

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Sistem logistik bencana atau *disaster relief operations* (DROs) meliputi perencanaan/inventarisi kebutuhan, penerimaan/pengadaan, pergudangan, pendistribusian, pengangkutan, penerimaan di tujuan, penghapusan, dan pertanggungjawaban. Aktivitas tersebut mirip dengan aktivitas yang dilakukan pada *supply chain management* (SCM) komersial. SCM komersial dan DRO mempunyai banyak kemiripan, sehingga secara prinsip, pendekatan dan teknik DRO dapat dikembangkan dari SCM komersial (Pujawan et al., 2009).

Pengkajian mengenai DRO masih belum sebanyak/semapan SCM komersial, dalam hal pelaksanaannya pun DRO masih sering menemui kendala. Pujawan et al. (2009) menemukan kelemahan dalam pelaksanaan logistik bencana seperti kurangnya profesionalisme dan sulitnya koordinasi antar pelaku. Kelemahan DRO lainnya telah diidentifikasi oleh Thomas dan Kopczak (2005), yaitu kurangnya pengakuan tentang pentingnya logistik, pelaku kurang profesional, teknologi yang tidak memadai, kurangnya pembelajaran institusi, serta kurangnya kolaborasi. Kelemahan ini menjadi sebuah permasalahan yang ada dalam penanganan bencana. Berdasarkan hasil pengamatan, wawancara dan analisis Patriatama dan Bintoro (2013), permasalahan tersebut muncul saat penanganan bencana letusan Gunung Merapi 2010.

Pengkajian serta pembelajaran dalam bidang DRO dapat membantu memperbaiki sistem logistik bencana serta mengurangi permasalahan yang sering terjadi saat penanganan bencana. Masih terdapat banyak peluang penelitian dalam bidang ini. Oktarina et al. (2011) mengemukakan bahwa masih terdapat peluang penelitian pada aktivitas perencanaan/inventarisasi kebutuhan barang bantuan, aktivitas pengaturan penerimaan barang bantuan di tempat tujuan, aktivitas penghapusan barang bantuan yang telah rusak atau tidak dibutuhkan, dan aktivitas pertanggungjawaban penerimaan dan pengiriman bantuan.

Penelitian mengenai DRO telah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain: Oktarina et al. (2013) mengenai perencanaan kebutuhan; Yi dan Ozdamar (2007), Sheu (2007), Oktarina dan Diawati (2008), Hadiguna dan Wibowo (2012),

Aman *et al.* (2012), dan Suryani dan Bintoro (2013) mengembangkan model distribusi; Whybark (2007) mengkaji model persediaan logistik bencana; Pujawan *et al.* (2009), Balcik *et al.* (2010), Gatignon *et al.* (2010), Bintoro (2012), dan Patriatama dan Bintoro (2013) menganalisis serta mengevaluasi DRO; Hehanussa (2012), Sanjaya (2012) mengembangkan jaringan logistik bencana.

Model lokasi dan distribusi untuk mengkoordinasikan dukungan logistik dan proses evakuasi dalam aktivitas penanggulangan bencana telah dikembangkan oleh Yi dan Odzamar (2007). Model distribusi lainnya telah dikembangkan oleh Sheu (2007) untuk kasus gempa bumi di Taiwan. Model ini menggambarkan bentuk dasar jaringan distribusi pada kondisi darurat yang terdiri dari tiga komponen utama yaitu donor, pusat distribusi dan masyarakat terdampak yang menjadi rantai pasokan dalam sistem logistik bencana.

Whybark (2007) menjelaskan pentingnya manajemen persediaan barang bantuan dalam sistem logistik bencana, serta mengemukakan tiga karakteristik utama dalam pengelolaan barang bantuan yaitu proses penerimaan, penyimpanan, dan distribusi barang bantuan. Kemudian Oktarina dan Diawati (2008) mengembangkan model distribusi barang bantuan bencana alam yang meminimalkan jumlah permintaan yang tidak terpenuhi untuk semua jenis komoditas selama waktu perencanaan dengan waktu pengiriman barang bantuan lebih dari satu periode.

