

LAPORAN AKHIR

**HIBAH PENELITIAN KOPERTIS V
TAHUN ANGGARAN 2017**



**Optimasi Model Distribusi Bantuan Bencana
Di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD)
Kabupaten Bantul**

Peneliti:

**Yohanes Anton Nugroho, S.T., M.T.
NIDN : 05-1605-8501**

DILAKSANAKAN ATAS BIAYA:

Kopertis Wilayah V DIY

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

**Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Bantuan Penelitian Hibah
Kopertis 2017 bagi Dosen Perguruan Tinggi Swasta Tahun Anggaran 2017
Nomor: 244/BPDIPA/VI/2017, tanggal 6 Juni 2017**

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA**

**Oktober
2017**

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan kasih-Nya sehingga peneliti dapat menyajikan Laporan Kemajuan Penelitian Dosen Pemula dengan judul “Optimasi Model Distribusi Bantuan Bencana di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bantul.”

.”

Laporan akhir ini berisi tentang hasil kegiatan penelitian mulai bulan pertama sampai bulan ketiga. Hasil tersebut meliputi hasil pengumpulan data tingkat kerawanan wilayah, koordinat gudang, dan pembahasan model distribusi yang relevan untuk diterapkan pada saat terjadi gempa bumi di kabupaten Bantul.

Demikian Laporan Kemajuan Penelitian Dosen Pemula ini kami buat, semoga dapat berguna bagi masyarakat, akademisi, pemerintah daerah, BPBD dan segenap SKPD yang terkait dengan penanganan bencana.

Yogyakarta, Oktober 2017

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	lii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Bencana	4
2.2 Rantai Pasokan	5
2.3 Linear Programming	6
2.4 Penelitian Terdahulu	8
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	12
3.1 Tujuan Penelitian	12
3.2 Manfaat Penelitian	12
BAB 4 METODE PENELITIAN	13
4.1 Obyek Penelitian	13
4.2 Metode Pengumpulan data	13
4.3 Tahap Penelitian	13
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
5.1 Pengumpulan Data	15
5.2 Pengolahan Data	25
BAB 6 RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	40
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	41
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	11
Tabel 5.1 Rekapitulasi korban gempa bumi 2006	15
Tabel 5.2 Jumlah Penduduk Sebelum Gempa Bumi 2006	16
Tabel 5.3 Kerusakan Bangunan Pasca Gempa Bumi 2006	17
Tabel 5.4 Tingkat kerawanan	18
Tabel 5.5 Paket logistik pangan	19
Tabel 5.6 Paket Bantuan Sandang	19
Tabel 5.7 Paket Kids Ware	20
Tabel 5.8 Jumlah Desa dan Pedukuhan	20
Tabel 5.9 Jumlah kepala keluarga dan kepadatan penduduk	21
Tabel 5.10 Sarana transportasi Pemda dan SKPD Bantul	21
Tabel 5.11 Rasio Pemakaian BBM Truk Engkel	22
Tabel 5.12 Koordinat lokasi gudang penyalur	13
Tabel 5.13 Perhitungan Jarak dari BPBD ke Gudang Penyalur	23
Tabel 5.14 Perhitungan biaya transportasi	24
Tabel 5.15 Waktu Transportasi dari BPBD	25
Tabel 5.16 Skenario dampak bencana	26
Tabel 5.17 Hasil pengolahan data	33
Tabel 5.18 Jumlah distribusi dan alokasi	34
Tabel 5.19 Jumlah stok tersedia	34
Tabel 5.20 Jumlah alokasi pengiriman	35
Tabel 5.21 Sisa waktu tersedia	35
Tabel 5.22 Jumlah distribusi dan alokasi	36
Tabel 5.23 Hasil optimasi frekuensi pengiriman	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan <i>emergency management stakeholders</i>	5
Gambar 2.2 Contoh solusi linear programming	8
Gambar 4.1 Flow Chart Penelitian	14
Gambar 5.1 Peta Kerawanan Gempa Bumi	18
Gambar 5.2 Hasil solusi <i>infeasible</i>	30

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah kabupaten Bantul merupakan salah satu wilayah yang rawan bencana, karena berada dekat dengan area *megathrust java*, yang merupakan wilayah subduksi lempeng Indo-Australia ke lempeng Eurasia, sehingga berisiko terjadi gempa bumi. Gempa bumi yang pernah dialami dan menimbulkan kerusakan terbesar bagi kabupaten Bantul, terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 pukul 05:53 WIB. Dimana gempa bumi berkekuatan 5,9 Skala Richter menyebabkan dampak meninggalnya 4121 jiwa penduduk kabupaten Bantul, rusaknya puluhan ribu bangunan, infrastruktur pemerintahan dan sarana publik di kabupaten Bantul.

Kerusakan yang besar akibat gempa bumi 27 Mei 2006, menyebabkan ribuan kepala keluarga harus mengungsi karena rumahnya mengalami kerusakan dan trauma dengan gempa bumi. Kondisi tersebut masih ditambah dengan lumpuhnya sektor perekonomian masyarakat dan belum terbentuknya Badan Penanggulangan Bencana Daerah, sehingga menyebabkan penyampaian logistik bantuan belum optimal. Beberapa masalah yang timbul terkait dengan adanya permasalahan di dalam pendistribusian bantuan di kabupaten Bantul menurut Susetiono (2010), adalah keterlambatan pemenuhan kebutuhan pangan dan kesehatan bagi korban, bantuan tidak sesuai dengan kebutuhan baik dalam jumlah maupun jenis, kurangnya SDM untuk pendistribusian bantuan pangan dan kesehatan, serta biaya operasional untuk pendistribusian bantuan pangan dan kesehatan yang minim.

Gempa bumi sulit untuk diprediksi, karena memiliki ketidakpastian mengenai dimana pusat gempa, waktu terjadinya dan dampaknya, sehingga hampir tidak mungkin untuk menentukan kerusakan dan bantuan yang tepat sebelum kejadian (Döyen *et al*, 2011). Luasnya wilayah terdampak dan kerusakan akibat bencana gempa bumi memerlukan pencarian solusi yang efektif untuk memberikan respon yang cepat dan efisien, dengan menyediakan cepat barang-barang bantuan

seperti makanan darurat, air, dan obat untuk daerah-daerah yang terkena dampak parah (Balcik dan Beamon, 2008). Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka perlu dilakukan upaya *emergency response* untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan menjamin pemenuhan kebutuhan korban bencana.

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) kabupaten Bantul merupakan instansi pemerintah yang memiliki kewenangan untuk mendistribusikan bantuan logistik apabila terjadi bencana. Permasalahan dalam pendistribusian bantuan di BPBD kabupaten Bantul adalah keterbatasan jumlah kendaraan, jumlah pasokan dan luasnya wilayah, sementara penyampaian bantuan kepada masyarakat perlu segera disampaikan. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka masalah dalam pendistribusian logistik di kabupaten Bantul adalah bagaimana menyediakan solusi distribusi yang optimal agar produksi dapat berjalan dengan tepat waktu.

Berdasarkan permasalahan distribusi bantuan di BPBD kabupaten Bantul, maka masalah yang ada dapat dikategorikan sebagai *Vehicle Routing Problem Time Window* (VRPTW). Model VRPTW digunakan untuk mencari rute pengiriman tercepat, dengan waktu terbatas. Beberapa penelitian terkait masalah VRPTW dalam pendistribusian diantaranya diteliti oleh Barnes dan Carlton (1995), Carlton (1995), Potvin *et al* (1996), Alonso *et al* (2008), Kritikos dan Ioannou (2010), El-Sherbeny (2010), Boonsam *et al* (2012), Palit dan Selly (2012), Cahya (2013), Liu (2013), dan Mukhsinin (2013).

Beberapa penelitian mengembangkan pendekatan dengan metode Nearest Neighbour, diantaranya Boonsam *et al* (2012), Mukhsinin (2013). Pemilihan metode Nearest Neighbor dikarenakan pertimbangan Nearest Neighbor dapat memberikan suatu penugasan yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan metode heuristic lainnya.

Hasil yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah didapatkannya didapatkan rencana pendistribusian di BPBD Kabupaten Bantul, yang diharapkan dapat memiliki akurasi dan kecepatan yang tinggi, serta biaya pengiriman yang rendah. Diharapkan melalui model yang dikembangkan akan dapat dihasilkan solusi distribusi serta rencana taktis yang aplikatif dan dapat diterapkan apabila

suatu saat terjadi bencana. Diharapkan pendistribusian akan dapat merata, sehingga dampak sosial akibat bencana bagi masyarakat dapat diminimalkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengoptimalkan model *Vehicle Routing Problem with Time Windows* dengan menggunakan metode Nearest Neighbor, sehingga dihasilkan suatu model pendistribusian bantuan dari BPBD Kabupaten Bantul menuju gudang penyalur apabila terjadi bencana gempa bumi.

1.3 Batasan Penelitian

Agar penelitian lebih fokus dan terarah, maka ditentukan batasan penelitian sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian hanya di BPBD kabupaten Bantul.
2. Dampak bencana yang dimodelkan adalah bencana gempa bumi
3. Penentuan tingkat kerawanan wilayah didasarkan pada peta hazard bencana gempa bumi tahun 2011.
4. Tidak menganalisis biaya pendirian gudang.

BAB 2

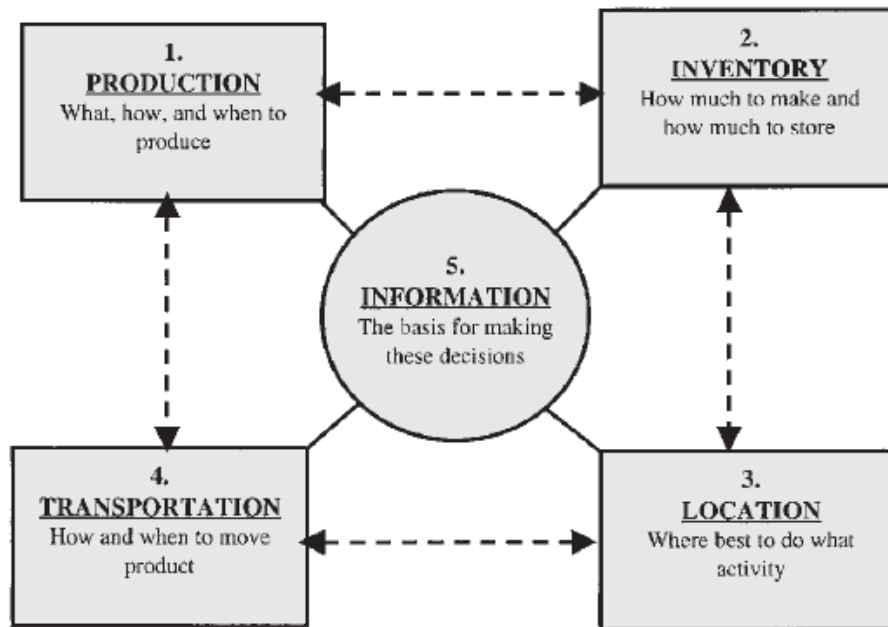
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Rantai Pasok

Manajemen rantai pasok atau *Supply Chain Management* memang merupakan suatu disiplin ilmu yang relatif baru dalam perkembangannya. Menurut Chopra dan Meindl (2007) rantai pasokan terdiri dari semua tahapan yang terlibat, secara langsung atau tidak langsung, dalam memenuhi permintaan konsumen. Rantai pasok tidak hanya mencakup produsen dan pemasok, tetapi juga pengangkut, gudang, pengecer, dan pelanggan sendiri." Dalam setiap organisasi, seperti produsen, rantai pasokan mencakup semua fungsi terlibat dalam menerima dan mengisi permintaan konsumen. Fungsi-fungsi ini termasuk, tetapi tidak terbatas pada, produk pengembangan, pemasaran, operasi, distribusi, keuangan, dan pelanggan layanan baru.

Menurut Chopra and Meindl (2007), rantai pasok memiliki sifat yang dinamis namun melibatkan tiga aliran yang konstan, yaitu aliran informasi, produk dan uang. Keputusan rantai pasokan dapat digolongkan sebagai strategis (desain), perencanaan, atau operasional, tergantung pada periode waktu di mana mereka berlaku. Keputusan-keputusan strategis berhubungan dengan menyediakan konfigurasi jaringan. Keputusan ini memiliki dampak jangka panjang yang berlangsung selama beberapa tahun. Keputusan perencanaan mencakup periode dari beberapa bulan sampai satu tahun dan mencakup keputusan rencana produksi, subkontrak dan promosi sepanjang tempoh itu. Keputusan operasional span dari menit sampai hari dan termasuk sequencing produksi dan mengisi pesanan khusus. Keputusan-keputusan strategis mendefinisikan kendala bagi keputusan perencanaan, dan keputusan perencanaan mendefinisikan kendala untuk keputusan operasional.

THE MAJOR SUPPLY CHAIN DRIVERS



Gambar 2.1 Hubungan wilayah dalam manajemen rantai pasok (Hugos, 2003)

Menurut Chopra dan Meindl (2007), rantai pasok memiliki sifat yang dinamis namun melibatkan tiga aliran yang konstan, yaitu aliran informasi, produk dan uang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Semua proses dalam rantai pasokan dapat dikelompokkan dalam dua kategori tergantung pada waktu eksekusinya relatif terhadap permintaan pelanggan akhir. Dengan proses tarik (*pull process*), eksekusi dimulai dalam menanggapi pesanan pelanggan. Dengan proses mendorong (*push process*), eksekusi dimulai dalam mengantisipasi pesanan pelanggan. Oleh karena itu, pada saat pelaksanaan proses tarik, permintaan pelanggan diketahui dengan pasti, sedangkan pada saat pelaksanaan proses mendorong, permintaan tidak diketahui dan harus diramalkan. Proses tarik dapat disebut juga sebagai proses reaktif karena mereka bereaksi terhadap permintaan pelanggan. Sementara proses mendorong juga dapat disebut sebagai proses spekulatif karena mereka menanggapi spekulasi atau perkiraan permintaan yang sebenarnya.

Pada tingkat tertinggi, kinerja jaringan distribusi rantai pasok harus dievaluasi menggunakan dua parameter yaitu:

1. Kebutuhan itu terpenuhi
2. Biaya untuk memenuhi kebutuhan pelanggan

Perusahaan harus mengevaluasi dampak layanan nasabah dan biaya seperti membandingkan pilihan jaringan distribusi yang berbeda. Meskipun layanan konsumen terdiri dari banyak komponen, kita harus berfokus pada langkah-langkah yang dipengaruhi oleh struktur jaringan distribusi. Diantaranya termasuk:

1. Waktu respon
Waktu respons adalah jumlah waktu yang dibutuhkan untuk pelanggan untuk menerima pesanan.
2. Variasi produk
Jumlah produk/konfigurasi yang berbeda yang ditawarkan oleh jaringan distribusi
3. Ketersediaan produk
Probabilitas stok produk pada saat terjadi pesanan pelanggan secara tiba-tiba
4. Pengalaman pelanggan
Pengalaman pelanggan terhadap pengiriman dan mendapatkan kemudahan dalam menerima pesanan
5. *Time to market*
Adalah waktu yang dibutuhkan untuk membawa produk baru ke pasar.
6. Ukuran Pesanan
Adalah kemampuan pelanggan untuk melacak pesanan mereka dari penempatan untuk pengiriman.
7. *Returnability*
Adalah kemudahan dengan mana pelanggan dapat kembali barang-barang yang tidak memuaskan dan kemampuan jaringan untuk menangani pengembalian tersebut.

2.2 Manajemen Rantai Pasok Logistik Bencana

Menurut Timoleon (2012), aktifitas logistik untuk bisnis dan logistik kondisi darurat secara umum memiliki aktifitas yang sama, yaitu meliputi perencanaan dan kesiapsiagaan, desain, pengadaan, transportasi, persediaan, pergudangan, distribusi dan kepuasan penerima. Singkatnya, semua logistik operasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga mereka mendapatkan barang langsung dari tempat yang tepat dan mendistribusikannya ke orang pada waktu yang tepat. Agar lebih memahami keputusan dan prioritas yang dibuat dalam operasi yang berkaitan dengan logistik kemanusiaan, kita perlu menilai karakteristik utama dari rantai pasokan kemanusiaan dibandingkan dengan rekan komersial.

