkan banyak kerugian baik jiwa maupun materi. Kejutan tersebut terjadi karena kurangnya kewaspadaan dan kesiapan dalam menghadapi ancaman bahaya, akibatnya banyak korban jiwa, korban luka-luka, dan juga kerugian materi. Untuk itu perlu diadakan upaya-upaya untuk menekan timbulnya dampak bencana. Kondisi ini tentunya menjadi tantangan tersendiri bagi daerah-daerah yang menjadi titik rawan bencana untuk mempersiapkan diri untuk mengantisipasi resiko seminimal mungkin. Sistem distribusi bantuan bencana di Indonesia melibatkan banyak pihak seperti pemasok, penanggulangan bencana nasional, penanggulangan bencana daerah, donor (termasuk masyarakat), dan para korban [3]. Pada kegiatan distribusi bantuan logistik untuk korban bencana alam, terdapat beberapa permasalahan antara lain penumpukan barang bantuan di titik tertentu namun terjadi kekurangan pada titik lain atau sebaliknya bantuan yang diberikan terlalu banyak dan kurang bermanfaat. Permasalahan tersebut disebabkan kurangnya informasi mengenai data korban bencana, data jenis bantuan yang diperlukan dan data bantuan yang telah tersedia [4]. Dengan demikian, peningkatan efisiensi dan efektivitas sistem logistik bagi kebencanaan menjadi penting dan kinerja terhadap permasalahan tersebut perlu ditinjau dan mendapat perhatian khusus [5], [6].

Salah satu bencana alam yang sering terjadi di Kabupaten Magelang dan sekitarnya adalah erupsi Gunung Merapi yang terjadi hampir setiap 5 tahun sekali. Gunung Merapi

ini terletak di wilayah Kabupaten Magelang, Kabupaten Sleman, Kabupaten Boyolali, dan Kabupaten Klaten. Guna mengatasi dampak terhadap erupsi Gunung Merapi, maka Pemerintah Kabupaten (Pemkab) Magelang melalui Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) telah membentuk tim tanggap bencana Gunung Merapi untuk menanggulangi bencana. Pengendalian mitigasi yang dilakukan dalam tanggap bencana Gunung Merapi salah satunya kegiatan sosialisasi di daerah rawan bencana, simulasi bencana erupsi Gunung Merapi, dan pembentukan desa tangguh bencana [7]–[9].

Desa penyangga (*sister village*) merupakan salah satu program yang dikembangkan oleh Pemkab Kabupaten Magelang dalam rangka menanggulangi bencana erupsi Gunung Merapi. *Sister village* adalah suatu konsep dimana desa yang berada di kawasan rawan bencana Gunung Merapi (KRB III) berpasangan dengan desa penyangga [10], [11], [12].

Desa penyangga di dalam *sister village* mempunyai peranan yang sangat penting. Peran desa penyangga antara lain menjalin komunikasi dengan desa rawan bencana (KRB), mempersiapkan tempat sebagai tempat pengungsian, dan mempersiapkan kebutuhan barang logistik baik pangan maupun non pangan [13], [14].

Logistik adalah suatu yang berwujud dan dapat digunakan untuk memenuhi dasar hidup manusia yang terdiri dari sandang, pangan, dan papan atau turunannya. Termasuk dalam kategori logistik adalah barang habis pakai atau dikonsumsi, misalnya sembako (sembilan bahan pokok), obat, pakaian dan kelengkapannya, air, selimut dan sebagainya [4], [15], [16].

Bantuan logistik bencana ini bersumber anggaran dari Pemerintah Pusat turun ke Pemerintah Provinsi ke Pemerintah Daerah kemudian ke pemerintah desa. Dalam aktivitas distribusi bantuan kepada korban bencana alam selama masa tanggap darurat, lembaga-lembaga kemanusiaan, relawan dan para donatur, mengalami berbagai masalah diantaranya adalah kurang meratanya bantuan pada setiap posko, penumpukan bantuan di titik tertentu namun menjadi kekurangan bantuan di titik lain, terjadinya kekurangan pada komoditi tertentu atau sebaliknya bantuan yang terlalu banyak, dan kurang bermanfaat. Sehubungan dengan hal itu, maka akan dilakukan penelitian

untuk mencari solusi permasalahan tersebut. Salah satunya dengan pendekatan model *sistem dinamik* yang bertujuan untuk melihat efek berbagai persediaan barang bantuan antara depo-depo terhadap waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan barang bantuan melalui uji coba yang dilakukan dengan menggunakan 4 besaran donasi [17]. Dari hasil uji coba terlihat bahwa waktu memenuhi permintaan yang menggunakan berbagai persediaan menghasilkan waktu yang lebih baik bila dibandingkan masukan donasi yang sama tanpa berbagai persediaan pada semua besaran donasi [18]. Metode yang digunakan untuk menganalisis model distribusinya adalah metode *Causal loop* sistem dinamik. Hasil penelitian menggunakan sistem dinamik untuk mengetahui titik lemah proses distribusi sehingga berjalan dengan baik, metode yang digunakan dalam penelitian adalah sistem dinamik dan dapat dihasilkan peningkatan pengiriman kepada pelanggan dengan tepat waktu [19].