Pujawan *et al.* (2009) menggunakan prinsip-prinsip SCM komersial dan DRO untuk mengevaluasi penanganan bencana di Indonesia. Keberhasilan DRO tidak terlepas dari SCM komersial. Balcik *et al.* (2010) telah melakukan perbandingan antara SCM komersial dan DRO berdasarkan tujuh karakteristik yaitu tujuan strategis, jenis permintaan, pola permintaan, jaringan distribusi, pengendalian persediaan, sistem informasi, dan pengukuran performansi sistem. Pengembangan desain *decentralized supply chain* yang dikembangkan oleh *International Federation of The Red Cross* (IFRC) telah dilakukan oleh Gatignon *et al.* (2010). Desain tersebut dievaluasi dan kemudian diterapkan pada saat penanganan gempa bumi di Yogyakarta pada tahun 2006.

Prinsip-prinsip SCM komersial dan DRO digunakan juga oleh Bintoro (2012) dan Patriatama dan Bintoro (2013) untuk mengevaluasi penanganan logistik. Hasil evaluasi digunakan untuk mengembangkan model logistik bencana erupsi Gunung Merapi.

Berdasarkan pada model dasar yang telah dibuat oleh peneliti-peneliti sebelumnya, Hehanussa (2012) merancang jaringan logistik untuk menentukan lokasi dan jumlah gudang penyalur berbasis pada pemetaan kembali risiko bencana terkini Kabupaten Sleman. Penelitian mengenai pembangunan gudang penyalur yang disesuaikan dengan perencanaan pemerintah dikembangkan oleh Sanjaya (2012). Penelitian ini menganalisis jaringan distribusi logistik erupsi Gunung Merapi, kemudian hasil analisis tersebut menghasilkan pengelompokan berbagai jenis logistik, pemberian standarisasi dalam sistem pergudangan dan perancangan *layout* gudang penyalur.

Model pendistribusian barang bantuan dikembangkan oleh Aman *et al.* (2012) dengan mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya. Model ini menggunakan metode yang berbeda dari penelitian sebelumnya, yaitu model PILP (*Pure 0-1 Integer Linear Programming*). Model simulasi logistik bencana untuk pendistribusian bantuan makanan dan obat-obatan telah dikembangkan oleh Hadiguna dan Wibowo (2012) dengan menggunakan studi kasus bencana gempa bumi di Kota Padang. Dari penelitian ini diketahui bahwa alokasi dan transportasi pendistribusian barang bantuan menentukan tingkat efektivitas dibandingkan tingkat kerusakan akibat bencana.

Manajemen permintaan sangat penting dilakukan pada saat bencana, karena dapat mendukung tanggap darurat dilakukan dengan cepat, tepat, dan akurat. Model estimasi yang dapat memperkirakan jenis dan jumlah barang bantuan yang dibutuhkan untuk mendukung operasi bantuan pada saat terjadi bencana gempa bumi telah dikembangkan oleh Oktarina *et al.* (2013). Kemudian Suryani dan Bintoro (2013) mengembangkan model distribusi logistik bencana yang telah ada dengan menggunakan *Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem*. Model ini dapat meminimasi total rasio permintaan yang tidak terpenuhi pada setiap titik permintaan untuk semua jenis komoditas selama waktu perencanaan.

Penanganan logistik bencana letusan Gunung Merapi pada tahun 2010 masih memiliki banyak kelemahan. Kelemahan-kelemahan tersebut dianalisis oleh Fitrianiingsih (2012) dengan menggunakan metode PIECES (*Performance, Information, Economy, Efisiensi, Service*). Proses pencatatan data barang masuk, barang keluar sampai kebutuhan tiap posko masih dilakukan secara manual. Data-data masih disimpan dalam bentuk lembaran-lembaran yang sangat banyak. Kualitas informasi tidak cukup baik ketika lembaran rusak atau

hilang, serta petugas tidak dapat membuat laporan kepada pihak yang membutuhkan.

Salah satu hal yang dapat mendukung keberhasilan DRO adalah sistem distribusi, sehingga dibutuhkan model distribusi yang dapat diterapkan dengan mudah dan cepat.