Pada tingkat strategis, Beamon (2004) membedakan antara dua rantai pasokan dalam hal tujuan dan ukuran kinerja. Ketika rantai pasokan kemanusiaan untuk meminimalkan hilangnya nyawa dan meringankan penderitaan, rantai pasokan komersial terutama ingin memaksimalkan keuntungan. Uang bukanlah “obat mujarab” dalam bidang logistik kemanusiaan. Sebaliknya, kurangnya persiapan dari segi infrastruktur terganggu dan *prepositioning* barang, pendistribusian bantuan menuju *last mile* yang buruk, terbukti menghasilkan sejumlah besar bantuan yang tersedia tidak pernah mencapai para korban bencana. Berkaitan dengan ukuran kinerja, diakui bahwa langkah-langkah meminimalkan biaya secara tradisional tidak sentral dalam rantai pasokan kemanusiaan. Ada langkah-langkah lain seperti waktu yang diperlukan untuk merespon bencana, atau kemampuan untuk memenuhi kebutuhan bencana yang menggambarkan kinerja yang lebih tepat.

Dalam konteks bencana, penting untuk memastikan efektifitas dan efisiensi pengiriman, seperti yang sesuai komoditas dan orang-orang mencapai korban darurat. Dalam upaya mengoptimalkan kinerja logistik maka diperlukan hubungan antara semua pihak yang terlibat melalui pendekatan terpadu untuk efisien dan efektif koordinasi antar-organisasi kinerja, menghilangkan redundansi dan memaksimalkan efisiensi di sepanjang *emergency supply chain*. Meskipun manajemen logistik lebih terfokus pada memindahkan sesuatu atau seseorang dari

titik asal ke tujuan sementara manajemen rantai pasokan lebih berfokus pada hubungan antara pihak-pihak yang dapat membuat pemindahan menjadi memungkinkan. Peran manajemen logistik dan manajemen rantai pasokan merupakan suatu hal yang penting dalam mengatur respon terhadap rantai pasok (Cozzolino, 2012).

Melalui kerja sama dalam kedua rantai pasok dan logistik operasi, organisasi yang terlibat dapat menunjukkan perbaikan berikut:

1. Ketangkasan (*agility*), kemampuan untuk menanggapi penyebaran cepat pada permintaan
2. Kemampuan adaptasi (*adaptability*), kemampuan untuk menyesuaikan desain rantai pasokan untuk mengakomodasi perubahan dalam permintaan.
3. Kesejajaran (*alignment*), kemampuan untuk menetapkan insentif bagi mitra rantai suplai kami untuk meningkatkan kinerja rantai seluruh rantai.
4. Manajemen garis depan (*forefront*), kemampuan untuk secara aktif terlibat dalam menjalankan bantuan operasi di tempat kejadian bencana;
5. Manajemen *back-office*, kemampuan untuk merencanakan kegiatan-kegiatan dan melakukan analisis.

2.3 Vehicle Routing Problem

Vehicle Routing Problem (VRP) dapat didefinisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah *vehicle* yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. Solusi yang dikembangkan dalam VRP adalah untuk menentukan rute kendaraan yang melayani beberapa pelanggan (*customer*), dengan kapasitas angkut tertentu, dimana setiap pelanggan memiliki *demand*. Setiap pelanggan hanya boleh dikunjungi sekali dan total *demand* tidak boleh melebihi kapasitas angkut kendaraan yang dipakai. Selain itu, setiap kendaraan harus berangkat dan kembali pada *depot* yang sama. Tujuan dari VRP di sini adalah untuk meminimalkan total jarak tempuh dan jumlah armada yang digunakan (Palit dan Sherly, 2012).

Karakteristik permasalahan dari VRP adalah terdapat pertimbangan terhadap komponen utama, kendala, dan tujuan yang mungkin dapat dioptimalkan. Keempat komponen utama dari VRP adalah (Labadie *et al*, 2016).:

1. Jaringan (*network*), yang pada umumnya digambarkan ke dalam bentuk grafik.
2. Tempat yang dikunjungi (*pelanggan*), yang pada umumnya dilambangkan sebagai pelanggan yang memiliki permintaan khusus sering disebut permintaan.
3. Armada kendaraan, yang direpresentasikan sebagai mobil untuk melakukan
4. Depot, tempat dimana kendaraan mulai melakukan distribusi dan kembali

Vehicle routing problem with time windows adalah salah satu model dari permasalahan VRP. Dimana VRP with Time Windows (VRPTW) dalam dimana kendala kapasitas dikenakan dan setiap pelanggan diperhitungkan dengan interval waktu, yang disebut jendela waktu. Waktu kendaraan meninggalkan depot, waktu perjalanan, menuju masing-masing node dan waktu layanan tambahan untuk setiap pelanggan juga dipertimbangkan dalam VRPTW. Pelayanan setiap pelanggan harus mulai dalam jendela waktu yang terkait, dan kendaraan harus berhenti di lokasi pelanggan untuk waktu tertentu (Toth dan Vigo, 2002).

VRP dapat dilihat sebagai kombinasi dari dua permasalahan optimasi *Bin Packing Problem* (BPP) dan *Travelling Salesman Problem* (TSP). Dimana BPP merupakan upaya untuk menentukan jumlah bin minimum yang diperlukan, dimana satu item hanya dapat berada dalam satu *bin* saja, dan total kapasitas item pada setiap *bin* tidak boleh melebihi kapasitas dari *bin* tersebut. Sementara itu, TSP adalah sebuah permasalahan tentang seorang *salesman* yang ingin mengunjungi sejumlah kota, dimana dalam penugasannya dimulai dan diakhiri dari kota awal. Dengan demikian permasalahan TSP adalah untuk menemukan jalur terpendek melalui semua kota yang ada.

Dalam penggunaan VRP untuk dunia nyata, banyak faktor sampingan yang muncul. Faktor-faktor tersebut berpengaruh pada munculnya variasi dari VRP, antara lain (Prana, 2008):

1. *Capacitated VRP (CVRP)*

Capacitated VRP (CVRP) adalah permasalahan dasar dari VRP. Dalam *Capacitated VRP*, semua pelanggan dan kebutuhannya telah ditentukan sebelumnya sehingga tidak akan terpecah. Kendaraan yang digunakan memiliki batasan kapasitas, seragam dan berbasis di depot pusat. Tujuan dari pencarian solusi dengan *CVRP* menurut Prana (2008) adalah meminimalisasi jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan, dan total permintaan barang untuk tiap rute tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan yang melewati rute tersebut.

2. *VRP with Time Windows (VRPTW)*

VRP with Time Windows (VRPTW) adalah pengembangan dari *CVRP* dengan mengembangkan batasan yang digunakan dan setiap pelanggan dikaitkan dengan interval waktu yang disebut *time windows*. Semua waktu termasuk kendaraan meninggalkan depot, waktu tempuh, dan waktu servis tambahan untuk setiap pelanggan. Tujuan yang hendak dicapai dari penyelesaian *VRPTW* adalah ditujukan untuk meminimalkan total biaya, dengan mempertimbangkan batasan *time windows*. Tujuan dari pencarian solusi *VRPTW* menurut Prana (2008) adalah meminimalisasi jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan dan waktu menunggu yang dibutuhkan untuk menyuplai semua pelanggan pada jam-jam tertentu.

3. *Multiple Depot VRP (MDVRP)*

Multiple Depot VRP (MDVRP) digunakan apabila pelanggan pelanggan terkumpul di sekitar depot-depot yang ada saling bercampur aduk (tidak terkumpul secara teratur, bisa ada satu pelanggan dilayani lebih dari satu depot atau sebaliknya) maka masalahnya menjadi *Multi Depot Vehicle Routing Problem* atau *MDVRP*. Tujuan utama dari *MDVRP* menurut Prana (2008) adalah untuk meminimalisasi jumlah kendaraan dan total waktu

perjalanan dan total permintaan barang yang harus dilakukan dari beberapa depot.

4. *VRP with Pick-Up and Delivering (VRPPD)*

Vehicle Routing Problem with Pick-up and Delivering atau VRPPD adalah sebuah VRP dimana terdapat peluang kejadian pelanggan mengembalikan barang yang sudah diantarkan. Dalam VRPPD perlu diperhatikan bahwa barang yang dikembalikan dapat dimasukkan ke dalam kendaraan pengantar. Menurut Prana (2008), tujuan VRPPD adalah meminimalisasi jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan dengan batasan bahwa kendaraan yang digunakan harus punya kapasitas yang cukup untuk mengantarkan barang ke pelanggan dan pengembalian barang ke depot.

5. *Split Delivery VRP (SDVRP)*

Split Delivery Vehicle Routing Problem atau SDVRP adalah perluasan VRP dimana setiap pelanggan dapat dilayani dengan kendaraan yang berbeda dengan catatan biayanya dapat berkurang. Perluasan ini perlu dilakukan bilamana jumlah permintaan pelanggan sama besar dengan kapasitas dari kendaraan. Tujuan SDVRP menurut Prana (2008) adalah meminimalisasi jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan untuk pelayanan. Solusi yang dihasilkan dianggap layak apabila tiap rute memenuhi batasan standar VRP ditambah setiap pelanggan bisa dilayani oleh lebih dari satu kendaraan.

6. *Stochastic VRP (SVRP)*

Stochastic Vehicle Routing Problem atau SVRP adalah variasi VRP yang terjadi apabila faktor samping yang muncul bersifat acak. Terdapat tiga bentuk SVRP menurut (Prana, 2008), yaitu pelanggan bersifat stochastic, waktu bersifat stochastic, dan permintaan bersifat stochastic. Tujuan dari solusi yang dikembangkan pada SVRP adalah meminimalisasi jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan untuk melayani pelanggan dengan nilai random untuk tiap pengantaran (pelanggan, permintaan, waktu).

7. *Periodic VRP*

Periodic Vehicle Routing Problem atau PVRP, merupakan VRP yang digeneralisasi dengan memperluas rentang perencanaan pengiriman

menjadi M hari, dari semula hanya dalam rentang sehari. PVRP digunakan untuk mengatur rute perjalanan yang tidak dilakukan setiap hari. Tujuan PVRP menurut Prana (2008) adalah untuk meminimalisasi jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan untuk melayani tiap pelanggan.

2.4 Metode *Nearest Neighbor*

Metode *Nearest Neighbor* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1983 dan merupakan metode yang sangat sederhana dan tamak. Pada setiap iterasinya, dilakukan pencarian pelanggan terdekat dengan pelanggan yang terakhir untuk ditambahkan pada akhir rute tersebut. Rute baru dimulai dengan cara yang sama jika tidak terdapat posisi yang fisibel untuk menempatkan pelanggan baru karena kendala kapasitas atau time windows (Braysy & Gendreau, 2005).

Cara kerja metode ini adalah sebagai berikut. Pertama-tama, semua rute kendaraan masih kosong. Dimulai dari rute kendaraan pertama, metode ini memasukkan (insert) satu persatu customer terdekat (*nearest neighbor*) yang belum dikunjungi ke dalam rute, selama memasukkan customer tersebut ke dalam rute kendaraan tidak melanggar batasan kapasitas maksimum kendaraan tersebut (atau batasan-batasan yang dijabarkan oleh varian VRP yang lain). Kemudian proses yang sama juga dilakukan untuk kendaraan-kendaraan berikutnya, sampai semua kendaraan telah penuh atau semua customer telah dikunjungi (Gunawan, 2012).

Algoritma metode *Nearest Neighbor* (Gunawan, 2012) adalah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan tujuan sesuai dengan data awal
2. Berawal dari gudang, kemudian mencari lokasi pelanggan yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terpendek dari gudang. Sebagai lokasi pertama
3. Lanjutkan ke lokasi lain yang memiliki jarak terdekat dari lokasi yang terpilih sebelumnya dan jumlah pengiriman tidak melebihi kapasitas kendaraan
 - a. Apabila ada lokasi yang terpilih sebagai lokasi berikutnya dan terdapat sisa kapasitas kendaraan, dilanjutkan ke langkah (b).

- b. Bila kendaraan tidak memiliki sisa kapasitas, kembali ke langkah (a).
 - c. Bila tidak ada lokasi yang terpilih karena jumlah pengiriman melebihi kapasitas kendaraan, maka kembali ke langkah (a). Dimulai lagi dari gudang dan mengunjungi pelanggan yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terdekat.
 - d. Apabila semua lokasi pada kelompok pertama selesai namun waktu dan muatan masih sisa, maka dilanjutkan dengan memilih lokasi pada rute selanjutnya dengan memilih lokasi terdekat terhadap lokasi terakhir pada kelompok pertama hingga waktu atau muatan mendekati kapasitas maksimal, untuk memulai rute selanjutnya dimulai dari depot dilanjutkan seperti langkah (a)
4. Bila semua pelanggan telah dikunjungi tepat satu kali maka algoritma berakhir.

2.5 Perhitungan Jarak Tempuh

Sistem Koordinat ialah suatu cara untuk menentukan suatu daerah dengan menggunakan sistem koordinat geografis. Sistem koordinat permukaan bumi secara keseluruhan menggunakan sistem geografik yang diukur dalam derajat (*degree*). Garis-garis lingkaran yang menghubungkan kutub utara ke kutub selatan dikenal dengan nama garis-garis bujur atau garis meridian (*longitude*), sementara garis-garis lingkaran yang tegak lurus terhadap garis meridian dikenal dengan nama garis lintang (*latitude*).

Dikarenakan bumi berbentuk bulat, maka dalam penentuan koordinat bujur dan lintang menggunakan pendekatan lingkaran pada matematika, dimana koordinat lingkaran ditentukan sebagai berikut derajat ($^{\circ}$), menit ($'$) dan detik ($''$), dimana ditentukan :

1 $^{\circ}$ bujur/lintang	= 111,322 Km
1 $^{\circ}$ bujur/lintang	= 60 menit = 3600 detik
1' bujur/lintang	= 1.885,37 meter
1'' bujur/lintang	= 30,9227

Salah satu pendekatan teorema Haversine Formula adalah sebuah persamaan yang penting dalam bidang navigasi, untuk mencari jarak busur antara dua titik pada bola dari longitude dan latitude. Ini merupakan bentuk persamaan khusus dari trigonometri bola, *law of haversines*, mencari hubungan sisi dan sudut pada segitiga dalam bidang bola.

$$a = \sin^2(\Delta\phi/2) + \cos \phi_1 \cdot \cos \phi_2 \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2) \quad (2.1)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (2.2)$$

$$d = R \cdot c \quad (2.3)$$

dimana

$\phi = \text{latitude}$

$\lambda = \text{longitude}$

$R = \text{earth's radius (mean radius = 6,371km)}$

Berdasarkan persamaan 2.1 hingga 2.3, maka selanjutnya dapat ditentukan:

$$\text{Jarak} = 2r \cdot \arcsin \left\{ \sqrt{\sin^2 \left(\frac{\text{Lat}_1 - \text{Lat}_2}{2} \right) + \cos(\text{Lat}_1) \cdot \cos(\text{Lat}_2) \cdot \sin^2 \left(\frac{\text{Long}_1 - \text{Long}_2}{2} \right)} \right\} \quad (2.4)$$

Penentuan biaya operasi kendaraan didasarkan pada Pedoman Konstruksi dan Bangunan (DPU, 2005). Dimana dijelaskan bahwa perhitungan geometri jalan yang diperhitungkan dalam model persamaan hanya faktor alinemen vertikal, yang terdiri dari tanjakan dan turunan. Dimana alinemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai medan jalan ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tanjakan dan turunan rata-rata (DPU, 2005)

Kondisi Medan	Tanjakan rata-rata (m/km)	Turunan rata-rata (m/km)
Datar	2,5	-2,5
Bukit	12,5	-12,5
Pegunungan	22,5	-22,5

Banyaknya tikungan juga akan mempengaruhi konsumsi BBM, sehingga derajat tikungan rata-rata ditentukan berdasarkan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Derajat tikungan rata-rata (DPU, 2005)

No	Kondisi Medan	Derajat tikungan ($^{\circ}$ /km)
1	Datar	15
2	Bukit	115
3	Pegunungan	200

Masing-masing kendaraan memiliki berat untuk masing-masing kendaraan yang direkomendasikan, rekomendasi untuk truk ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Berat kendaraan total yang direkomendasikan (DPU, 2005)

Kondisi Medan	Nilai minimum (ton)	Nilai Maksimum (ton)
Truk Ringan	3,5	6
Truk Sedang	10	15
Truk Berat	15	25

Percepatan rata-rata dan simpangan baku percepatan lalu lintas dalam suatu ruas jalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_R = 0,0128 \times (V/C) \quad (2.5)$$

$$SA = SA \max (1,04 / (1 + e^{(a_0 + a_1) * V/C})) \quad (2.6)$$

Penentuan nilai rasio V/C atau karakteristik tingkat pelayanan dilakukan dengan menggunakan pertimbangan Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Karakteristik Pelayanan Jalan (Sitindaon, 2013)