Diagram kausal (*Causal Loop Diagram*), adalah diagram yang menjelaskan hubungan antara elemen pada suatu sistem. Diagram kausal menggunakan umpan balik untuk menjelaskan proses yang ada. *Causal Loop Diagram* atau yang biasa disingkat CLD melakukan pemetaan struktur dan umpan balik pada sebuah sistem, sehingga mekanisme umpan balik antar elemen pada suatu sistem dapat dipahami. Selain itu, CLD digunakan untuk memahami perilaku dalam suatu sistem, sehingga dapat dilakukan formulasi strategi yang tepat untuk menangani perilaku tersebut [14]. Tujuan penelitian ini adalah melakukan simulasi distribusi logistik untuk korban bencana alam dengan menentukan metode atau cara pendistribusian logistik secara tepat efisien dan efektif dengan membuat model distribusi logistik menggunakan pendekatan sistem dinamik.

2. Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan studi pendahuluan, meliputi studi literatur dan studi lapangan untuk kemudian dapat menentukan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang akan dicapai. Dilanjutkan dengan pengumpulan dan pengolahan data penelitian yang meliputi data, variabel, kondisi dan waktu yang dibutuhkan dalam distribusi logistik yaitu data pembuatan *causal loop* diagram, membuat

stock and flow diagram, model simulasi pendistribusian logistik pada *sister village* dan validasi dan verifikasi model dengan rincian tahapan sebagai berikut:

1. Studi pendahuluan
Studi pendahuluan dilakukan sebagai langkah awal dalam proses penelitian dengan melakukan observasi langsung ke lokasi pada bulan Oktober 2020 sampai dengan Desember 2020 mengenai sistem distribusi logistik bencana Gunung Merapi pada *Sister Village*.
2. Pengumpulan data
 - a. Melakukan identifikasi terhadap permasalahan dan kondisi yang ada dalam distribusi logistik bencana Gunung Merapi.
 - b. Menentukan variabel-variabel dan parameter-parameter yang berperan penting dalam proses distribusi logistik bencana.
 - c. Melakukan pengumpulan data-data yang relevan dan detail berdasarkan variabel dan parameter yang telah ditentukan.
3. Pengolahan Data atau Perancangan Model Simulasi

Proses verifikasi data yang diperoleh saat melakukan pengumpulan data melalui observasi, dan wawancara. Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ini merupakan langkah-langkah utama yang diperlukan dalam pembuatan model simulasi *sistem dinamik* itu. Pemodelan ini menjelaskan hubungan timbal balik dari variabel yang mempengaruhi sistem dan dapat digunakan dalam pemodelan sistem sosial dengan perilaku manusia yang digambarkan secara sederhana dalam *causal loop diagram* [20]. Proses yang dilakukan adalah pembuatan diagram sebab akibat (*causal loop modelling*) serta perancangan model simulasi sistem dinamik (*dyanamic modelling*) [21]–[24], [25]. Tahapan-tahapan yang dilakukan antara lain [26], [27] adalah sebagai berikut ini:

- a. Membuat diagram sebab akibat (*Causal loop diagram*) untuk menggambarkan hubungan yang terjadi antara variabel-variabel yang ada.
- b. Mengidentifikasi jenis-jenis variabel (*stock and flow*) dan menyusun *stock and flow diagram*

- c. Mensimulasikan model yang sesuai dengan periode waktu yang telah ditentukan sebelumnya
- d. Menyajikan hasil dalam bentuk grafik atau tabel dari hasil model simulasi dengan menggunakan bantuan *software* Stella dan Arena [28]–[30].

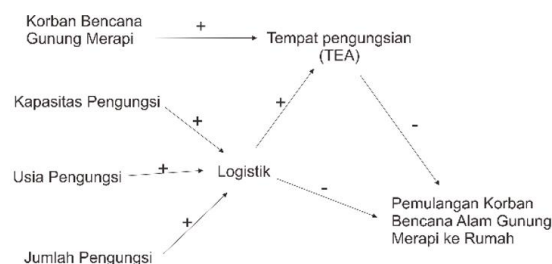
3. Hasil Dan Pembahasan

1. Causal loop Diagram

Causal loop Diagram menjadi alat untuk menganalisis suatu perilaku sistem yang terdiri dari panah yang menunjukkan hubungan positif dan negatif antar variabel [31]. Terdapat tiga variabel sistem distribusi logistik bencana yang dikembangkan yaitu permintaan dari lokasi pengungsian, pengangkutan untuk distribusi bantuan dan persediaan barang barang bantuan.