Penelitian saat ini mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya dan perundang-undangan penanganan bencana yang berlaku di Indonesia yang diatur dalam Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Dengan minimnya teknologi serta pengetahuan sumber daya manusia yang ada di lapangan, peneliti mengusulkan sebuah model distribusi logistik bencana untuk meminimasi total rasio permintaan tidak terpenuhi untuk semua jenis komoditas pada seluruh titik permintaan sampai pada akhir waktu perencanaan yang dapat diimplementasikan di kondisi nyata pada kasus erupsi Gunung Merapi tahun 2010, menggunakan studi kasus Suryani dan Bintoro (2013). Model ini juga dapat menentukan rute distribusi sesuai dengan alokasi kendaraan.

## **2.2. Dasar Teori**

Dalam sub bab ini akan dipaparkan mengenai teori-teori pendukung pembuatan model distribusi serta penyelesaiannya.

### **2.2.1. Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*)**

*Supply chain management* (SCM) merupakan sekumpulan aktivitas (dalam bentuk entitas/fasilitas) yang terlibat dalam proses transformasi dan distribusi barang mulai dari bahan baku hingga produk jadi. Menurut Chopra dan Meindl (2007), SCM adalah ikatan yang terjadi antara produsen, supplier, distributor, gudang, *retailer*, dan konsumen untuk memenuhi kebutuhan konsumen itu sendiri. Ling Li (2007) mendefinisikan SCM sebagai sekumpulan aktivitas dan keputusan yang saling terkait untuk mengintegrasikan pemasok, manufaktur, gudang, jasa transportasi, pengecer, dan konsumen secara efisien.

Tujuan utama dari SCM adalah untuk memenuhi kebutuhan konsumen dan menghasilkan keuntungan. SCM memiliki sifat yang dinamis, namun melibatkan tiga aliran yang konstan, yaitu aliran informasi, produk, dan uang (Chopra dan Meindl, 2007).

Menyimak dari beberapa definisi SCM di atas, maka dapat dikategorikan beberapa pemain utama yang merupakan perusahaan yang memiliki kepentingan yang sama adalah sebagai berikut:

- a. *Supplier*
- b. *Manufactures*
- c. *Distribution*
- d. *Retail Outlet*
- e. *Customers*

Aktivitas-aktivitas yang terdapat dalam SCM antara lain sebagai berikut:

- a. Meramalkan permintaan pelanggan
- b. Membuat jadwal produksi
- c. Menyiapkan jaringan transportasi
- d. Memesan persediaan pengganti dari para pemasok
- e. Mengelola persediaan: bahan mentah, barang dalam proses dan barang jadi
- f. Menjalankan produksi
- g. Menjamin kelancaran transportasi sumber daya kepada pelanggan
- h. Melacak aliran sumber daya material, jasa, informasi, dan keuangan dari pemasok, di dalam perusahaan, dan kepada pelanggan

### **2.2.2. *Disaster Relief Operations (DRO)***

Undang-Undang No 24 Tahun 2007 mendefinisikan bencana sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana adalah gabungan dari tiga unsur, yaitu ancaman bencana, kerentanan, dan kemampuan yang di picu oleh suatu kejadian. Bencana diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu bencana alam, bencana non-alam, dan bencana sosial.

Sistem logistik dalam kaitannya dengan bencana (*Disaster Relief Operations/DRO*) adalah suatu pendekatan yang sistematis dan terpadu, terutama dalam pengelolaan material atau kebutuhan dasar dan informasi untuk menanggulangi semua kejadian bencana secara cepat, tepat, dan akurat untuk menekan korban dan kerugian yang ditimbulkan.

Berdasarkan Peraturan Kepala BNPB Nomor 13 Tahun 2008, karakteristik sistem logistik bencana juga tampak dalam manajemen rantai pasokan yang berdasar kepada:

- a. Tempat atau titik masuknya logistik  
Tempat atau titik masuknya logistik adalah titik sumber pemasok utama atau titik suplai yang memiliki pasokan komoditi barang bantuan dari berbagai pihak/donor.
- b. Gudang utama  
Gudang utama adalah titik persinggahan yang menerima pasokan barang dari titik pemasok dan sekaligus berfungsi untuk melakukan distribusi barang bantuan bagi pemanfaat melalui gudang penyalur.
- c. Gudang penyalur  
Gudang penyalur berfungsi sebagai titik persinggahan, menerima pasokan barang dari gudang utama, dan melakukan distribusi barang bantuan.
- d. Gudang akhir di pos komando  
Gudang akhir adalah titik tujuan akhir dalam rantai pasok logistik bencana.