No	Tingkat Pelayanan	Karakteristik	V/C Ratio
1	A	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi arus bebas • Kecepatan tinggi ≥ 100 km/jam • Volume lalu lintas sekitar 30% dari kapasitas (600 smp/jam/lajur) 	0,0 – 0,2
2	B	<ul style="list-style-type: none"> • Arus stabil • Kecepatan lalu lintas sekitar 90 km/jam • Volume lalu lintas sekitar 50% dari kapasitas (1000 smp/jam/lajur) 	0,21 – 0,44
3	C	<ul style="list-style-type: none"> • Arus stabil • Kecepatan lalu lintas ≥ 75 km/jam • Volume lalu lintas sekitar 50% dari kapasitas (1500 smp/jam/lajur) 	0,45 – 0,75
4	D	<ul style="list-style-type: none"> • Arus mendekati tidak stabil • Kecepatan lalu lintas sekitar 60 km/jam • Volume lalu lintas sekitar 90% dari kapasitas (1800 smp/jam/lajur) 	0,76 – 0,84
5	E	<ul style="list-style-type: none"> • Arus tidak stabil • Kecepatan lalu lintas sekitar 50 km/jam • Permintaan mendekati kapasitas (2000 smp/jam/lajur) 	0,85 – 1,00
6	F	<ul style="list-style-type: none"> • Arus tertahan, kondisi terhambat • Kecepatan ≤ 50 km/jam 	>1,00

Biaya konsumsi bahan bakar diperhitungkan berdasarkan kecepatan rata-rata lalu lintas dengan persamaan:

$$KBBM_i = (\alpha + \beta_1/V_R + \beta_2 \times V_R^2 + \beta_3 \times R_R + \beta_4 \times F_R + \beta_5 \times F_R^2 + \beta_6 \times DT_R + \beta_7 \times A_R + \beta_8 \times SA + \beta_9 \times BK + \beta_{10} \times BK \times A_R + \beta_{11} \times BK \times SA) / 1000 \quad (2.7)$$

$$BiBBM_i = KBBM_i \times HBBM_j \quad (2.8)$$

Dimana:

BiBBM _i	= Biaya konsumsi bahan bakar minyak jenis kendaraan i (Rp/km)
KBBM _i	= Konsumsi bahan bakar minyak jenis kendaraan i dalam liter/km
HBBM _j	= Harga bahan bakar untuk jenis BBM j (Rp/liter)
i	= Jenis kendaraan
j	= Jenis bahan bakar minyak solar
α	= konstanta
β ₁ ...β ₁₂	= Koefisien-koefisien parameter
V _R	= Kecepatan rata-rata
R _R	= Tanjakan rata-rata
F _R	= Turunan rata-rata
DT _R	= Derajat tikungan rata-rata
A _R	= Percepatan rata-rata
SA	= Simpangan baku percepatan (m/s ²)
SA max	= Simpangan baku percepatan maksimum (m/s ²) (default = 0,75)
aA0, a1	= Koefisien parameter (default a0=5,140; a1=-8,264)
V	= Volume lalu lintas (smp/jam)
C	= Kapasitas jalan (smp/jam)
BK	= Berat kendaraan

Nilai koefisien parameter untuk kendaraan jenis truk ringan, sedang dan berat ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai koefisien untuk truk ringan, sedang dan berat

Jenis Kendaraan	α	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}	β_{10}
Truk ringan	70	524,6	0,0020	1,732	0,945	-	-	124,4	-	-		50,02
Truk sedang	97,7	-	0,0135	0,7365	5,706	0,03878	-0,0858	-	-	6,6691	36,46	17,28
Truk berat	190,30	3829,7	0,0196	14,536	7,225	-	-	-	-		11,41	10,92

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Obyek Penelitian

Obyek dalam penelitian ini adalah distribusi logistik di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta pada saat mengalami bencana gempa bumi, yang dalam pertimbangannya ditentukan berdasarkan pertimbangan tingkat bahaya dalam menghadapi bencana gempa bumi.

3.2 Metode Pengumpulan data

Instrumen yang digunakan untuk memperoleh data dalam penelitian ini adalah:

1. Observasi

Observasi dilakukan dengan melihat kondisi daerah penelitian, sehingga didapatkan masukan yang terkait rute distribusi.

2. Studi Pustaka

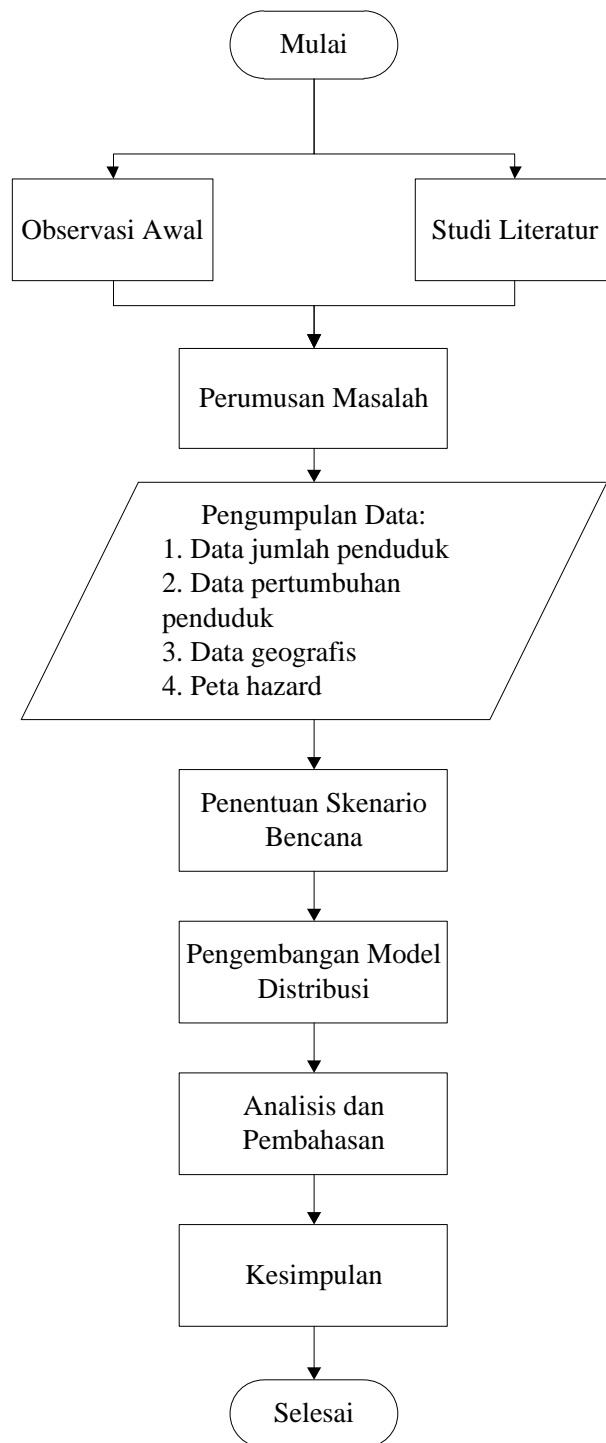
Studi pustaka dilakukan untuk mencari sumber informasi mengenai landasan teori, buku acuan, kerangka berpikir ilmiah dan sistematika penelitian.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mencari sumber informasi dari pelaku yang terkait dengan upaya mitigasi dan penanganan bencana.

3.4 Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap penelitian. Tahapan dari langkah-langkah penelitian digambarkan pada Gambar 3.1.



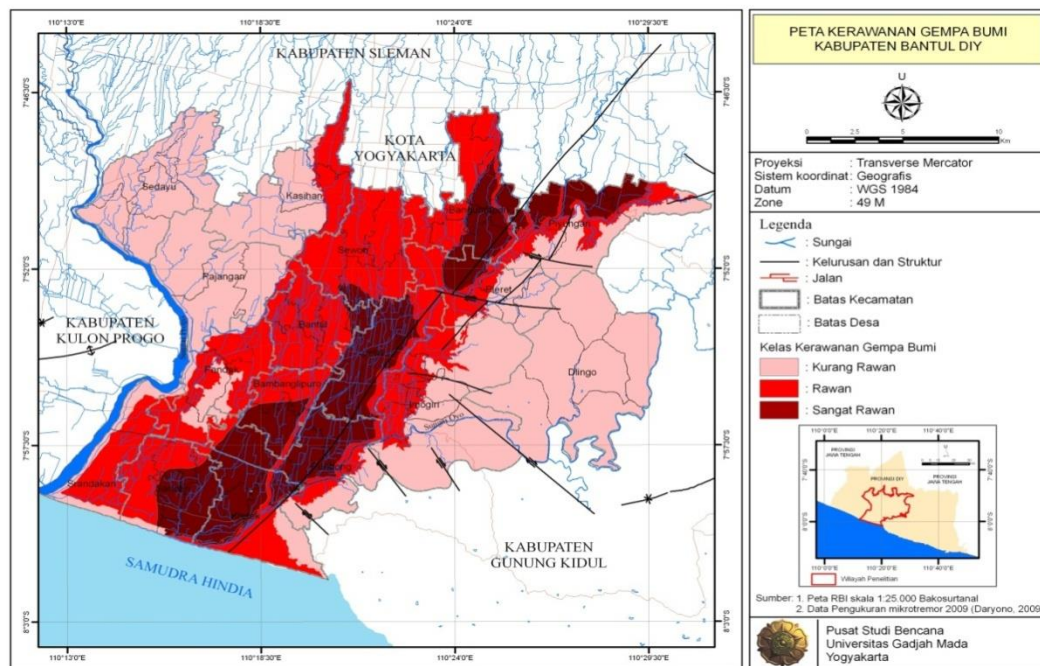
Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Skenario Dampak Bencana

Bencana gempa bumi 2006 menyebabkan ribuan korban jiwa dan ratusan ribu penduduk mengungsi. Tingkat kerawanan gempa bumi kabupaten Bantul ditentukan berdasarkan microzonasi dan kedekatan terhadap sumber gempa dan opak *fault*. Berdasarkan Pusat Studi Bencana dapat ditentukan tingkat kerawanan pada masing-masing wilayah di kabupaten Bantul, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta Kerawanan Gempa Bumi

Hasil penentuan micro zonasi mendapatkan bahwa hampir semua wilayah kecamatan di bantul memiliki tingkat kerawanan rawan dan sangat rawan, kecuali pada kecamatan Sedayu, Pajangan dan Dlingo. Berdasarkan Gambar 4.1 dapat ditentukan daerah yang memiliki tingkat kerawanan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tingkat kerawanan

Kecamatan	Tingkat Kerawanan
Srandakan	Kurang Rawan

Sanden	Sangat Rawan
Kretek	Sangat Rawan
Pundong	Rawan
Bambanglipuro	Rawan
Pandak	Rawan
Bantul	Rawan
Jetis	Sangat Rawan
Imogiri	Sangat Rawan
Dlingo	Kurang Rawan
Pleret	Rawan
Piyungan	Sangat Rawan
Banguntapan	Sangat Rawan
Sewon	Rawan
Kasihani	Kurang Rawan
Pajangan	Rawan
Sedayu	Rawan

Berdasarkan kondisi populasi pada saat ini, didapatkan data sebaran Desa, pedukuhan dan Rukun Tetangga (RT) di kabupaten Bantul ditunjukkan Tabel 4.2. Sementara data jumlah penduduk, kepala keluarga dan kepadatan penduduk, ditunjukkan seperti Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Jumlah Desa dan Pedukuhan

Kecamatan	Desa	Pedukuhan	RT
Srandakan	2	43	254
Sanden	4	62	272
Kretek	5	52	258
Pundong	3	49	251
Bambanglipuro	3	45	291
Pandak	4	49	283
Bantul	5	50	364
Jetis	4	64	377
Imogiri	8	72	431
Dlingo	6	58	321
Pleret	5	47	270
Piyungan	3	60	340
Banguntapan	8	57	608
Sewon	4	53	453
Kasihani	4	53	453
Pajangan	3	55	272
Sedayu	4	54	339
Total	75	923	5837

Sumber: BPS kabupaten Bantul (2014)

Tabel 4.3 Jumlah kepala keluarga dan kepadatan penduduk

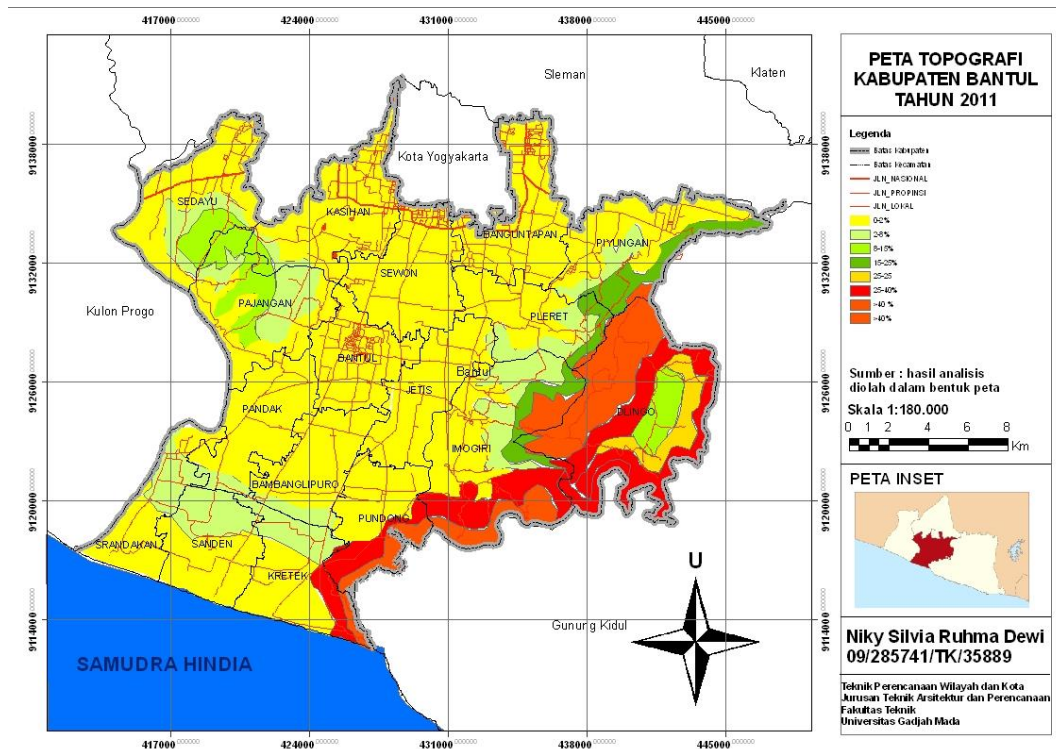
Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Jumlah Kepala Keluarga	Jumlah Penduduk (orang)	Kepadatan Penduduk (orang/Km ²)
Srandakan	18,32	9.150	28.935	1.579
Sanden	23,16	10.054	29.939	1.293
Kretek	26,77	9.659	29.829	1.114
Pundong	23,68	10.367	32.097	1.355
Bambanglipuro	22,70	12.381	37.921	1.671
Pandak	24,30	16.119	48.558	1.998
Bantul	21,95	17.958	61.344	2.795
Jetis	24,47	18.949	53.592	2.190
Imogiri	54,49	20.571	57.534	1.056
Dlingo	55,87	12.062	36.165	647
Pleret	22,97	12.993	45.316	1.973
Piyungan	32,54	14.558	52.156	1.603
Banguntapan	28,48	29.261	131.584	4.620
Sewon	27,16	26.375	110.355	4.063
Kasih	32,38	30.403	119.271	3.683
Pajangan	33,25	9.792	34.467	1.037
Sedayu	34,36	16.152	45.952	1.337

Sumber: BPS Kabupaten Bantul (2014)

Berdasarkan pertimbangan terhadap tingkat kerusakan dari data historis gempa bumi tahun 2006, pertimbangan terhadap tingkat kerawanan wilayah, serta berdasarkan pertimbangan terhadap intensitas gempa bumi, maka dalam penelitian ini ditentukan 2 skenario bencana ditunjukkan untuk memodelkan dampak bencana gempa bumi terhadap populasi dengan intensitas dan kerusakan yang berbeda. Adapun skenario bencana tersebut memodelkan bencana gempa bumi dengan kekuatan tinggi yang dimodelkan mampu menimbulkan jumlah korban mengungsi 80% dari populasi pada daerah dengan tingkat sangat rawan, 60% pada daerah dengan tingkat rawan, dan 40% pada daerah dengan tingkat kurang rawan.

4.2 Perhitungan Biaya Transportasi

Kabupaten Bantul secara topografis terbagi menjadi daerah dataran, daerah perbukitan serta daerah pantai. Wilayah perbukitan berada di sisi barat dan timur sementara daerah pantai berada di bagian selatan. Secara umum penjelasan kondisi topografi di kabupaten Bantul ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Peta topografi kabupaten Bantul

Sejumlah 16 gudang penyalur berada di wilayah dengan ketinggian kurang dari 100 m dpl, kecuali untuk kecamatan Dlingo dan Pajangan yang harus ditempuh dengan melalui wilayah berketinggian antara 100-499 m dpl. Hal ini karena sebagian wilayah Dlingo adalah wilayah perbukitan.