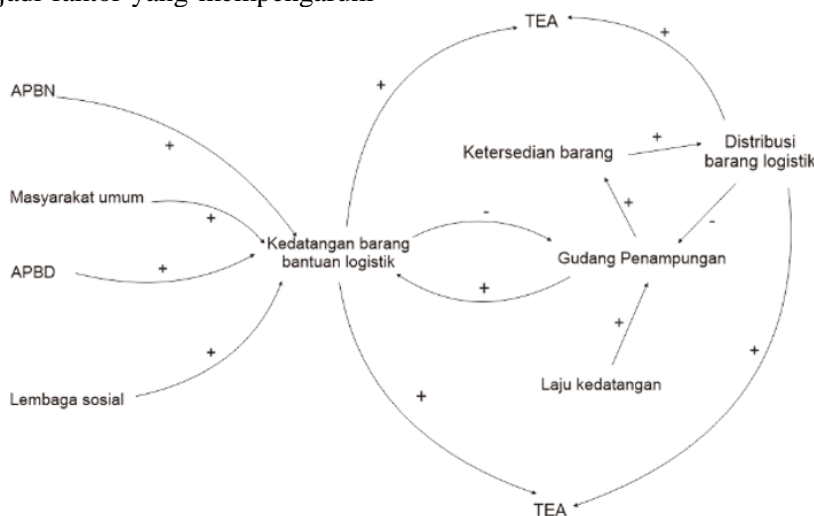
Permintaan menunjukkan kuantitas barang yang yang menjadi kebutuhan bagi para pengungsi sehingga variabel ini dipengaruhi oleh populasi penduduk yang berada dalam kawasan bencana Gunung Merapi. Di sisi lain, penambahan dan pengurangan jumlah pengungsi menjadi faktor yang mempengaruhi

banyaknya pengungsi. Model *causal loop* dari permintaan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Causal Loop Pengungsi

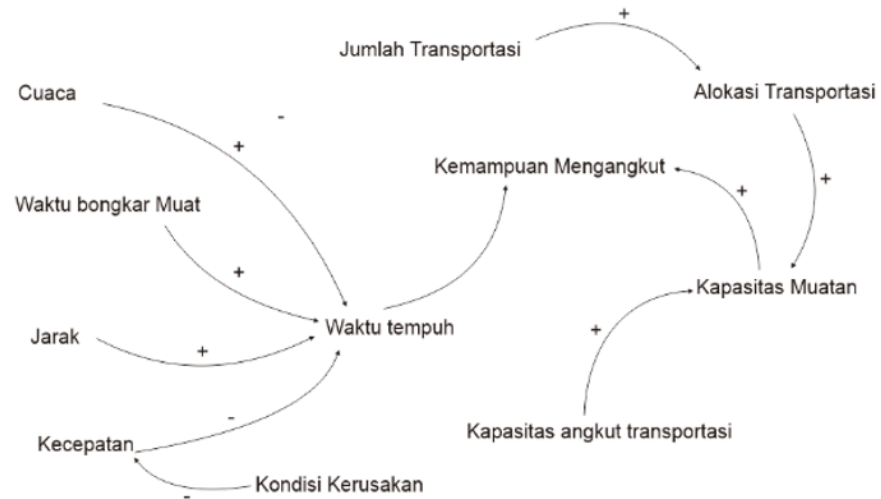
Gambar 2 menunjukkan *causal loop* sistem logistik dimana kuantitas bantuan yang akan disuplai ke tempat pengungsian ditentukan oleh laju kedatangan logistik. Pengadaan barang dipengaruhi oleh sumber bantuan yang berasal dari ABPN, APBD, bantuan masyarakat umum, dan juga lembaga sosial. Suplai logistik kemudian akan disimpan di gudang penampungan. Distribusi dan laju kedatangan barang yang akan dikirimkan ke lokasi pengungsian dipengaruhi oleh ketersediaan barang di gudang penampungan.



Gambar 2. Causal Loop Diagram Sistem Logistik

Gambar 3 merupakan *causal loop diagram* distribusi. Lamanya proses pendistribusian bantuan dipengaruhi oleh kondisi cuaca, waktu bongkar muat barang, dan jarak tempuh menuju kawasan bencana. Kondisi kerusakan yang terjadi pada lokasi juga akan mempengaruhi kecepatan pendistribusian barang yang kemudian dapat memperlambat waktu tempuh distribusi barang. Selain itu, pendistribusian