Peraturan Kepala BNPB Nomor 13 Tahun 2008 merumuskan aktivitas-aktivitas yang dilakukan dalam logistik bencana, yaitu:

- a. Perencanaan/Inventarisasi Kebutuhan  
Proses inventarisasi merupakan proses untuk mengumpulkan informasi mengenai apa yang dibutuhkan, siapa yang membutuhkan, dimana letaknya, kapan barang bantuan dibutuhkan, serta bagaimana cara menyampaikan barang bantuan tersebut. Informasi yang dibutuhkan tersebut dihimpun dari laporan, Tim Reaksi Cepat, media massa, seta instansi-instansi terkait.
- b. Pengadaan/Penerimaan  
Proses penerimaan/pengadaan logistik dan peralatan penanggulangan bencana dimulai dari pencatatan atau inventarisasi termasuk kategori logistik atau peralatan, dari mana bantuan diterima, kapan diterima, apa jenis bantuannya, seberapa banyak jumlahnya, bagaimana cara menggunakan atau mengoperasikan logistik atau peralatan yang disampaikan, apakah ada permintaan untuk siapa bantuan ini ditujukan.
- c. Pergudangan dan/atau Penyimpanan  
Proses penyimpanan dan pergudangan dimulai dari data penerimaan logistik dan peralatan yang diserahkan kepada unit pergudangan dan penyimpanan

disertai dengan berita acara penerimaan dan bukti penerimaan logistik dan peralatan pada waktu itu.

Pencatatan data penerimaan antara lain: jenis barang logistik dan peralatan apa saja yang dimasukkan ke dalam gudang, berapa jumlahnya, bagaimana keadaannya, siapa yang menyerahkan, siapa yang menerima, cara penyimpanan menggunakan metode barang yang masuk terdahulu dikeluarkan pertama kali (*first-in first-out*) dan atau menggunakan metode *last-in first-out*.

d. Pendistribusian

Berdasarkan data inventarisasi kebutuhan maka disusunlah perencanaan pendistribusian logistik dan peralatan dengan disertai data pendukung: yaitu yang didasarkan kepada permintaan dan mendapatkan persetujuan dari pejabat berwenang dalam penanggulangan bencana.

Perencanaan pendistribusian terdiri dari data: siapa saja yang akan menerima bantuan, prioritas bantuan logistik dan peralatan yang diperlukan, kapan waktu penyampaian, lokasi, cara penyampaian, alat transportasi yang digunakan, siapa yang bertanggung jawab atas penyampaian tersebut.

e. Pengangkutan

Proses pengangkutan dilakukan berdasarkan hasil perencanaan pendistribusian. Data yang dibutuhkan untuk pengangkutan adalah: jenis logistik dan peralatan yang diangkut, jumlah, tujuan, siapa yang bertanggung jawab dalam perjalanan termasuk tanggung jawab keamanannya, siapa yang bertanggung jawab menyampaikan kepada penerima. Penerimaan oleh penanggung jawab pengangkutan disertai dengan berita acara dan bukti penerimaan logistik dan peralatan yang diangkut.

f. Penerimaan di tujuan

Pada proses penerimaan, dilakukan pemeriksaan kecocokan antara barang yang dibawa (dan diterima) dengan apa yang tertera di dalam daftar/*manifest* pengangkutan. Ketika sudah sesuai, penerima membuat berita acara dan bukti penerimaan logistik untuk diberikan kepada penanggung jawab pengangkutan.