Pendistribusian paket logistik kemanusiaan dari BPBD dilakukan melalui jalur pemerintahan di tingkat kecamatan, adapun data koordinat Gudang Utama (BPBD Kabupaten Bantul) dan Gudang Penyalur (Kecamatan) ditunjukkan pada Tabel 4.4. Koordinat gudang utama yaitu Kantor BPBD kabupaten Bantul (i) yang berlokasi di Sumuran, Palbapang, Bantul, dengan koordinat $7^{\circ}53'57''$ LS $110^{\circ}19'18''$ BT.

Tabel 4.4 Koordinat lokasi gudang penyalur

Kecamatan	Notasi	Koordinat
Srandakan	j ₁	$7^{\circ}56' 20,01''$ LS $110^{\circ}14' 46,6''$ BT
Sanden	j ₂	$7^{\circ}58'05,3''$ LS $110^{\circ}15'56,1''$ BT
Kretek	j ₃	$7^{\circ} 58' 20,4''$ LS $110^{\circ} 19' 06,8''$ BT
Pundong	j ₄	$7^{\circ} 57' 21,15''$ LS $110^{\circ} 20' 37,09''$ BT
Bambanglipuro	j ₅	$7^{\circ} 56' 58,14''$ LS $110^{\circ} 17' 47,00''$ BT
Pandak	j ₆	$7^{\circ} 54' 35,63''$ LS $110^{\circ} 17' 50,46''$ BT

Kecamatan	Notasi	Koordinat
Bantul	j ₇	7° 53' 00,3" LS 110° 19' 55,1" BT
Jetis	j ₈	7° 53' 49,6" LS 110° 22' 27,1" BT
Imogiri	j ₉	7° 55' 14,9" LS 110° 22' 53,6" BT
Dlingo	j ₁₀	7° 56' 07,0" LS 110° 27' 54,5" BT
Pleret	j ₁₁	7° 51' 59,73" LS 110° 24' 27,2" BT
Piyungan	j ₁₂	7° 50' 18,7" LS 110° 28' 35,5" BT
Banguntapan	j ₁₃	7° 49' 43,1" LS 110° 24' 39,1" BT
Sewon	j ₁₄	7° 50' 58,13" LS 110° 21' 33,4" BT
Kasih	j ₁₅	7° 49' 42,30" LS 110° 20' 40,97" BT
Pajangan	j ₁₆	7° 53' 03,2" LS 110° 16' 15,4" BT
Sedayu	j ₁₇	7° 48' 49,7" LS 110° 15' 30,3" BT

Sumber: BPS Kabupaten Bantul (2014)

Berdasarkan koordinat Tabel 4.4, dapat dilakukan perhitungan jarak gudang utama BPBD Kabupaten Bantul (i) dan gudang penyalur (x). Berdasarkan bantuan software Kalkulasi Azimuth maka didapatkan perhitungan jarak menggunakan kalkulasi Azimuth didapatkan penentuan jarak seperti ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perhitungan jarak antar node

		Jarak (KM)																	
		X	j1	j2	j3	j4	j5	j6	j7	j8	j9	j10	j11	j12	j13	j14	j15	j16	j17
X	BPBD	0	9,39	9,81	8,09	6,72	6,23	2,93	2,08	5,79	7,02	16,30	10,12	18,33	12,54	6,88	8,22	5,85	11,72
j1	Srandakan	9,39	0	3,87	8,77	10,88	5,64	6,47	11,25	14,82	15,03	24,11	19,48	27,68	21,84	15,89	16,32	6,62	13,88
j2	Sanden	9,81	3,87	0	5,85	8,7	3,97	7,32	11,88	14,3	13,8	22,27	19,24	27,29	22,21	16,68	17,72	9,29	17,07
j3	Kretek	8,09	8,77	5,85	0	3,31	3,51	7,28	9,93	10,32	8,97	16,65	15,25	22,83	18,85	14,29	16,16	11,06	18,72
j4	Pundong	6,72	10,88	8,7	3,31	0	5,25	7,2	8,11	7,31	5,7	13,57	12,12	19,55	15,89	11,88	14,08	11,26	18,29
j5	Bambanglipuro	6,23	5,64	3,97	3,51	5,25	0	4,37	8,28	10,34	9,9	18,65	15,29	23,32	18,36	13,04	14,39	7,73	15,56
j6	Pandak	2,93	6,47	7,32	7,28	7,2	4,37	0	4,81	8,58	9,35	18,69	13,05	21,25	15,39	9,54	10,4	4,06	11,45
j7	Bantul	2,08	11,25	11,88	9,93	8,11	8,28	4,81	0	5,58	9,35	18,69	13,05	21,25	15,39	9,54	10,4	4,06	11,45
j8	Jetis	5,79	14,82	14,3	10,32	7,31	10,34	8,58	5,58	0	2,74	10,87	4,99	13	8,57	5,51	8,25	11,46	15,73
j9	Imogiri	7,02	15,03	13,8	8,97	5,7	9,9	9,35	9,35	2,74	0	9,34	6,64	13,86	10,68	8,25	10,98	12,83	17,99
j10	Dlingo	16,30	24,11	22,27	16,65	13,57	18,65	18,69	18,69	10,87	9,34	0	9,89	10,76	13,21	15,03	17,76	22,12	26,43
j11	Pleret	10,12	19,48	19,24	15,25	12,12	15,29	13,05	13,05	4,99	6,64	9,89	0	8,21	4,21	5,64	8,11	15,17	17,43
j12	Piyungan	18,33	27,68	27,29	22,83	19,55	23,32	21,25	21,25	13	13,86	10,76	8,21	0	7,32	12,97	14,56	23,2	24,18
j13	Banguntapan	12,54	21,84	22,21	18,85	15,89	18,36	15,39	15,39	8,57	10,68	13,21	4,21	7,32	0	6,13	7,29	16,59	16,87
j14	Sewon	6,88	15,89	16,68	14,29	11,88	13,04	9,54	9,54	5,51	8,25	15,03	5,64	12,97	6,13	0	2,83	10,46	11,79
j15	Kasih	8,22	16,32	17,72	16,16	14,08	14,39	10,4	10,4	8,25	10,98	17,76	8,11	14,56	7,29	2,83	0	10,2	9,64
j16	Pajangan	5,85	6,62	9,29	11,06	11,26	7,73	4,06	4,06	11,46	12,83	22,12	15,17	23,2	16,59	10,46	10,2	0	7,9
j17	Sedayu	11,72	13,88	17,07	18,72	18,29	15,56	11,45	11,45	15,73	17,99	26,43	17,43	24,18	16,87	11,79	9,64	7,9	0

Sarana transportasi yang digunakan dalam upaya pendistribusian logistik pada saat terjadi bencana gempa bumi merupakan semua alat transportasi dari berbagai SKPD, Dinas, dan TNI/POLRI yang berada di wilayah kabupaten Bantul. Jumlahnya ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Sarana transportasi Pemda dan SKPD Bantul

Jenis Kendaraan	Jumlah
Jeep	14
Mini Bus / Station Wagon	314
Pick Up	19
Truk	49

Sumber: BPS Kabupaten Bantul (2014)

Dengan mempertimbangkan berbagai asumsi, maka armada yang layak dijadikan sebagai alat angkut untuk distribusi logistik adalah truk dengan tingkat *availability* 75% dari keseluruhan truk yang ada.

$$\text{Alokasi truk} = \text{truk tersedia} \times \text{availability}$$

$$\text{Alokasi truk} = 49 \text{ unit} \times 80\%$$

$$\text{Alokasi truk} = 39,2 \sim 39 \text{ unit}$$

Berdasarkan pertimbangan luasnya area, maka sebanyak 50% dari total truk tersedia akan digunakan untuk transportasi dari gudang utama ke gudang penyalur, sementara sisanya akan digunakan untuk distribusi dari gudang penyalur ke posko. Dengan demikian maka jumlah truk yang digunakan untuk distribusi dari gudang utama ke gudang penyalur adalah sebagai berikut:

$$\text{Alokasi truk} = 39 \text{ unit} \times 50\% = 19,5 \text{ unit}$$

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka dapat ditentukan alokasi truk untuk distribusi logistik dari gudang utama ke gudang penyalur adalah 20 unit, sedangkan distribusi dari gudang penyalur ke posko adalah 19 unit. Truk yang tersedia adalah truk milik SKPD di kabupaten Bantul dengan kapasitas yang bervariasi, namun berdasarkan persentase 80% adalah truk engkel dan 20% truk *tronton*. Perhitungan kapasitas dalam model distribusi ini menggunakan truk engkel dan truk *tronton* yang memiliki seperti Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rasio Pemakaian Bahan Bakar dan Waktu

	Jenis Truk		Satuan
	Engkel	Tronton	
Ketersediaan Kendaraan	16	4	Unit
Kapasitas Angkut	12000	20000	kg
Berat Maksimal	15000	27000	kg
Kapasitas Unit	500	1000	unit
Waktu Loading	0,75	1,5	jam
Waktu Unloading	0,75	1,5	Jam

Secara umum truk engkel dapat dikategorikan ke dalam jenis truk sedang, sedangkan truk tronton dapat dikategorikan dalam kategori truk besar. Kecepatan rata-rata dari truk engkel dan tronton, dapat ditunjukkan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Kecepatan kendaraan

	Kecepatan (Km/Jam)	
	Datar	Bukit
Truk Engkel	40	35
Truk Tronton	30	25

Truk yang dioperasikan untuk distribusi logistik bencana menggunakan mesin diesel dengan bahan bakar solar. Perubahan harga solar perlu dipertimbangkan, sehingga biaya bahan bakar akan ditentukan berdasarkan perubahan harga solar dari tahun 2014, seperti ditunjukkan Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Harga Solar

Bulan	Harga (Rp)
2013 – November 2014	6.500
18 November 2014	7.500
1 Januari 2015	7.250
19 Januari 2015	6.400
1 Maret 2015	6.400
28 Maret 2015	6.900
1 Mei 2015	6.900
24 Juli 2015	6.900
1 September 2015	6.900
Oktober 2016	6.700
Total (Rp)	68.350
Rata-rata (Rp)	6.835

Selanjutnya berdasarkan nilai rata-rata pada Tabel 4.12, maka dalam perhitungan biaya bahan bakar digunakan patokan pada hasil perhitungan harga solar rata-rata, yaitu sebesar Rp 6.835.

Perhitungan konsumsi bahan bakar dapat ditentukan dengan menentukan terlebih dahulu nilai V/C yang didasarkan pada pertimbangan bahwa sebagian besar wilayah kabupaten Bantul adalah wilayah datar dan sebagian kecil bukit, dengan memiliki lebar jalan sekitar 8 meter. Pada wilayah datar kondisi arus stabil, dan kecepatan rata-rata lalu lintas di bawah 50 km/jam, sehingga dalam perhitungannya berdasarkan pada Tabel 2.5 ditentukan nilai V/C adalah 1 dan untuk wilayah perbukitan nilai V/C ditentukan sebesar 1,1 dengan asumsi kecepatan akan lebih lambat.

Sebagai contoh hendak dilakukan perhitungan biaya bahan bakar untuk truk engkel apabila melewati wilayah yang memiliki kondisi geografis datar, sehingga ditentukan

V/C	= 1
SA max	= 0,75
a0	= 5,14
a1	= -8,264
V _R	= 40 Km/jam
R _R	= 2,5 meter/Km
F _R	= -2,5 meter/Km
DT _R	= 15 ⁰ /Km
BK	= 15 ton

Berdasarkan koefisien yang ditetapkan seperti pada Tabel 2. Maka dapat ditentukan perhitungan Percepatan rata-rata (A_R), simpangan baku percepatan lalu lintas (SA) dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak (KBBM_i) berdasarkan persamaan 2.5 hingga persamaan 2.7:

$$A_R = 0,0128 \times (1) = 0,0128$$

$$SA = SA \max (1,04 / (1 + e^{(5,14 - 8,264) \times 1})) = 0,644779$$

$$KBBM_i = (70 + (524,6/40) + (0,0020 \times 40^2) + (1,732 \times 2,5) + (0,945 \times -2,5) + -2,5^2 + 15 + (124,4 \times 0,0128) + 0,644779 + 15 + (15 \times 0,0128) + (50,02 \times 15 \times (0,644779 / 1000))) = 0,3856 \text{ liter/Km}$$

Berdasarkan nilai KBBMi selanjutnya dapat dilakukan perhitungan nilai BiBBM_j menggunakan persamaan 2.8, dimana nilai HBBM_j ditentukan berdasarkan Tabel 4.16, sehingga biayanya menjadi

$$\text{BiBBM}_j = 0,3856 \text{ liter/km} \times \text{Rp. } 6.835 \text{ /liter} = \text{Rp } 2.601/\text{km}$$

Adapun penentuan biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk masing-masing jenis kendaraan dan kondisi topografi yang berbeda dapat ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Biaya BBM

Parameter	Truk engkel		Truk tronton	
	Datar	Bukit	Datar	Bukit
V _R (Km/Jam)	40	35	30	25
V/C	1	1,1	1	1,1
A _R (m/s ²)	0,0128	0,014	0,0128	0,014
SA (m/s ²)	0,645	0,755	0,645	0,756
R _R	2,5	12,5	2,5	12,5
F _R	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5
KBBMi (liter/Km)	0,38	0,404	0,5885	0,8816
BiBBM _j (Rp/Km)	2.597,3	2.734	4.023	6026,28

Kebutuhan biaya transportasi dihitung dari jarak pulang-pergi kendaraan dalam hal ini adalah jarak gudang utama ke gudang penyalur dihitung 2 kali perjalanan. Sebagai contoh dilakukan perhitungan biaya transportasi penggunaan truk engkel dari gudang utama menuju gudang penyalur di kecamatan Kasihan yang berjarak 8,22 Km dan memiliki kondisi wilayah data, maka didapatkan biaya transportasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya transportasi} &= \text{BiBBM}_{\text{engkel}} \times 2 \times \text{Jarak} \\ &= \text{Rp. } 2.597,3 \times 2 \times 8,22 \text{ km} \\ &= \text{Rp. } 42.699,61 \sim \text{dibulatkan Rp } 42.700 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil tersebut, maka dalam perhitungan biaya transportasi dari gudang utama menuju gudang penyalur, didapatkan hasil seperti Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan biaya transportasi

Kecamatan	Notasi	Kondisi Wilayah	Biaya (Rp)	
			Truk Engkel	Truk Tronton
Srandakan	j ₁	Datar	48.777	75.541
Sanden	j ₂	Datar	50.959	78.919
Kretek	j ₃	Datar	42.024	65.082
Pundong	j ₄	Datar	34.908	54.061
Bambanglipuro	j ₅	Datar	32.362	50.119
Pandak	j ₆	Datar	15.220	23.571
Bantul	j ₇	Datar	10.805	16.733
Jetis	j ₈	Datar	30.077	46.579
Imogiri	j ₉	Datar	36.466	56.474
Dlingo	j ₁₀	Bukit	90.020	196.439
Pleret	j ₁₁	Datar	52.569	81.413
Piyungan	j ₁₂	Datar	95.217	147.461
Banguntapan	j ₁₃	Datar	65.140	100.882
Sewon	j ₁₄	Datar	35.739	55.348
Kasihan	j ₁₅	Datar	42.700	66.128
Pajangan	j ₁₆	Bukit	32.308	70.501
Sedayu	j ₁₇	Datar	60.881	94.285

Kebutuhan waktu operasional penyaluran bantuan kemanusiaan didasarkan pada waktu yang dibutuhkan untuk operasional kendaraan, yaitu waktu untuk perjalanan pulang pergi dengan mempertimbangkan jarak, serta waktu untuk memasukkan barang ke dalam truk (*loading*) dan bongkar muat (*unloading*).