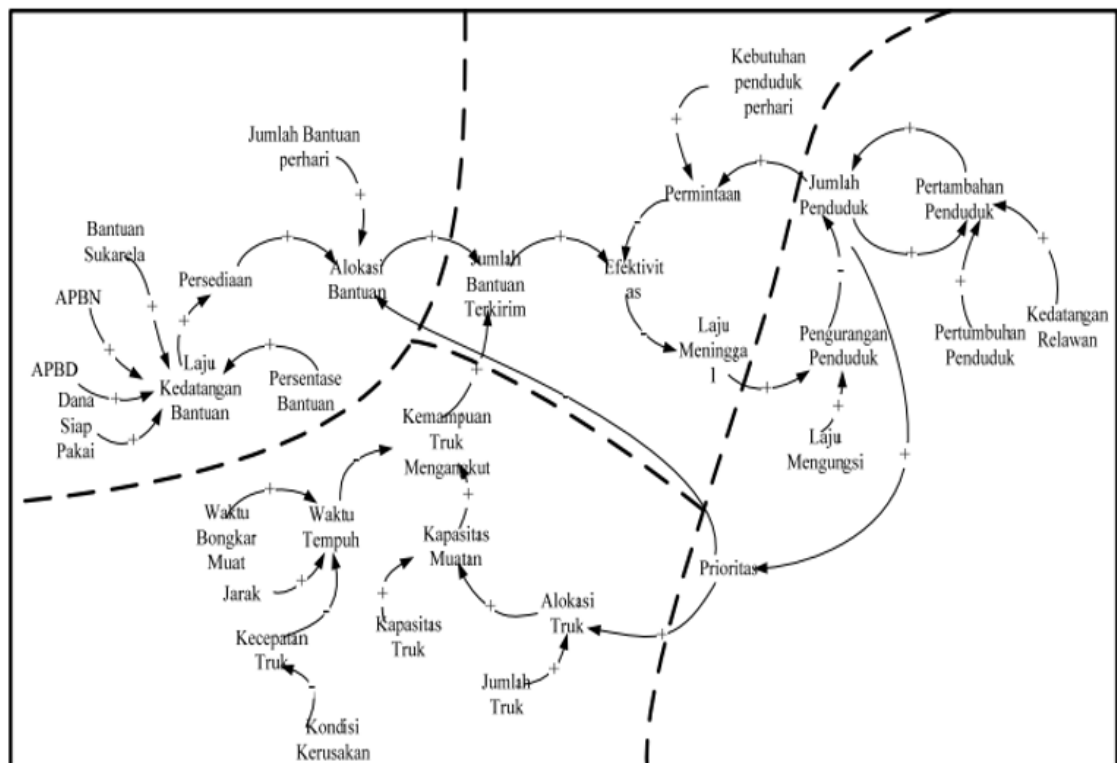
barang bergantung pada kemampuan transportasi pengangkutan. Kemampuan ini dipengaruhi oleh kapasitas dan jumlah transportasi yang tersedia. Peningkatan jumlah orang yang akan dievakuasi akan meningkatkan kepadatan personel di jalan yang tersedia untuk evakuasi sehingga memperlambat kecepatan gerak distribusi barang [24].



Gambar 3. Causal Loop Diagram Distribusi

Gambar 4 merupakan *causal loop diagram* keseluruhan yang menunjukkan keterkaitan model sistem distribusi logistik ke kawasan

bencana, dimulai dari permintaan pengungsi, sistem logistik, hingga proses pendistribusian barang.