Sebagai contoh hendak dilakukan perhitungan kebutuhan waktu transportasi dari gudang utama menuju gudang penyalur di kecamatan Kasihan menggunakan truk engkel dengan jarak sebesar 8,22 Km seperti ditunjukkan Tabel 4.8. Berdasarkan hasil analisis didapatkan waktu

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu transportasi} &= \text{Waktu Perjalanan} + \text{Waktu Loading} + \text{Waktu Unloading} \\
 &= \frac{2 \times 8,22 \text{ km}}{40 \text{ km/jam}} + 0,75 \text{ jam} + 0,75 \text{ jam} \\
 &= 1,91 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kebutuhan waktu transportasi dari gudang utama menuju gudang penyalur selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Waktu transportasi ke gudang penyalur

Tujuan	Notasi	Kondisi Wilayah	Waktu (jam)	
			Truk Engkel	Truk Tronton
Srandakan	j ₁	Datar	1,97	3,63
Sanden	j ₂	Datar	1,99	3,65
Kretek	j ₃	Datar	1,90	3,54
Pundong	j ₄	Datar	1,84	3,45
Bambanglipuro	j ₅	Datar	1,81	3,42
Pandak	j ₆	Datar	1,65	3,20
Bantul	j ₇	Datar	1,60	3,14
Jetis	j ₈	Datar	1,79	3,39
Imogiri	j ₉	Datar	1,85	3,47
Dlingo	j ₁₀	Bukit	2,43	4,30
Pleret	j ₁₁	Datar	2,01	3,67
Piyungan	j ₁₂	Datar	2,42	4,22
Banguntapan	j ₁₃	Datar	2,13	3,84
Sewon	j ₁₄	Datar	1,84	3,46
Kasih	j ₁₅	Datar	1,91	3,55
Pajangan	j ₁₆	Bukit	1,83	3,47
Sedayu	j ₁₇	Datar	2,09	3,78

4.3 Penentuan Distribusi Aloasi

Skenario yang digunakan dalam penelitian ini adalah memodelkan bencana gempa bumi dengan kekuatan tinggi yang dimodelkan mampu menimbulkan jumlah korban mengungsi 80% dari populasi pada daerah dengan tingkat sangat rawan, 60% pada daerah dengan tingkat rawan, dan 40% pada daerah dengan tingkat kurang rawan. Perhitungan jumlah KK terdampak dan jumlah paket bantuan yang akan didistribusikan pada skenario ini ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Skenario dampak bencana

Kecamatan	Jumlah KK	Tingkat Kerawanan	KK Terdampak	Paket Bantuan
Srandakan	9.150	Kurang Rawan	3.660	4.000
Sanden	10.054	Sangat Rawan	8.043	8.500
Kretek	9.659	Sangat Rawan	7.727	8.000
Pundong	10.367	Rawan	6.220	6.500
Bambanglipuro	12.381	Rawan	7.429	7.500
Pandak	16.119	Rawan	9.671	10.000
Bantul	517.958	Rawan	10.775	11.000
Jetis	18.949	Sangat Rawan	15.159	15.500
Imogiri	20.571	Sangat Rawan	16.457	16.500
Dlingo	12.062	Kurang Rawan	4.825	5.000
Pleret	12.993	Rawan	7.796	8.000
Piyungan	14.558	Sangat Rawan	11.646	12.000
Banguntapan	29.261	Sangat Rawan	23.409	23.500
Sewon	26.375	Rawan	15.825	16.000
Kasihani	30.403	Kurang Rawan	12.161	12.500
Pajangan	9.792	Rawan	5.875	6.000
Sedayu	16.152	Rawan	9.691	10.000
Total			176.396	180.500

Alokasi waktu tanggap darurat akan dicoba dengan skenario waktu tanggap darurat selama $T = 3$ hari

Fungsi tujuan

$$\begin{aligned}
&47777X_{A.1.1} + 50959X_{A.2.1} + 42024X_{A.3.1} + 34908X_{A.4.1} + 32362X_{A.5.1} + 15220X_{A.6.1} \\
&+ 10805X_{A.7.1} + 30077X_{A.8.1} + 36466X_{A.9.1} + 90020X_{A.10.1} + 52569X_{A.11.1} + \\
&95217X_{A.12.1} + 65140X_{A.13.1} + 35739X_{A.14.1} + 42700X_{A.15.1} + 32308X_{A.16.1} + \\
&60881X_{A.17.1} + 75541X_{B.1.1} + 78919X_{B.2.1} + 65082X_{B.3.1} + 54061X_{B.4.1} + 50119X_{B.5.1} \\
&+ 23571X_{B.6.1} + 16733X_{B.7.1} + 46579X_{B.8.1} + 56474X_{B.9.1} + 196439X_{B.10.1} + \\
&81413X_{B.11.1} + 147461X_{B.12.1} + 100882X_{B.13.1} + 55348X_{B.14.1} + 66128X_{B.15.1} + \\
&70501X_{B.16.1} + 94285X_{B.17.1} + 47777X_{A.1.2} + 50959X_{A.2.2} + 42024X_{A.3.2} + \\
&34908X_{A.4.2} + 32362X_{A.5.2} + 15220X_{A.6.2} + 10805X_{A.7.2} + 30077X_{A.8.2} + 36466X_{A.9.2} \\
&+ 90020X_{A.10.2} + 52569X_{A.11.2} + 95217X_{A.12.2} + 65140X_{A.13.2} + 35739X_{A.14.2} + \\
&42700X_{A.15.2} + 32308X_{A.16.2} + 60881X_{A.17.2} + 75541X_{B.12} + 78919X_{B.2.2} + \\
&65082X_{B.3.2} + 54061X_{B.4.2} + 50119X_{B.5.2} + 23571X_{B.6.2} + 16733X_{B.7.2} + 46579X_{B.8.2} \\
&+ 56474X_{B.9.2} + 196439X_{B.10.2} + 81413X_{B.11.2} + 147461X_{B.12.2} + 100882X_{B.13.2} + \\
&55348X_{B.14.2} + 66128X_{B.15.2} + 70501X_{B.16.2} + 94285X_{B.17.2} + 47777X_{A.1.3} + \\
&50959X_{A.2.3} + 42024X_{A.3.3} + 34908X_{A.4.3} + 32362X_{A.5.3} + 15220X_{A.6.3} + 10805X_{A.7.3} \\
&+ 30077X_{A.8.3} + 36466X_{A.9.3} + 90020X_{A.10.3} + 52569X_{A.11.3} + 95217X_{A.12.3} +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 65140X_{A.13.3} + 35739X_{A.14.3} + 42700X_{A.15.3} + 32308X_{A.16.3} + 60881X_{A.17.3} + \\
& 75541X_{B.1.3} + 78919X_{B.2.3} + 65082X_{B.3.3} + 54061X_{B.4.3} + 50119X_{B.5.3} + 23571X_{B.6.3} \\
& + 16733X_{B.7.3} + 46579X_{B.8.3} + 56474X_{B.9.3} + 196439X_{B.10.3} + 81413X_{B.11.3} + \\
& 147461X_{B.12.3} + 100882X_{B.13.3} + 55348X_{B.14.3} + 66128X_{B.15.3} + 70501X_{B.16.3} + \\
& 94285X_{B.17.3}
\end{aligned}$$

Batasan 1 Permintaan pada gudang penyalur

$$\begin{aligned}
500X_{A.1.1} + 1000X_{B.1.1} + 500X_{A.1.2} + 1000X_{B.1.2} + 500X_{A.1.3} + 1000X_{B.1.3} &= 4000 \\
500X_{A.2.1} + 1000X_{B.2.1} + 500X_{A.2.2} + 1000X_{B.2.2} + 500X_{A.2.3} + 1000X_{B.2.3} &= 8500 \\
500X_{A.3.1} + 1000X_{B.3.1} + 500X_{A.3.2} + 1000X_{B.3.2} + 500X_{A.3.3} + 1000X_{B.3.3} &= 8000 \\
500X_{A.4.1} + 1000X_{B.4.1} + 500X_{A.4.2} + 1000X_{B.4.2} + 500X_{A.4.3} + 1000X_{B.4.3} &= 6500 \\
500X_{A.5.1} + 1000X_{B.5.1} + 500X_{A.5.2} + 1000X_{B.5.2} + 500X_{A.5.3} + 1000X_{B.5.3} &= 7500 \\
500X_{A.6.1} + 1000X_{B.6.1} + 500X_{A.6.2} + 1000X_{B.6.2} + 500X_{A.6.3} + 1000X_{B.6.3} &= 10000 \\
500X_{A.7.1} + 1000X_{B.7.1} + 500X_{A.7.2} + 1000X_{B.7.2} + 500X_{A.7.3} + 1000X_{B.7.3} &= 11000 \\
500X_{A.8.1} + 1000X_{B.8.1} + 500X_{A.8.2} + 1000X_{B.8.2} + 500X_{A.8.3} + 1000X_{B.8.3} &= 15500 \\
500X_{A.9.1} + 1000X_{B.9.1} + 500X_{A.9.2} + 1000X_{B.9.2} + 500X_{A.9.3} + 1000X_{B.9.3} &= 16500 \\
500X_{A.10.1} + 1000X_{B.10.1} + 500X_{A.10.2} + 1000X_{B.10.2} + 500X_{A.10.3} + 1000X_{B.10.3} &= 5000 \\
500X_{A.11.1} + 1000X_{B.11.1} + 500X_{A.11.2} + 1000X_{B.11.2} + 500X_{A.11.3} + 1000X_{B.11.3} &= 8000 \\
500X_{A.12.1} + 1000X_{B.12.1} + 500X_{A.12.2} + 1000X_{B.12.2} + 500X_{A.12.3} + 1000X_{B.12.3} &= 12000 \\
500X_{A.13.1} + 1000X_{B.13.1} + 500X_{A.13.2} + 1000X_{B.13.2} + 500X_{A.13.3} + 1000X_{B.13.3} &= 23500 \\
500X_{A.14.1} + 1000X_{B.14.1} + 500X_{A.14.2} + 1000X_{B.14.2} + 500X_{A.14.3} + 1000X_{B.14.3} &= 16000 \\
500X_{A.15.1} + 1000X_{B.15.1} + 500X_{A.15.2} + 1000X_{B.15.2} + 500X_{A.15.3} + 1000X_{B.15.3} &= 12500 \\
500X_{A.16.1} + 1000X_{B.16.1} + 500X_{A.16.2} + 1000X_{B.16.2} + 500X_{A.16.3} + 1000X_{B.16.3} &= 6000 \\
500X_{A.17.1} + 1000X_{B.17.1} + 500X_{A.17.2} + 1000X_{B.17.2} + 500X_{A.17.3} + 1000X_{B.17.3} &= 10000
\end{aligned}$$

Batasan 2 Waktu Operasi

Waktu operasi ditentukan selama 3 hari, sehingga batasan waktunya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
a_{A.1} &= 10 \text{ jam} \times 16 \text{ unit} &= 160 \text{ jam} \\
a_{A.2} &= 10 \text{ jam} \times 16 \text{ unit} &= 160 \text{ jam} \\
a_{A.3} &= 10 \text{ jam} \times 16 \text{ unit} &= 160 \text{ jam} \\
a_{B.1} &= 10 \text{ jam} \times 4 \text{ unit} &= 40 \text{ jam} \\
a_{B.2} &= 10 \text{ jam} \times 4 \text{ unit} &= 40 \text{ jam} \\
a_{B.3} &= 10 \text{ jam} \times 4 \text{ unit} &= 40 \text{ jam}
\end{aligned}$$

Berdasarkan jumlah waktu operasi maksimal, maka didapatkan batasan untuk masing-masing alat angkut seperti berikut

$$\begin{aligned}
& 1,97X_{A.1.1} + 1,99X_{A.2.1} + 1,90X_{A.3.1} + 1,84X_{A.4.1} + 1,81X_{A.5.1} + 1,65X_{A.6.1} + 1,60X_{A.7.1} \\
& + 1,79X_{A.8.1} + 1,85X_{A.9.1} + 2,43X_{A.10.1} + 2,01X_{A.11.1} + 2,42X_{A.12.1} + 2,13X_{A.13.1} + \\
& 1,84X_{A.14.1} + 1,91X_{A.15.1} + 1,83X_{A.16.1} + 2,09X_{A.17.1} \leq 160
\end{aligned}$$

$$1,97X_{A.1.2} + 1,99X_{A.2.2} + 1,90X_{A.3.2} + 1,84X_{A.4.2} + 1,81X_{A.5.2} + 1,65X_{A.6.2} + 1,60X_{A.7.2} + 1,79X_{A.8.2} + 1,85X_{A.9.2} + 2,43X_{A.10.2} + 2,01X_{A.11.2} + 2,42X_{A.12.2} + 2,13X_{A.13.2} + 1,84X_{A.14.2} + 1,91X_{A.15.2} + 1,83X_{A.16.2} + 2,09X_{A.17.2} \leq 160$$

$$1,97X_{A.1.3} + 1,99X_{A.2.3} + 1,90X_{A.3.3} + 1,84X_{A.4.3} + 1,81X_{A.5.3} + 1,65X_{A.6.3} + 1,60X_{A.7.3} + 1,79X_{A.8.3} + 1,85X_{A.9.3} + 2,43X_{A.10.3} + 2,01X_{A.11.3} + 2,42X_{A.12.3} + 2,13X_{A.13.3} + 1,84X_{A.14.3} + 1,91X_{A.15.3} + 1,83X_{A.16.3} + 2,09X_{A.17.3} \leq 160$$

$$3,63X_{B.1.1} + 3,65X_{B.2.1} + 3,54X_{B.3.1} + 3,45X_{B.4.1} + 3,42X_{B.5.1} + 3,2X_{B.6.1} + 3,14X_{B.7.1} + 3,39X_{B.8.1} + 3,47X_{B.9.1} + 4,09X_{B.10.1} + 3,67X_{B.11.1} + 4,22X_{B.12.1} + 3,84X_{B.13.1} + 3,46X_{B.14.1} + 3,55X_{B.15.1} + 3,39X_{B.16.1} + 3,78X_{B.17.1} \leq 40$$

$$3,63X_{B.1.2} + 3,65X_{B.2.2} + 3,54X_{B.3.2} + 3,45X_{B.4.2} + 3,42X_{B.5.2} + 3,2X_{B.6.2} + 3,14X_{B.7.2} + 3,39X_{B.8.2} + 3,47X_{B.9.2} + 4,09X_{B.10.2} + 3,67X_{B.11.2} + 4,22X_{B.12.2} + 3,84X_{B.13.2} + 3,46X_{B.14.2} + 3,55X_{B.15.2} + 3,39X_{B.16.2} + 3,78X_{B.17.2} \leq 40$$

$$3,63X_{B.1.3} + 3,65X_{B.2.3} + 3,54X_{B.3.3} + 3,45X_{B.4.3} + 3,42X_{B.5.3} + 3,2X_{B.6.3} + 3,14X_{B.7.3} + 3,39X_{B.8.3} + 3,47X_{B.9.3} + 4,09X_{B.10.3} + 3,67X_{B.11.3} + 4,22X_{B.12.3} + 3,84X_{B.13.3} + 3,46X_{B.14.3} + 3,55X_{B.15.3} + 3,39X_{B.16.3} + 3,78X_{B.17.3} \leq 40$$

Batasan 3 Ketersediaan stok barang

Persediaan paket bantuan pada hari ketiga dalam model ini dianggap sama dengan hari sebelumnya yaitu 60.000 unit/hari.

$$500X_{A.1.1} + 500X_{A.2.1} + 500X_{A.3.1} + 500X_{A.4.1} + 500X_{A.5.1} + 500X_{A.6.1} + 500X_{A.7.1} + 500X_{A.8.1} + 500X_{A.9.1} + 500X_{A.10.1} + 500X_{A.11.1} + 500X_{A.12.1} + 500X_{A.13.1} + 500X_{A.14.1} + 500X_{A.15.1} + 500X_{A.16.1} + 500X_{A.17.1} + 1000X_{B.1.1} + 1000X_{B.2.1} + 1000X_{B.3.1} + 1000X_{B.4.1} + 1000X_{B.5.1} + 1000X_{B.6.1} + 1000X_{B.7.1} + 1000X_{B.8.1} + 1000X_{B.9.1} + 1000X_{B.10.1} + 1000X_{B.11.1} + 1000X_{B.12.1} + 1000X_{B.13.1} + 1000X_{B.14.1} + 1000X_{B.15.1} + 1000X_{B.16.1} + 1000X_{B.17.1} \leq 60000$$

$$500X_{A.1.2} + 500X_{A.2.2} + 500X_{A.3.2} + 500X_{A.4.2} + 500X_{A.5.2} + 500X_{A.6.2} + 500X_{A.7.2} + 500X_{A.8.2} + 500X_{A.9.2} + 500X_{A.10.2} + 500X_{A.11.2} + 500X_{A.12.2} + 500X_{A.13.2} + 500X_{A.14.2} + 500X_{A.15.2} + 500X_{A.16.2} + 500X_{A.17.2} + 1000X_{B.1.2} + 1000X_{B.2.2} + 1000X_{B.3.2} + 1000X_{B.4.2} + 1000X_{B.5.2} + X_{B.6.2} + 1000X_{B.7.2} + 1000X_{B.8.2} + 1000X_{B.9.2} + 1000X_{B.10.2} + 1000X_{B.11.2} + 1000X_{B.12.2} + 1000X_{B.13.2} + 1000X_{B.14.2} + 1000X_{B.15.2} + 1000X_{B.16.2} + 1000X_{B.17.2} \leq 60000$$

$$500X_{A.1.3} + 500X_{A.2.3} + 500X_{A.3.3} + 500X_{A.4.3} + 500X_{A.5.3} + 500X_{A.6.3} + 500X_{A.7.3} + 500X_{A.8.3} + 500X_{A.9.3} + 500X_{A.10.3} + 500X_{A.11.3} + 500X_{A.12.3} + 500X_{A.13.3} + 500X_{A.14.3} + 500X_{A.15.3} + 500X_{A.16.3} + 500X_{A.17.3} + 1000X_{B.1.3} + 1000X_{B.2.3} + 1000X_{B.3.3} + 1000X_{B.4.3} + 1000X_{B.5.3} + X_{B.6.3} + 1000X_{B.7.3} + 1000X_{B.8.3} + 1000X_{B.9.3} + 1000X_{B.10.3} + 1000X_{B.11.3} + 1000X_{B.12.3} + 1000X_{B.13.3} + 1000X_{B.14.3} + 1000X_{B.15.3} + 1000X_{B.16.3} + 1000X_{B.17.3} \leq 60000$$

Batasan 4 Pengiriman Minimal

$$X_{A.1.1} + X_{B.1.1} + X_{A.1.2} + X_{B.1.2} + X_{A.1.3} + X_{B.1.3} \geq 1$$

$$\begin{array}{rcl}
X_{A.2.1} + X_{B.2.1} + X_{A.2.2} + X_{B.2.2} + X_{A.2.3} + X_{B.2.3} & & \geq 1 \\
X_{A.3.1} + X_{B.3.1} + X_{A.3.2} + X_{B.3.2} + X_{A.3.3} + X_{B.3.3} & & \geq 1 \\
X_{A.4.1} + X_{B.4.1} + X_{A.4.2} + X_{B.4.2} + X_{A.4.3} + X_{B.4.3} & & \geq 1 \\
X_{A.5.1} + X_{B.5.1} + X_{A.5.2} + X_{B.5.2} + X_{A.5.3} + X_{B.5.3} & & \geq 1 \\
X_{A.6.1} + X_{B.6.1} + X_{A.6.2} + X_{B.6.2} + X_{A.6.3} + X_{B.6.3} & & \geq 1 \\
X_{A.7.1} + X_{B.7.1} + X_{A.7.2} + X_{B.7.2} + X_{A.7.3} + X_{B.7.3} & & \geq 1 \\
X_{A.8.1} + X_{B.8.1} + X_{A.8.2} + X_{B.8.2} + X_{A.8.3} + X_{B.8.3} & & \geq 1 \\
X_{A.9.1} + X_{B.9.1} + X_{A.9.2} + X_{B.9.2} + X_{A.9.3} + X_{B.9.3} & & \geq 1 \\
X_{A.10.1} + X_{B.10.1} + X_{A.10.2} + X_{B.10.2} + X_{A.10.3} + X_{B.10.3} & & \geq 1 \\
X_{A.11.1} + X_{B.11.1} + X_{A.11.2} + X_{B.11.2} + X_{A.11.3} + X_{B.11.3} & & \geq 1 \\
X_{A.12.1} + X_{B.12.1} + X_{A.12.2} + X_{B.12.2} + X_{A.12.3} + X_{B.12.3} & & \geq 1 \\
X_{A.13.1} + X_{B.13.1} + X_{A.13.2} + X_{B.13.2} + X_{A.13.3} + X_{B.13.3} & & \geq 1 \\
X_{A.14.1} + X_{B.14.1} + X_{A.14.2} + X_{B.14.2} + X_{A.14.3} + X_{B.14.3} & & \geq 1 \\
X_{A.15.1} + X_{B.15.1} + X_{A.15.2} + X_{B.15.2} + X_{A.15.3} + X_{B.15.3} & & \geq 1 \\
X_{A.16.1} + X_{B.16.1} + X_{A.16.2} + X_{B.16.2} + X_{A.16.3} + X_{B.16.3} & & \geq 1 \\
X_{A.17.1} + X_{B.17.1} + X_{A.17.2} + X_{B.17.2} + X_{A.17.3} + X_{B.17.3} & & \geq 1
\end{array}$$

Berdasarkan hasil penentuan *running* model menggunakan WinQSB 2.0 didapatkan solusi *infeasible* seperti Gambar 4.4. Berdasarkan hasil *debug* pada model, solusi *infeasible* yang ditampilkan oleh program WinQSB dikarenakan beberapa faktor, yaitu jumlah pasokan paket logistik yang jumlahnya tidak sesuai dengan kebutuhan dan waktu transportasi yang kurang. Hal ini karena jumlah paket tersedia hanyalah 180.000 paket, sementara jumlah kebutuhan sebanyak 180.500 paket, sehingga pada hari ketiga perlu ditambahkan pasokan sebanyak 1000 paket dari rencana awal 60.000 paket bantuan. Kebutuhan waktu distribusi perlu ditambahkan untuk mengantisipasi adanya kekurangan waktu, pada rencana awal waktu distribusi ditentukan selama 10 jam/hari ditambahkan sebanyak 2 jam, menjadi 12 jam/hari. Dengan demikian batasan ketersediaan paket yang dapat dikirimkan dan batasan waktu pengirimannya menjadi sebagai berikut:

Batasan 2 Waktu Operasi

$$\begin{array}{rcl}
a_{A.1} & = 12 \text{ jam} \times 16 \text{ unit} & = 192 \text{ jam} \\
a_{A.2} & = 12 \text{ jam} \times 16 \text{ unit} & = 192 \text{ jam} \\
a_{A.3} & = 12 \text{ jam} \times 16 \text{ unit} & = 192 \text{ jam} \\
a_{B.1} & = 12 \text{ jam} \times 4 \text{ unit} & = 48 \text{ jam} \\
a_{B.2} & = 12 \text{ jam} \times 4 \text{ unit} & = 48 \text{ jam} \\
a_{B.3} & = 12 \text{ jam} \times 4 \text{ unit} & = 48 \text{ jam}
\end{array}$$

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka didapatkan batasan untuk waktu pengiriman adalah:

$$1,97X_{A.1.1} + 1,99X_{A.2.1} + 1,90X_{A.3.1} + 1,84X_{A.4.1} + 1,81X_{A.5.1} + 1,65X_{A.6.1} + 1,60X_{A.7.1} + 1,79X_{A.8.1} + 1,85X_{A.9.1} + 2,43X_{A.10.1} + 2,01X_{A.11.1} + 2,42X_{A.12.1} + 2,13X_{A.13.1} + 1,84X_{A.14.1} + 1,91X_{A.15.1} + 1,83X_{A.16.1} + 2,09X_{A.17.1} \leq 192$$

$$1,97X_{A.1.2} + 1,99X_{A.2.2} + 1,90X_{A.3.2} + 1,84X_{A.4.2} + 1,81X_{A.5.2} + 1,65X_{A.6.2} + 1,60X_{A.7.2} + 1,79X_{A.8.2} + 1,85X_{A.9.2} + 2,43X_{A.10.2} + 2,01X_{A.11.2} + 2,42X_{A.12.2} + 2,13X_{A.13.2} + 1,84X_{A.14.2} + 1,91X_{A.15.2} + 1,83X_{A.16.2} + 2,09X_{A.17.2} \leq 192$$

$$1,97X_{A.1.3} + 1,99X_{A.2.3} + 1,90X_{A.3.3} + 1,84X_{A.4.3} + 1,81X_{A.5.3} + 1,65X_{A.6.3} + 1,60X_{A.7.3} + 1,79X_{A.8.3} + 1,85X_{A.9.3} + 2,43X_{A.10.3} + 2,01X_{A.11.3} + 2,42X_{A.12.3} + 2,13X_{A.13.3} + 1,84X_{A.14.3} + 1,91X_{A.15.3} + 1,83X_{A.16.3} + 2,09X_{A.17.3} \leq 192$$

$$3,63X_{B.1.1} + 3,65X_{B.2.1} + 3,54X_{B.3.1} + 3,45X_{B.4.1} + 3,42X_{B.5.1} + 3,2X_{B.6.1} + 3,14X_{B.7.1} + 3,39X_{B.8.1} + 3,47X_{B.9.1} + 4,09X_{B.10.1} + 3,67X_{B.11.1} + 4,22X_{B.12.1} + 3,84X_{B.13.1} + 3,46X_{B.14.1} + 3,55X_{B.15.1} + 3,39X_{B.16.1} + 3,78X_{B.17.1} \leq 48$$

$$3,63X_{B.1.2} + 3,65X_{B.2.2} + 3,54X_{B.3.2} + 3,45X_{B.4.2} + 3,42X_{B.5.2} + 3,2X_{B.6.2} + 3,14X_{B.7.2} + 3,39X_{B.8.2} + 3,47X_{B.9.2} + 4,09X_{B.10.2} + 3,67X_{B.11.2} + 4,22X_{B.12.2} + 3,84X_{B.13.2} + 3,46X_{B.14.2} + 3,55X_{B.15.2} + 3,39X_{B.16.2} + 3,78X_{B.17.2} \leq 48$$

$$3,63X_{B.1.3} + 3,65X_{B.2.3} + 3,54X_{B.3.3} + 3,45X_{B.4.3} + 3,42X_{B.5.3} + 3,2X_{B.6.3} + 3,14X_{B.7.3} + 3,39X_{B.8.3} + 3,47X_{B.9.3} + 4,09X_{B.10.3} + 3,67X_{B.11.3} + 4,22X_{B.12.3} + 3,84X_{B.13.3} + 3,46X_{B.14.3} + 3,55X_{B.15.3} + 3,39X_{B.16.3} + 3,78X_{B.17.3} \leq 48$$

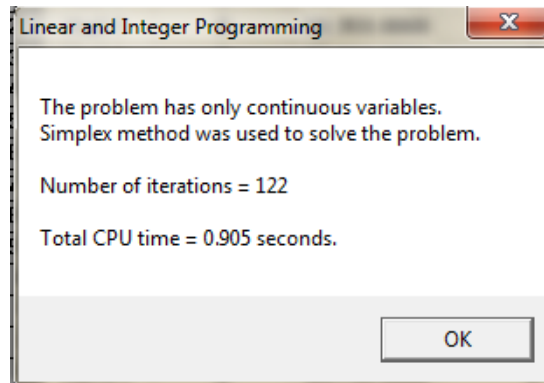
Batasan 3 Ketersediaan stok barang

$$500X_{A.1.1} + 500X_{A.2.1} + 500X_{A.3.1} + 500X_{A.4.1} + 500X_{A.5.1} + 500X_{A.6.1} + 500X_{A.7.1} + 500X_{A.8.1} + 500X_{A.9.1} + 500X_{A.10.1} + 500X_{A.11.1} + 500X_{A.12.1} + 500X_{A.13.1} + 500X_{A.14.1} + 500X_{A.15.1} + 500X_{A.16.1} + 500X_{A.17.1} + 1000X_{B.1.1} + 1000X_{B.2.1} + 1000X_{B.3.1} + 1000X_{B.4.1} + 1000X_{B.5.1} + 1000X_{B.6.1} + 1000X_{B.7.1} + 1000X_{B.8.1} + 1000X_{B.9.1} + 1000X_{B.10.1} + 1000X_{B.11.1} + 1000X_{B.12.1} + 1000X_{B.13.1} + 1000X_{B.14.1} + 1000X_{B.15.1} + 1000X_{B.16.1} + 1000X_{B.17.1} \leq 60000$$

$$500X_{A.1.2} + 500X_{A.2.2} + 500X_{A.3.2} + 500X_{A.4.2} + 500X_{A.5.2} + 500X_{A.6.2} + 500X_{A.7.2} + 500X_{A.8.2} + 500X_{A.9.2} + 500X_{A.10.2} + 500X_{A.11.2} + 500X_{A.12.2} + 500X_{A.13.2} + 500X_{A.14.2} + 500X_{A.15.2} + 500X_{A.16.2} + 500X_{A.17.2} + 1000X_{B.1.2} + 1000X_{B.2.2} + 1000X_{B.3.2} + 1000X_{B.4.2} + 1000X_{B.5.2} + 1000X_{B.6.2} + 1000X_{B.7.2} + 1000X_{B.8.2} + 1000X_{B.9.2} + 1000X_{B.10.2} + 1000X_{B.11.2} + 1000X_{B.12.2} + 1000X_{B.13.2} + 1000X_{B.14.2} + 1000X_{B.15.2} + 1000X_{B.16.2} + 1000X_{B.17.2} \leq 60000$$

$$500X_{A.1.3} + 500X_{A.2.3} + 500X_{A.3.3} + 500X_{A.4.3} + 500X_{A.5.3} + 500X_{A.6.3} + 500X_{A.7.3} + 500X_{A.8.3} + 500X_{A.9.3} + 500X_{A.10.3} + 500X_{A.11.3} + 500X_{A.12.3} + 500X_{A.13.3} + 500X_{A.14.3} + 500X_{A.15.3} + 500X_{A.16.3} + 500X_{A.17.3} + 1000X_{B.1.3} + 1000X_{B.2.3} + 1000X_{B.3.3} + 1000X_{B.4.3} + 1000X_{B.5.3} + 1000X_{B.6.3} + 1000X_{B.7.3} + 1000X_{B.8.3} + 1000X_{B.9.3} + 1000X_{B.10.3} + 1000X_{B.11.3} + 1000X_{B.12.3} + 1000X_{B.13.3} + 1000X_{B.14.3} + 1000X_{B.15.3} + 1000X_{B.16.3} + 1000X_{B.17.3} \leq 61000$$

Hasil pencarian solusi model *linear programming* menggunakan WinQSB 2.0 mendapatkan solusi optimal pada iterasi ke 146 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.3 Jumlah iterasi solusi *feasible*

Jumlah pengiriman yang dihasilkan dari model matematis yang diselesaikan menggunakan WinQSB 2.0 ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Solusi pengiriman

Tujuan	Notasi	Truk Engkel			Truk Tronton		
		1	2	3	1	2	3
Srandakan	j ₁		8				
Sanden	j ₂			17			
Kretek	j ₃		16				
Pundong	j ₄			13			
Bambanglipuro	j ₅		15				
Pandak	j ₆			20			
Bantul	j ₇		22				
Jetis	j ₈	31					
Imogiri	j ₉			33			
Dlingo	j ₁₀		10				
Pleret	j ₁₁		16				
Piyungan	j ₁₂					2,04	9,95
Banguntapan	j ₁₃			1,5	12,5	10,25	
Sewon	j ₁₄	23,59	8,4				
Kasih	j ₁₅	25					
Pajangan	j ₁₆			12			
Sedayu	j ₁₇	15,4		4,59			

Berdasarkan solusi *linear programming*, distribusi paket bantuan pada Tabel 4.15, selanjutnya dapat ditentukan jumlah pengiriman menuju gudang

penyalur yang dinyatakan dalam bilangan bulat/integer seperti ditunjukkan Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Solusi pengiriman skenario integer

Tujuan	Notasi	Truk Engkel			Truk Tronton		
		1	2	3	1	2	3
Srandakan	j ₁		8				
Sanden	j ₂			17			
Kretek	j ₃		16				
Pundong	j ₄			13			
Bambanglipuro	j ₅		15				
Pandak	j ₆			20			
Bantul	j ₇		22				
Jetis	j ₈	31					
Imogiri	j ₉			33			
Dlingo	j ₁₀		10				
Pleret	j ₁₁		16				
Piyungan	j ₁₂					2	10
Banguntapan	j ₁₃			1	13	10	
Sewon	j ₁₄	24	8				
Kasihani	j ₁₅	25					
Pajangan	j ₁₆			12			
Sedayu	j ₁₇	15		5			
Total Pengiriman		84	70	11	13	12	10

Berdasarkan jumlah pengiriman yang ditentukan berdasarkan pada kebutuhan paket logistik bencana dan ketersediaan sumber daya yang digunakan untuk distribusi, didapatkan model distribusi seperti ditunjukkan Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Jumlah distribusi paket bantuan (paket)

Tujuan	Notasi	Truk Engkel			Truk Tronton		
		1	2	3	1	2	3
Srandakan	j ₁		4000				
Sanden	j ₂			8500			
Kretek	j ₃		8000				
Pundong	j ₄			6500			
Bambanglipuro	j ₅		7500				
Pandak	j ₆			10000			
Bantul	j ₇		11000				
Jetis	j ₈	15500					
Imogiri	j ₉			16500			
Dlingo	j ₁₀		5000				
Pleret	j ₁₁		8000				
Piyungan	j ₁₂					2000	10000
Banguntapan	j ₁₃			500	13000	10000	
Sewon	j ₁₄	12000	4000				
Kasihani	j ₁₅	12500					
Pajangan	j ₁₆			6000			
Sedayu	j ₁₇	7500		2500			