Gambar 4. Causal Loop Keseluruhan

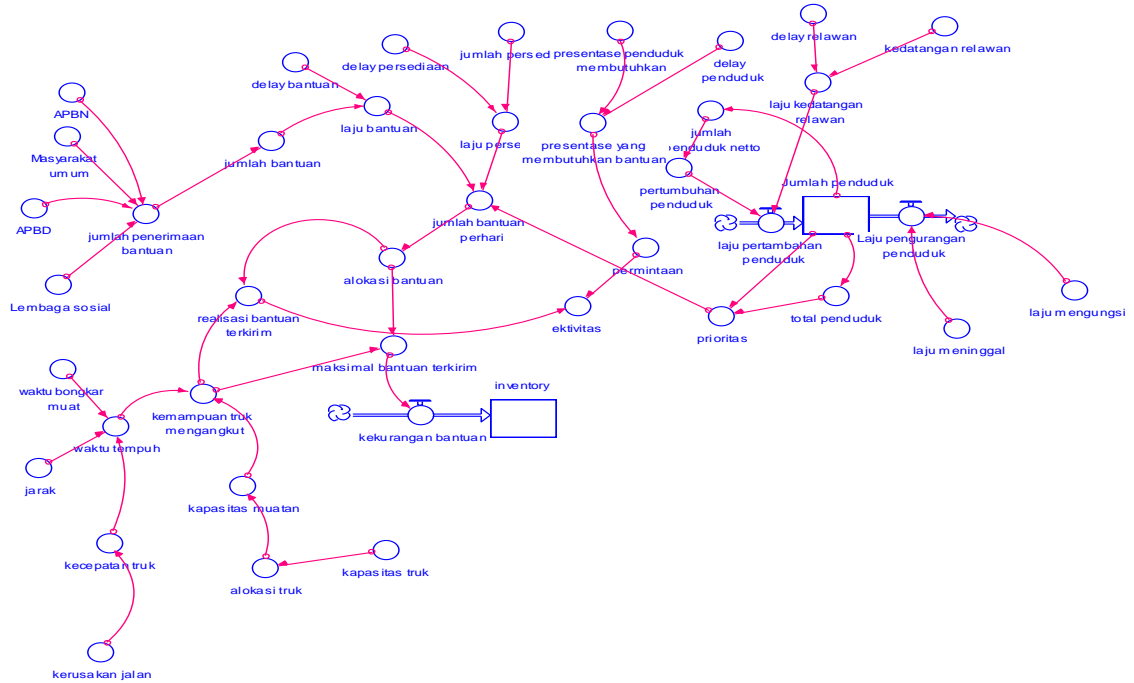
2. Stock and flow

Diagram *stock and flow* menggambarkan model dinamis perubahan laju dan keterlambatan pada kondisi darurat [32]. *Stock* dalam model ini merupakan variabel yang digunakan sebagai persediaan bahan, sedangkan *flow* adalah apapun yang masuk atau keluar dari persediaan bahan [33].

Pendistribusian bantuan dapat dilakukan apabila ada pasokan barang dan persediaan. Laju kedatangan barang diperoleh dari berbagai sumber, yaitu sumber pendanaan APBD, APBN, bantuan sukarela dan dana siap pakai. Ketersediaan barang bantuan akan dikirimkan kepada pengungsi dengan maksimal pengiriman sesuai dengan kapasitas

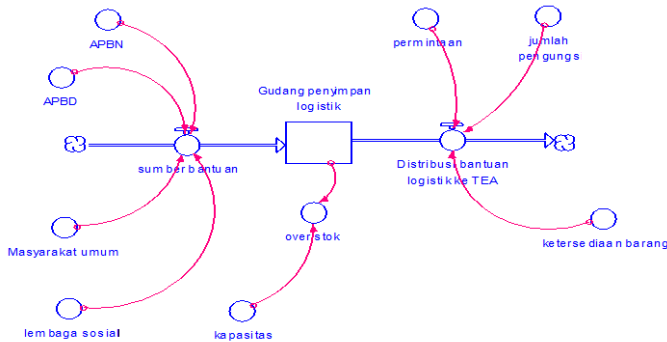
pengangkutan. Apabila laju pengadaan barang bantuan lebih besar dari permintaan dan kemampuan pengiriman lebih besar dari permintaan maka sisa barang akan disimpan sebagai persediaan untuk periode berikutnya.

Formulasi model secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 5. Model tersebut secara lengkap mendeskripsikan masukan dan keluaran yang terjadi akibat dari pemicu maupun umpan balik. Keterkaitan ini digambarkan sebagai *level* dan *flow*.



Gambar 5. Stok and Flow Diagram

3. Model simulasi dinamik pada *sister village*

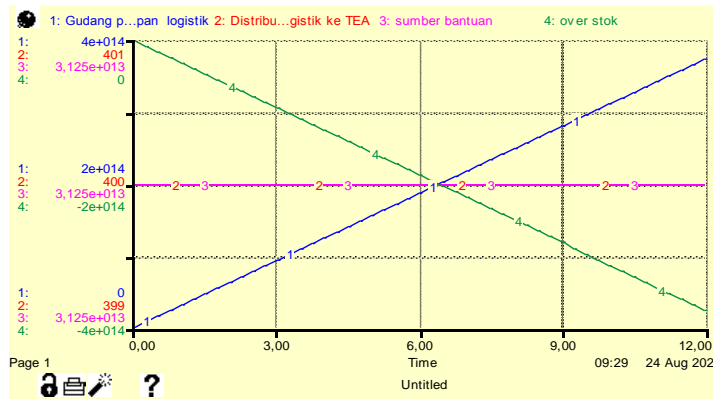


Gambar 6. Model Dinamik Pengembangan Distribusi Logistik

Gambar 6 menunjukkan model dinamik pengembangan distribusi logistik dimulai dari sumber dana APBN, APBD, masyarakat umum hingga lembaga sosial yang masuk ke gudang penyimpanan logistik. Bantuan akan didistribusikan ke tempat evakuasi akhir (TEA) yang dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti permintaan, jumlah pengungsi, dan ketersediaan barang.