4.4 Optimasi Rute Pengiriman dengan Metode Nearest Neighbor Hari 1

Setelah didapatkan rencana distribusi dan alokasi pengiriman bantuan, selanjutnya dilakukan optimasi rencana pengiriman menggunakan metode Nearest Neighbor. Penentuan rute pengiriman dilakukan berdasarkan rencana yang sudah diolah. Adapun langkah penggunaan optimasi metode Nearest Neighbor adalah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan tujuan sesuai dengan data awal

Pengelompokkan tujuan dilakukan berdasarkan pertimbangan hasil optimasi distribusi dan alokasi. Adapun pengelompokkan dilakukan berdasarkan pertimbangan jenis kendaraan dari jumlah muatan. Berdasarkan rencana distribusi bantuan pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 dapat ditentukan tujuan dan jumlah pengiriman setiap harinya ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Tujuan Pengiriman Harian

Hari Awal	Tujuan	Jenis kendaraan	Jumlah Pengiriman	Jumlah Bantuan (paket)
1	Jetis (j ₈)	Engkel	31	15500
	Sewon (j ₁₄)	Engkel	24	12000
	Kasihani (j ₁₅)	Engkel	25	12500
	Sedayu (j ₁₇)	Engkel	15	7500
	Banguntapan (j ₁₃)	Tronton	15	13000
Total			110	60500
2	Srandakan (j ₁)	Engkel	8	4000
	Kretek (j ₃)	Engkel	16	8000
	Bambanglipuro (j ₅)	Engkel	15	7500
	Bantul (j ₇)	Engkel	22	11000
	Dlingo (j ₁₀)	Engkel	10	5000
	Pleret (j ₁₁)	Engkel	16	8000
	Sewon (j ₁₄)	Engkel	8	4000
	Piyungan (j ₁₂)	Tronton	2	2000
	Banguntapan (j ₁₃)	Tronton	10	10000
Total			107	59500
3	Sanden (j ₂)	Engkel	17	8500
	Pundong (j ₄)	Engkel	13	6500
	Pandak (j ₆)	Engkel	20	10000
	Imogiri (j ₉)	Engkel	33	16500
	Banguntapan (j ₁₃)	Engkel	1	500
	Pajangan (j ₁₆)	Engkel	12	6000
	Sedayu (j ₁₇)	Engkel	15	2500
	Piyungan (j ₁₂)	Tronton	10	10000
Total			121	60500

2. Berawal dari gudang utama, kemudian mencari lokasi pelanggan (gudang penyalur) yang belum dikunjungi yang memiliki jarak terpendek dari gudang. Dikarenakan dalam setiap kali pengiriman sudah ditentukan bahwa dalam setiap kali berdasarkan pertimbangan jarak ditentukan rute harian untuk truk engkel seperti Tabel 4.18

Tabel 4.18 Tujuan Pengiriman Truk Engkel

Hari	Tujuan	Jenis kendaraan	Jarak	Jumlah Pengiriman	Jumlah Bantuan (paket)
1	Jetis (j ₈)	Engkel	5,79	31	15500
	Sewon (j ₁₄)	Engkel	6,88	24	12000
	Kasihani (j ₁₅)	Engkel	8,22	25	12500
	Sedayu (j ₁₇)	Engkel	11,72	15	7500
2	Bantul (j ₇)	Engkel	2,08	22	11000
	Bambanglipuro (j ₅)	Engkel	6,23	15	7500
	Sewon (j ₁₄)	Engkel	6,88	8	4000
	Kretek (j ₃)	Engkel	8,09	16	8000
	Srandakan (j ₁)	Engkel	9,39	8	4000
	Pleret (j ₁₁)	Engkel	10,12	16	8000
	Dlingo (j ₁₀)	Engkel	16,30	10	5000
3	Pandak (j ₆)	Engkel	2,93	20	10000
	Pajangan (j ₁₆)	Engkel	5,85	12	6000
	Pundong (j ₄)	Engkel	6,72	13	6500
	Imogiri (j ₉)	Engkel	7,02	33	16500
	Sanden (j ₂)	Engkel	9,81	17	8500
	Sedayu (j ₁₇)	Engkel	11,72	15	2500
	Banguntapan (j ₁₃)	Engkel	12,54	1	500

Tabel 4.19 Tujuan Pengiriman Truk Engkel

Hari	Tujuan	Jenis kendaraan	Jarak (Km)	Jumlah Pengiriman	Jumlah Bantuan (paket)
1	Banguntapan (j ₁₃)	Tronton	12,54	15	13000
2	Banguntapan (j ₁₃)	Tronton	12,54	10	10000
	Piyungan (j ₁₂)	Tronton	18,33	2	2000
3	Piyungan (j ₁₂)	Tronton	18,33	10	10000

Dengan mempertimbangkan hasil penentuan rute menggunakan metode Nearest Neighbor, dapat ditentukan rencana penugasan untuk masing-masing truk pada masing-masing hari pengiriman seperti Tabel 4.20.

Tabel 4.21 Penugasan Hari 1

Truk	Pengiriman					
	1	2	3	4	5	6
Engkel 1	J8	J8	j14	j14	j15	j17
Engkel 2	j8	j8	j14	j14	j15	j17
Engkel 3	J8	J8	j14	j14	j15	j17
Engkel 4	J8	J8	j14	j14	j15	j17
Engkel 5	J8	J8	j14	j14	j15	j17
Engkel 6	J8	J8	j14	j14	j15	j17
Engkel 7	J8	J8	j14	j14	j15	j17
Engkel 8	J8	J8	j14	j15	j15	j17
Engkel 9	J8	J8	j14	j15	j15	j17
Engkel 10	J8	J8	j14	j15	j15	j17
Engkel 11	J8	J8	j14	j15	j15	j17
Engkel 12	J8	J8	j14	j15	j15	j17
Engkel 13	J8	J8	j14	j15	j15	j17
Engkel 14	J8	J8	j14	j15	j15	j17
Engkel 15	J8	J8	j14	j15	j15	j17
Engkel 16	J8	j14	j14	j15	j15	
Tronton 1	j13	j13	j13	j13		
Tronton 2	j13	j13	j13	j13		
Tronton 3	j13	j13	j13	j13		
Tronton 4	j13	j13	j13			

Tabel 4.22 Penugasan Hari 2

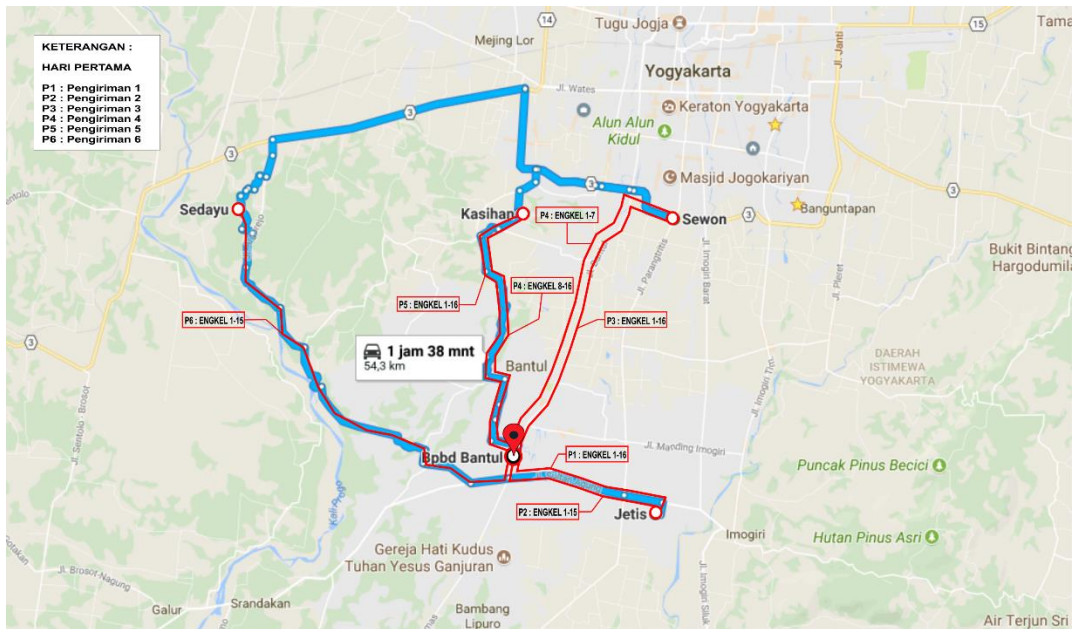
Truk	Pengiriman					
	1	2	3	4	5	6
Engkel 1	j7	j7	j5	j3	j1	j11
Engkel 2	j7	j7	j5	j3	j1	j11
Engkel 3	j7	j7	j5	j3	j1	j11
Engkel 4	j7	j7	j5	j3	j1	j11
Engkel 5	j7	j7	j5	j3	j1	j11
Engkel 6	j7	j7	j14	j3	j11	j10
Engkel 7	j7	j5	j14	j3	j11	j10
Engkel 8	j7	j5	j14	j3	j11	j10
Engkel 9	j7	j5	j14	j3	j11	j10
Engkel 10	j7	j5	j14	j3	j11	j10
Engkel 11	j7	j5	j14	j3	j11	j10

Truk	Pengiriman					
	1	2	3	4	5	6
Engkel 12	j7	j5	j14	j3	j11	j10
Engkel 13	j7	j5	j14	j3	j11	j10
Engkel 14	j7	j5	j3	j1	j11	j10
Engkel 15	j7	j5	j3	j1	j11	j10
Engkel 16	j7	j5	j3	j1	j11	
Tronton 1	j13	j13	j13			
Tronton 2	j13	j13	j13			
Tronton 3	j13	j13	j12			
Tronton 4	j13	j13	j12			

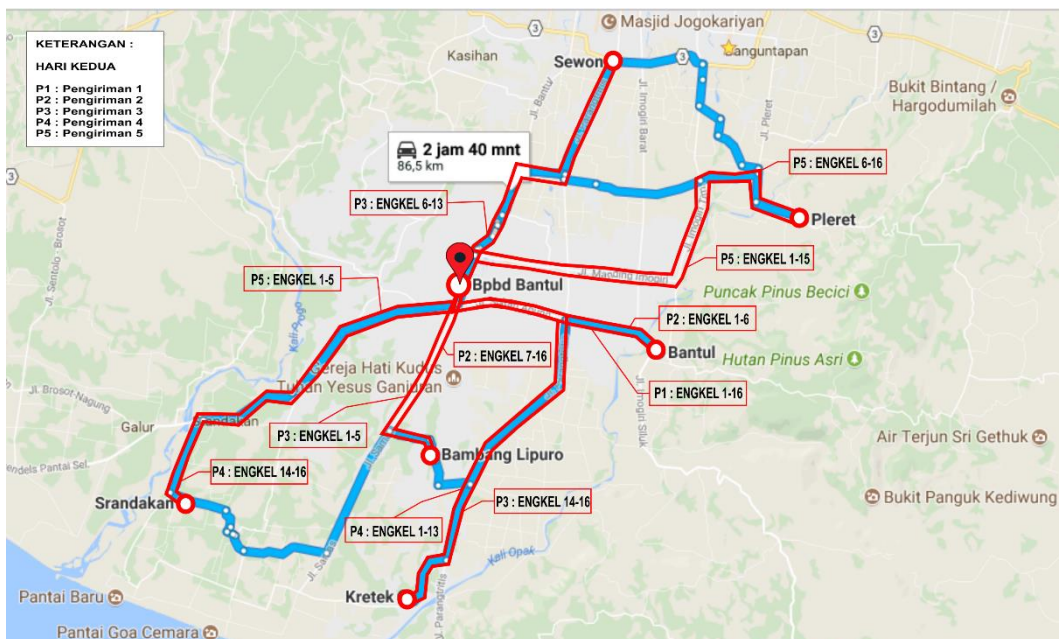
Tabel 4.23 Penugasan Hari 3

Truk	Pengiriman						
	1	2	3	4	5	6	7
Engkel 1	j6	j6	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 2	j6	j6	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 3	j6	j6	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 4	j6	j6	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 5	j6	j16	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 6	j6	j16	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 7	j6	j16	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 8	j6	j16	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 9	j6	j16	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 10	j6	j16	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 11	j6	j16	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 12	j6	j16	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 13	j6	j16	j4	j9	j9	j2	j17
Engkel 14	j6	j16	j9	j9	j9	j2	j17
Engkel 15	j6	j16	j9	j9	j2	j2	j13
Engkel 16	j6	j16	j9	j9	j2	j17	
Tronton 1	j12	j12	j12				
Tronton 2	j12	j12	j12				
Tronton 3	j12	j12					
Tronton 4	j12	j12					

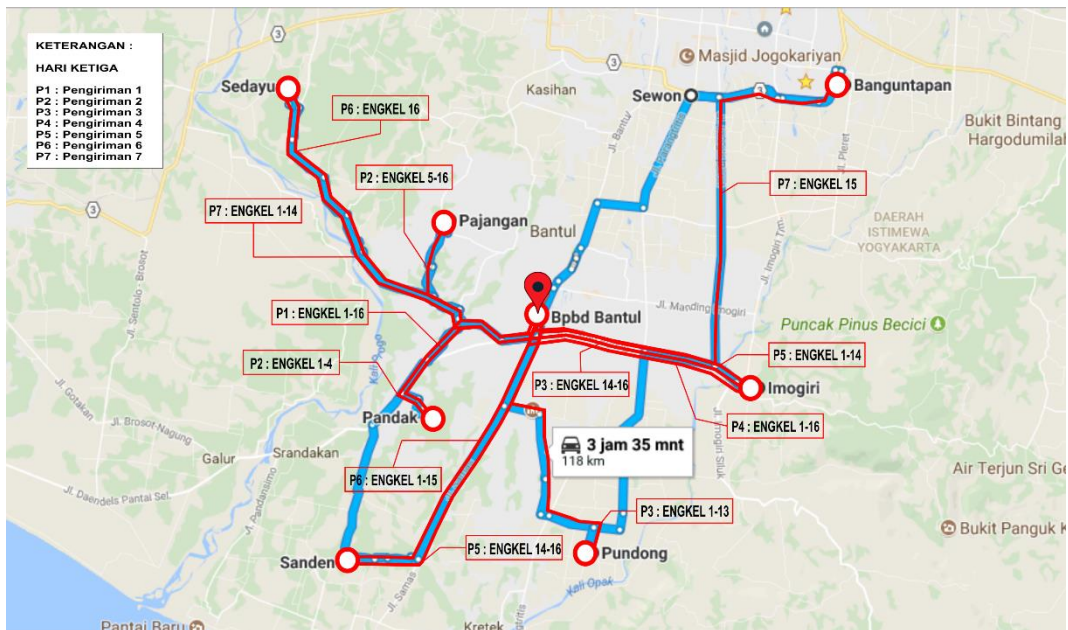
Berdasarkan data pada Tabel 4.21 hingga 4.23, dapat ditentukan rute untuk masing-masing-masing pengiriman seperti Gambar 4.4 hingga 4.9.