4. Validasi dan Verifikasi model

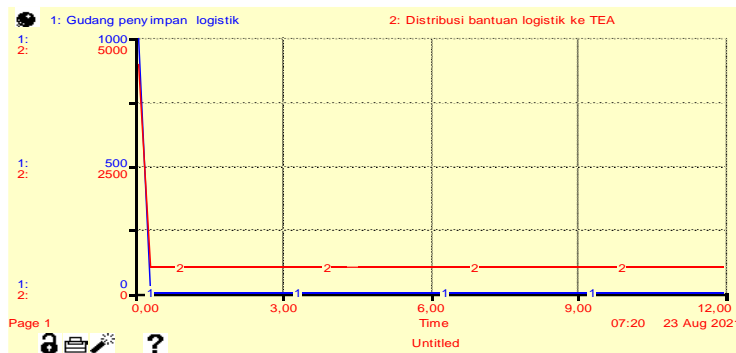
Verifikasi model dilakukan untuk menjamin bahwa logika sudah sesuai dengan yang ditetapkan. Adakah tiga masukan dalam model ini, adalah sumber bantuan, logistik, ketersediaan barang logistik dan proses distribusi logistik. Sumber bantuan logistik dispesifikasikan menjadi 4 hal yaitu berasal dari APBN, APBD, Masyarakat umum, dan lembaga sosial. Verifikasi ini dilakukan untuk menguji situasi yang berbeda yang dipengaruhi beberapa variabel.



Gambar 7. Simulasi Gudang Penyimpan Logistik, Distribusi Logistik dan Sumber Logistik

Gambar 7 menunjukkan bahwa stok logistik pada gudang penyimpanan akan selalu meningkat dipengaruhi banyak sedikitnya sumber logistik yang masuk. Sedangkan distribusi logistik akan efektif dan efisien di pengaruhi oleh beberapa variabel yang ada

misalnya jumlah pengungsi ,permintaan dan ketersediaan barang. Jika sumber logistik yang masuk dan stok penyimpanan barang logistik terkendali distribusi logistik akan berjalan lancar dan merata.

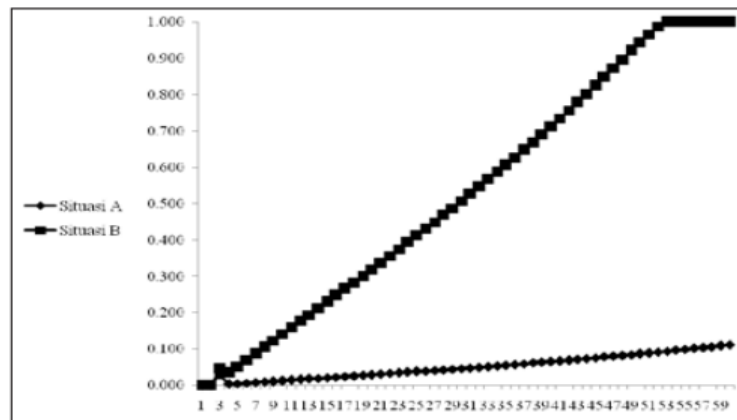


Gambar 8. Simulasi Gudang Penyimpan dan Distribusi Logistik yang di Pengaruhi oleh Sumber Logistik

Grafik pada gambar 8 menunjukkan adanya penurunan stok barang di gudang penyimpanan logistik yang dipengaruhi oleh sumber logistik yang masuk akan mengalami

penurunan maka diatribusi logistik akan mengalami penurunan.

Hasil simulasi distribusi logistik digambarkan dalam grafik di bawah ini.



Gambar 9. Hasil Simulasi Distribusi Logistik

Gambar 9 menunjukkan hasil simulasi distribusi logistik dapat disimpulkan bahwa proses distribusi logistik dapat dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti jumlah pengungsi, permintaan dan ketersediaan barang sehingga proses distribusi bisa berjalan secara merata.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Sistem distribusi logistik saat ini masih memiliki kekurangan karena pada pengiriman logistik yang masih dikirim pada satu titik sehingga terjadi penumpukan yang mengakibatkan proses distribusi logistik menjadi terhambat.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi bencana logistik korban bencana erupsi Gunung Merapi di desa penyangga adalah kurangnya komunikasi antar petugas posko pengungsian dengan posko induk penyedia bantuan atau BPBD, jumlah distribusi bantuan yang tidak sesuai dengan jumlah pengungsi yang ada, kurangnya pengawasan pendistribusian logistik ke pengungsian, ketidaksesuaian data pengungsi yang ada di posko pengungsi dengan jumlah pengungsi yang ada, ketepatan sasaran penerimaan bantuan logistik
3. Merancang sistem distribusi logistik yang adil dan merata dengan mempertimbangkan pendistribusian yang bersifat dinamis. Untuk meningkatkan efisien dan efektivitas pendistribusian yang tepat sasaran. Simulasi yang dilakukan pada studi ini masih terbatas pada pendistribusian bantuan logistik pada fase tanggap darurat.

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan di atas, penulis mengajukan beberapa saran agar penelitian selanjutnya dapat lebih baik dan berguna untuk pihak-pihak yang terkait. Pada penelitian berikutnya agar, dapat dikembangkan pemodelan matematis dan sistem informasi yang dapat mempercepat perhitungan jenis dan jumlah komoditi yang dibutuhkan. Selain itu, dengan adanya model matematis dan sistem informasi, pencatatan penerimaan bantuan dapat cepat disinkronisasi sehingga seluruh komoditi yang telah tersedia di masing-masing lokasi dapat diketahui. Tahapan selanjutnya dapat dikembangkan dalam berbagai jenis bencana dan berbagai wilayah yang ada di Indonesia.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Laboratorium Perancangan Optimasi Sistem Industri (POSI) dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Magelang yang telah berperan dalam penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan baik dan dapat dituangkan dalam bentuk artikel.

6. Daftar Pustaka

- [1] T. Trirahayu, "Manajemen Bencana Erupsi Gunung Merapi Oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Sleman Merapi Eruption Disaster Management By Sleman Regional Disaster Management Agency," vol. 5, no. 9, pp. 1–14, 2016.
- [2] Q. Zhang, W. Fan, J. Lu, S. Wu, and X. Wang, "Research on dynamic analysis and mitigation strategies of supply chains under different disruption risks," *Sustain.*, vol. 13, no. 5, pp. 1–30, 2021, doi: 10.3390/su13052462.
- [3] P. K. Ariningsih and G. Y. Sundara, "Blockchain for Improvement of Emergency Response in Humanitarian Logistics Indonesia," *9th Int. Conf. Oper. Supply Chain Manag.*, pp. 1–7, 2019.
- [4] D. I. Rinawati, "Rancang Bangun Sistem Informasi Bantuan Logistik Bencana Studi Kasus Pada Bpbd Kabupaten Magelang," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 13, no. 1, p. 51, 2018, doi: 10.14710/jati.13.1.51-60.
- [5] M. S. Najjar, L. Dahabiyeh, and M. Nawayseh, "Share if you care: The impact of information sharing and information quality on humanitarian supply chain performance - a social capital perspective," *Inf. Dev.*, vol. 35, no. 3, pp. 467–481, Jan. 2018, doi: 10.1177/0266666918755427.
- [6] X. Guo and N. Kapucu, "Engaging Stakeholders for Collaborative Decision Making in Humanitarian Logistics Using System Dynamics," *J. Homel. Secur. Emerg. Manag.*, vol. 17, no. 1, 2020, doi: 10.1515/jhsem-2018-0061.
- [7] J. A. Muir, M. R. Cope, L. R. Angeningsih, and J. E. Jackson, "To move home or move on? Investigating the impact of recovery aid on migration status as a potential tool for disaster risk reduction in the aftermath of volcanic eruptions in Merapi, Indonesia," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 46, no. July