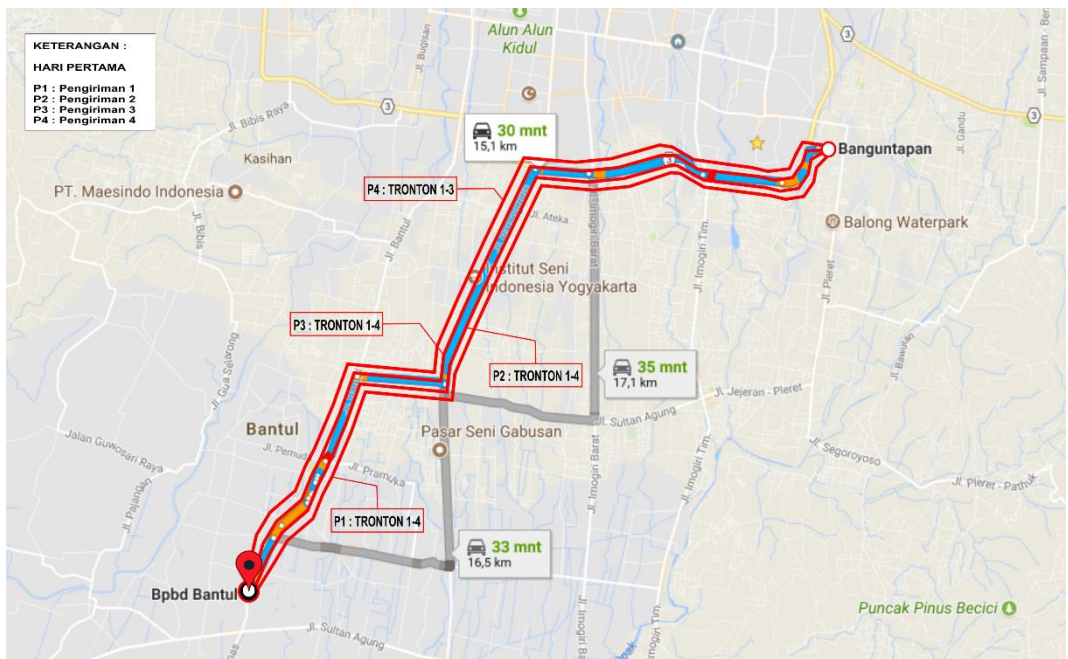
Gambar 4.4 Rute Pengiriman dengan Truk Engkel Hari 1



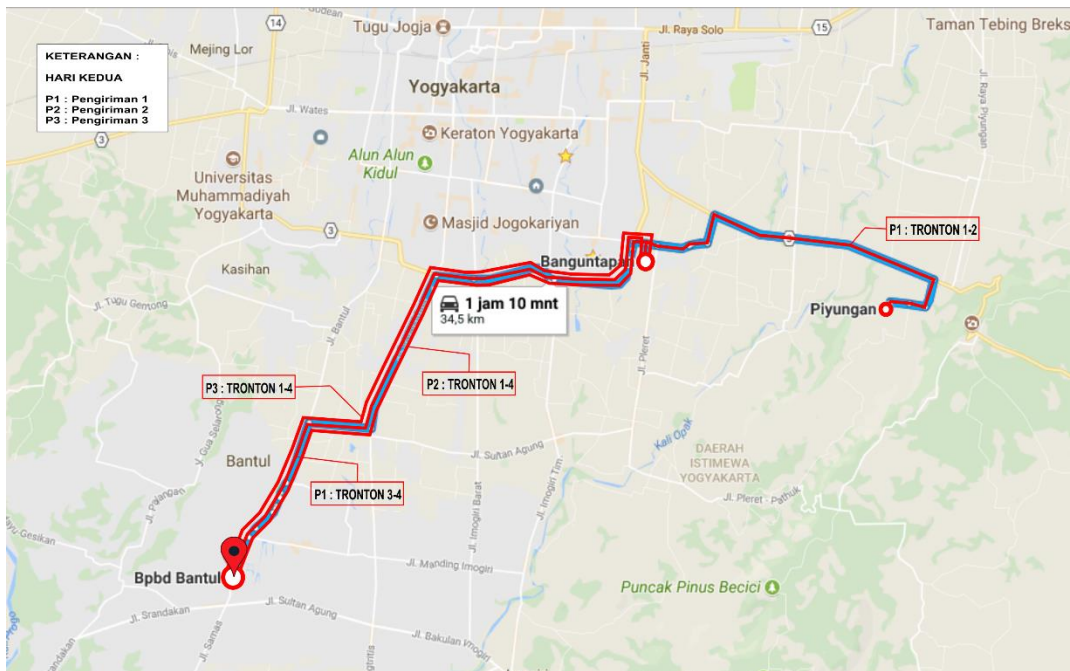
Gambar 4.5 Rute Pengiriman dengan Truk Engkel Hari 2



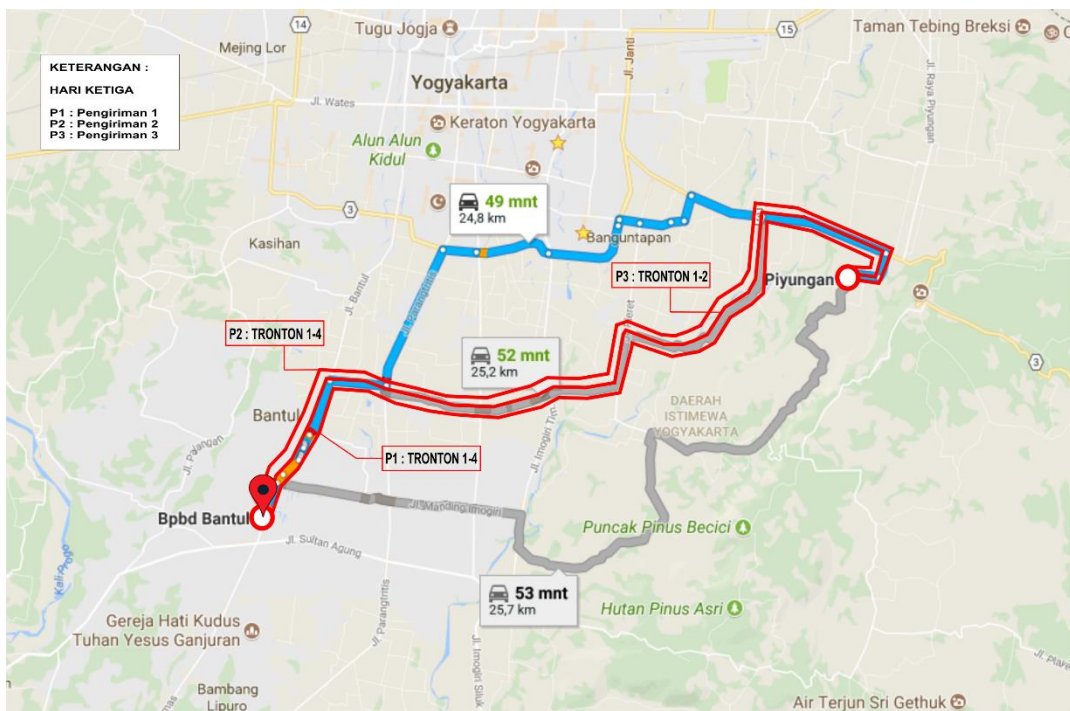
Gambar 4.6 Rute Pengiriman dengan Truk Engkel Hari 3



Gambar 4.7 Rute Pengiriman dengan Truk Engkel Hari 1



Gambar 4.8 Rute Pengiriman dengan Truk Engkel Hari 2



Gambar 4.9 Rute Pengiriman dengan Truk Engkel Hari 3

Dengan mempertimbangkan jarak tempuh, waktu perjalanan, waktu bongkar muat dan kondisi topografi pada masing-masing tujuan seperti pada Tabel 4.10, dapat ditentukan waktu perjalanan dari masing-masing penugasan kendaraan untuk pengiriman seperti ditunjukkan Tabel 4.24 hingga 4.26.

Tabel 4.24 Waktu Pengiriman Hari 1

Truk	Waktu Pengiriman						Total
	1	2	3	4	5	6	
Engkel 1	1,79	1,79	1,84	1,84	1,91	2,09	11,26
Engkel 2	1,79	1,79	1,84	1,84	1,91	2,09	11,26
Engkel 3	1,79	1,79	1,84	1,84	1,91	2,09	11,26
Engkel 4	1,79	1,79	1,84	1,84	1,91	2,09	11,26
Engkel 5	1,79	1,79	1,84	1,84	1,91	2,09	11,26
Engkel 6	1,79	1,79	1,84	1,84	1,91	2,09	11,26
Engkel 7	1,79	1,79	1,84	1,84	1,91	2,09	11,26
Engkel 8	1,79	1,79	1,84	1,91	1,91	2,09	11,33
Engkel 9	1,79	1,79	1,84	1,91	1,91	2,09	11,33
Engkel 10	1,79	1,79	1,84	1,91	1,91	2,09	11,33
Engkel 11	1,79	1,79	1,84	1,91	1,91	2,09	11,33
Engkel 12	1,79	1,79	1,84	1,91	1,91	2,09	11,33
Engkel 13	1,79	1,79	1,84	1,91	1,91	2,09	11,33
Engkel 14	1,79	1,79	1,84	1,91	1,91	2,09	11,33
Engkel 15	1,79	1,79	1,84	1,91	1,91	2,09	11,33
Engkel 16	1,79	1,84	1,84	1,91	1,91		9,30
Tronton 1	2,34	2,34	2,34	2,34			9,34
Tronton 2	2,34	2,34	2,34	2,34			9,34
Tronton 3	2,34	2,34	2,34	2,34			9,34
Tronton 4	2,34	2,34	2,34				7,01
Total Waktu (Jam)							213,84

Tabel 4.25 Waktu Pengiriman Hari 2

Truk	Waktu Pengiriman						Total
	1	2	3	4	5	6	
Engkel 1	1,60	1,60	1,81	1,90	1,97	2,01	11,26
Engkel 2	1,60	1,60	1,81	1,90	1,97	2,01	11,26
Engkel 3	1,60	1,60	1,81	1,90	1,97	2,01	11,26
Engkel 4	1,60	1,60	1,81	1,90	1,97	2,01	11,26
Engkel 5	1,60	1,60	1,81	1,90	1,97	2,01	11,26
Engkel 6	1,60	1,60	1,84	1,90	2,01	2,43	11,26
Engkel 7	1,60	1,81	1,84	1,90	2,01	2,43	11,26
Engkel 8	1,60	1,81	1,84	1,90	2,01	2,43	11,33
Engkel 9	1,60	1,81	1,84	1,90	2,01	2,43	11,33
Engkel 10	1,60	1,81	1,84	1,90	2,01	2,43	11,33
Engkel 11	1,60	1,81	1,84	1,90	2,01	2,43	11,33
Engkel 12	1,60	1,81	1,84	1,90	2,01	2,43	11,33
Engkel 13	1,60	1,81	1,84	1,90	2,01	2,43	11,33
Engkel 14	1,60	1,81	1,90	1,97	2,01	2,43	11,33
Engkel 15	1,60	1,81	1,90	1,97	2,01	2,43	11,33
Engkel 16	1,60	1,81	1,90	1,97	2,01		9,30
Tronton 1	2,72	2,34	2,34				9,34
Tronton 2	2,72	2,34	2,34				9,34
Tronton 3	2,34	2,34	2,72				9,34
Tronton 4	2,34	2,34	2,72				7,01
Total Waktu (Jam)							209,43

Tabel 4.26 Waktu Pengiriman Hari 3

Truk	Pengiriman							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
Engkel 1	1,65	1,65	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	12,91
Engkel 2	1,65	1,65	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	12,91
Engkel 3	1,65	1,65	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	12,91
Engkel 4	1,65	1,65	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	12,91
Engkel 5	1,65	1,83	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	13,10
Engkel 6	1,65	1,83	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	13,10
Engkel 7	1,65	1,83	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	13,10
Engkel 8	1,65	1,83	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	13,10
Engkel 9	1,65	1,83	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	13,10
Engkel 10	1,65	1,83	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	13,10
Engkel 11	1,65	1,83	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	13,10
Engkel 12	1,65	1,83	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	13,10
Engkel 13	1,65	1,83	1,84	1,85	1,85	1,99	2,09	13,10
Engkel 14	1,65	1,83	1,85	1,85	1,85	1,99	2,09	13,11
Engkel 15	1,65	1,83	1,85	1,85	1,99	1,99	2,13	13,29
Engkel 16	1,65	1,83	1,85	1,85	1,99	2,09		11,26
Tronton 1	2,72	2,72	2,72					8,17
Tronton 2	2,72	2,72	2,72					8,17
Tronton 3	2,72	2,72						5,44
Tronton 4	2,72	2,72						5,44
Total (jam)								234,37

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

VII.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka didapatkan kesimpulan seperti berikut:

1. Dengan menggunakan skenario jumlah pengungsi 80% dari populasi pada daerah sangat rawan, 60% pada daerah rawan, dan 40% pada daerah kurang rawan didapatkan model matematis distribusi alokasi yang diselesaikan dengan Linear Programming, dimana didapatkan solusi distribusi alokasi dengan alokasi distribusi bantuan pada hari pertama sebanyak 60.500 unit, pada hari kedua sebanyak 59.500 unit dan pada hari ketiga sebanyak 60.500 unit.
2. Berdasarkan hasil penentuan rute pengiriman menggunakan metode Nearest Neighbor didapatkan rute pengiriman dengan truk engkel untuk hari pertama menuju gudang penyalur kecamatan Jetis, Sewon, Kasihan, Sedayu, sementara truk tronton akan mengirimkan bantuan ke gudang penyalur kecamatan Banguntapan. Pengiriman hari kedua truk engkel akan mengirimkan bantuan ke gudang penyalur kecamatan Bantul, Bambanglipuro, Sewon, Kretek, Srandakan, Pleret dan Dlingo, sementara truk tronton mengirimkan bantuan menuju Banguntapan dan Piyungan. Pada hari ketiga truk engkel akan mengirimkan bantuan ke Gudang penyalur kecamatan Pandak, Pajangan, Pundong, Imogiri, Sanden, Sedayu dan Banguntapan, sementara truk tronton mengirimkan bantuan menuju kecamatan

VII.2 Saran

1. Dalam penelitian selanjutnya perlu melakukan penelitian lebih lanjut dengan mengembangkan model pengiriman yang terintegrasi antara pengiriman dari gudang utama menuju gudang penyalur yang ada di

kecamatan, serta dari gudang penyalur menuju posko yang berada di wilayah desa.

Daftar Pustaka

- Alonso, Alvarez, dan Beasley, 2008, *A Tabu Search Algorithm for The Periodic Vehicle Routing Problem with Multiple Vehicle Trips and Accessibility Restrictions*. Journal of the Operational Research Society, Vol 59, Hal 963-976.
- Ariyana, 2012, *Model Lokasi-Alokasi Bantuan Logistik Catastrophic Berbasis Masjid di Kota Padang*, Jurnal Optimasi Sistem Industri, Vol 11, No 2, Oktober 2002, Hal: 235-242.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2008, *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 4 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana*. BNPB, Jakarta.
- Balcik dan Beamon, 2008, *Facility Location in Humanitarian Relief*, International Journal of Logistics: Research and Applications, Vol 11, Hal 101–121.
- Baker dan Schaffer, 1988, *Solution Improvement Heuristics for the Vehicle Routing and Scheduling Problem with Time Window Constraints*, American Journal of Mathematical and Management Sciences 6, 261-300.
- Barnes dan Carlton, 1995, *Solving the Vehicle Routing Problem with Time Windows using Reactive Tabu Search*, presented at the Fall 1995 INFORMS Conference, New Orleans, LA.
- Beamon, B., 2004, *Humanitarian relief chains: Issues and challenges*, in Proceedings of the 34th International Conference on Computers and Industrial Engineering, San Francisco, CA.
- Bramel dan Simchi-Levi, 1993, *Probabilistic Analyses and Practical Algorithms for the Vehicle Routing Problem with Time Windows*, Working paper, Columbia University
- Cahya, Christian Tri, 2013, *Perancangan Algoritma Tabu Search Untuk Vehicle Routing Problem With Time Windows Di Distributor PT. Intermas Tata Trading*, Journal Logistics and Supply Chain Management, Vol 3, No. 3.
- Carlton, W.B., 1995, *A Tabu Search Approach to the General Vehicle Routing Problem*. Ph.D. Dissertation, The University of Texas at Austin, Texas.
- Chopra dan Meindl, 2007, *Supply Chain Management : Strategy, Planning, and Operation*, Edisi 3, Prantice Hall, New Jersey.
- Cozzolino, A., 2012, *Humanitarian Logistics*, Springer Heidelberg, New York.
- Döyen, Aras dan Barbarosoğlu, 2011, *A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics*, Optim Lett (2012) Vol 6, Hal 1123–1145.
- El-Sherbeny, 2010, *Vehicle routing with time windows: An overview of exact, heuristic and metaheuristic methods*, Journal of King Saud University (Science), Vol 22, Hal 123–131

- Fogner Ro, dan Rennemo, 2012, *A Multi-Stage Stochastic Facility Routing Model for Humanitarian Logistics Planning*, Theses, Norwegian University of Science and Technology.
- Hugos, Michael, 2006, *Essential of Supply Chain Management*, Edisi 2, John Wiley and Sons, New Jersey.
- Liu, Chun-Ying, 2013, *An Improved Adaptive Genetic Algorithm for the Multi-depot Vehicle Routing Problem with Time Window*, Department of Computer and Information Engineering, Heze University, Cina.
- Ozdamar, 2004, *Emergency Logistics Planning in Natural Disasters*, Annals of Operations Research, Edisi 129, Halaman 217–245.
- Palit dan Sherly, 2012, *Vehicle Routing Problem With Time Windows Pada Distributor Bahan Makanan*, Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV
- Potvin dan Bengio, 1996, *The Vehicle Routing Problem with Time Windows Part II: Genetic Search*, *INFORMS Journal on Computing* **8**: 165–172.
- Susetiono, 2010, *Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI Tahun 2010 : Sistem Pengelolaan Pemenuhan Kebutuhan Dasar Korban Bencana Alam*, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta.
- Timoleon, 2012, *The Logistics Chain of Emergency Supplies in Disasters*, Master Course, Athens University
- Toth dan Vigo, 2002, *The Vehicle Routing Problem*, SIAM, Philadelphia.
- Zunara, 2011, *Model Optimasi Pendistribusian Logistik Bencana Alam*, Skripsi, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.