- 2019, p. 101478, 2020, doi: 10.1016/j.ijdr.2020.101478.
- [8] R. A. Hadiguna and A. Wibowo, “Simulasi Sestim Logistik Bantuan Bencana Gempa–Tsunami: Studi Kasus di Kota Padang,” *J. Tek. Ind.*, vol. 13, no. 2, pp. 116–125, 2012, doi: 10.22219/jtiumm.vol13.no2.116-125.
- [9] M. A. Abdullah, H. Hishamuddin, and N. Bazin, “A System Dynamics Approach to Investigate the Effects of Disruption on the Supply Chain with A Mitigation Strategy,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 697, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/697/1/012024.
- [10] W. G. Kristifolus, “Analisis Implementasi Sister Village Sebagai Upaya penanggulangan Bencana Erupsi Gunung Merapi dalam Situasi Aktif Normal (Pra Bencana) di Kabupaten Magelang (Studi Kasus Sister Village antara Desa Ngargomulyo dengan Desa Tamanagung),” *J. Ilmu Pemerintah*, pp. 1–16, 2017.
- [11] O. Rodríguez-Espíndola, P. Albores, and C. Brewster, “Disaster preparedness in humanitarian logistics: A collaborative approach for resource management in floods,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 264, no. 3, pp. 978–993, 2018, doi: 10.1016/j.ejor.2017.01.021.
- [12] A. K. Mahmud and W. A. B. N. Siddiq, “Geo Image (Spatial-Ecological-Regional) Aplikasi Webgis dalam Mendukung Program Sister Village Sebagai Upaya,” *Geo Image*, vol. 10, no. 1, pp. 46–53, 2021.
- [13] E. O. Gunawan and D. H. Setiabudi, “Perangkat Lunak Logistik Kemanusiaan untuk Memantau Distribusi Bantuan Korban Bencana Alam,” *J. Infra*, vol. 8, no. 10, pp. 1–5, 2020.
- [14] N. Loree and F. Aros-Vera, “Points of distribution location and inventory management model for Post-Disaster Humanitarian Logistics,” *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 116, no. April, pp. 1–24, 2018, doi: 10.1016/j.tre.2018.05.003.
- [15] S. Hidayat, E. Suryani, and R. A. Hendrawan, “Sistem Dinamik Spasial Untuk Meningkatkan Efektifitas Dan Efisiensi Logistik Pada Rantai Pasok Pangan,” *INTEGER J. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 43–52, 2017, doi: 10.31284/j.integer.2016.v1i2.64.
- [16] I. Kholidasari and T. Ophiyandri, “A Review of Human Judgment in Stock Control System for Disaster Logistics,” *Procedia Eng.*, vol. 212, pp. 1319–1325, 2018, doi: 10.1016/j.proeng.2018.01.170.
- [17] B. Arianto, “Sistem Distribusi, Logistik dan Supply Chain dengan Metode Lean Distribution,” *J. Mitra Manaj.*, 2020.
- [18] A. Andriyanto and A. Yanuar, “Model Distribusi Industri Pangan di Jawa Barat dengan Menggunakan Pendekatan Causal Loop Sistem Dinamik,” *Competitive*, vol. 15, no. 1, pp. 12–19, 2020, doi: 10.36618/competitive.v15i1.627.
- [19] T. Kristanto, E. C. Muliawati, R. Arief, and S. Hidayat, “Pengembangan Sistem Dinamik dalam Pengelolaan Manajemen Distribusi Logistik Terhadap Perkembangan Teknologi Informasi pada PT Sunan Inti Perkasa,” *J. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 26–31, 2018, doi: 10.25139/ojsinf.v3i1.475.
- [20] R.- Nasirly, “Analisis Dinamika Evakuasi pada Erupsi Merapi dengan Pendekatan System Dynamics,” *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 4, no. 1, p. 29, 2018, doi: 10.24014/jti.v4i1.6034.
- [21] Pasha, Donaya, and E. Suryani, “Pengembangan Model Rantai Pasok Minyak Goreng Untuk Meningkatkan Produktivitas Menggunakan Sistem Dinamik pada PT XYZ,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 116–128, 2017.
- [22] S. P. Shepherd, “A review of system dynamics models applied in transportation,” *Transp. B*, vol. 2, no. 2, pp. 83–105, 2014, doi: 10.1080/21680566.2014.916236.
- [23] C. Neuwirth, “System dynamics simulations for data-intensive applications,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 96, pp. 140–145, 2017, doi: 10.1016/j.envsoft.2017.06.017.
- [24] G. S. Zhang, X. Y. Shen, J. Hua, J. W. Zhao, and H. X. Liu, “System Dynamics Modelling for Dynamic Emergency Response to Accidents Involving Transport of Dangerous Goods by Road,” *J. Adv. Transp.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/2474784.
- [25] T. Kundu, J. B. Sheu, and H. T. Kuo, “Emergency logistics management—Review and propositions for future research,” *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 164, no. June, p. 102789, 2022, doi: 10.1016/j.tre.2022.102789.
- [26] Y. Qiu, X. Shi, and C. Shi, “A system

- dynamics model for simulating the logistics demand dynamics of metropolitans: A case study of Beijing, China,” *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 8, no. 3, pp. 783–803, 2015, doi: 10.3926/jiem.1325.
- [27] M. Satori, P. Renosori, and H. Fauzan, “Dynamic modeling of an inventory system to minimize of inventory cost,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 830, no. 3, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/830/3/032094.
- [28] B. Naimi and A. Voinov, “StellaR: A software to translate Stella models into R open-source environment,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 38, pp. 117–118, 2012, doi: 10.1016/j.envsoft.2012.05.012.
- [29] H. Kaid, A. Dabwan, and A. Al-Ahmari, “Modeling and simulation of queuing systems using stochastic Petri net and Arena software: A case study,” *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 2018-March, pp. 1303–1315, 2018.
- [30] M. Kamrani, S. M. Hashemi Esmaeil Abadi, and S. Rahimpour Golroudbary, “Traffic simulation of two adjacent unsignalized T-junctions during rush hours using Arena software,” *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 49, pp. 167–179, 2014, doi: 10.1016/j.simpat.2014.09.006.
- [31] V. Mishra and M. G. Sharma, “Understanding Humanitarian Supply Chain Through Causal Modelling,” *South Asian J. Bus. Manag. Cases*, vol. 9, no. 3, pp. 317–329, 2020, doi: 10.1177/2277977920958084.
- [32] D. Cooke, T. Rohleder, and P. Rogers, “A dynamic model of the systemic causes for patient treatment delays in emergency departments,” *J. Model. Manag.*, vol. 5, pp. 287–301, Nov. 2010, doi: 10.1108/17465661011092650.
- [33] G. Y. Sundara and P. K. Ariningsih, “System Dynamic Approach to Improve Emergency Response in Humanitarian Logistics in Indonesia,” *J. Tek. Ind.*, vol. 22, no. 2, pp. 111–122, 2020, doi: 10.9744/jti.22.2.111-122.