g. Penghapusan

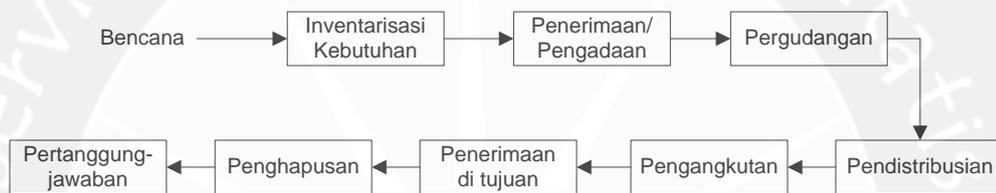
Barang logistik dan peralatan yang dialihkan kepemilikannya atau tidak dapat digunakan atau tidak dapat dimanfaatkan atau hilang atau musnah dapat dilakukan penghapusan. Penghapusan harus dilakukan dengan

permohonan penghapusan oleh pejabat yang berwenang melalui proses penghapusan dan diakhiri dengan berita acara penghapusan.

h. **Pertanggungjawaban**

Seluruh proses manajemen logistik dan peralatan yang telah dilaksanakan harus dibuat pertanggungjawabannya. Pertanggungjawaban penanggulangan bencana baik keuangan maupun kinerja, dilakukan pada setiap tahapan proses dan secara paripurna untuk seluruh proses, dalam bentuk laporan oleh setiap pemangku proses secara berjenjang dan berkala sesuai dengan prinsip akuntabilitas dan transparansi.

Aktivitas-aktivitas tersebut dilaksanakan secara keseluruhan menjadi satu sistem terpadu (lihat Gambar 2.4).



**Gambar 2.1. Proses Manajemen Logistik dan Peralatan**

### 2.2.3. Prinsip Pemenuhan Logistik

Menurut Peraturan Kepala BNPB Nomor 7 Tahun 2008, terdapat prinsip dalam pemberian bantuan pemenuhan kebutuhan dasar, yaitu:

a. **Cepat dan tepat**

Pemberian bantuan kebutuhan dasar dilaksanakan secara cepat dan tepat sesuai tuntutan keadaan.

b. **Prioritas**

Pemberian bantuan pemenuhan kebutuhan dasar harus diutamakan kepada kelompok rentan.

c. **Koordinasi dan keterpaduan**

Pemberian bantuan pemenuhan kebutuhan dasar didasarkan pada koordinasi serta dilaksanakan oleh berbagai sektor secara terpadu yang didasarkan pada kerjasama yang baik dan saling mendukung.

d. **Berdaya guna dan berhasil guna**

Pemberian bantuan pemenuhan kebutuhan dasar dilakukan dengan tidak membuang waktu, tenaga, dan biaya yang berlebihan serta berhasil guna.

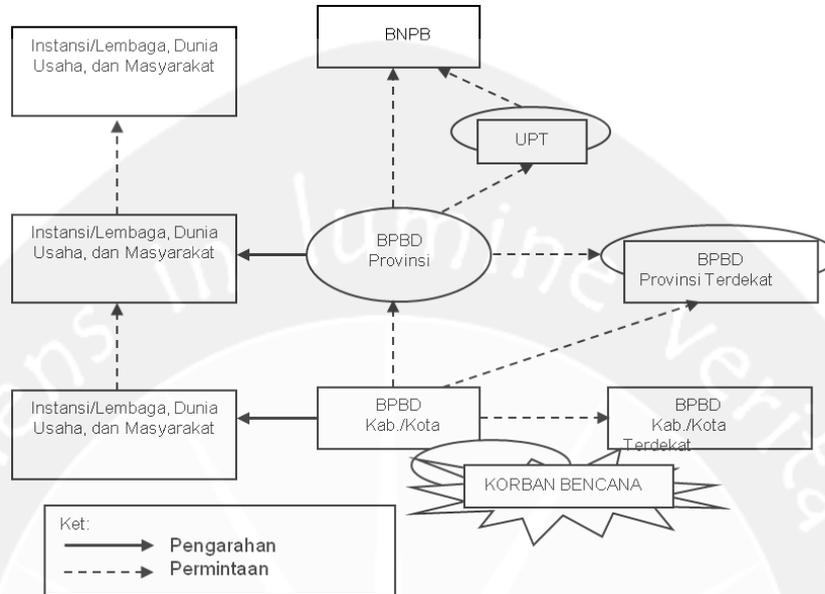
- e. **Transparansi dan akuntabilitas**  
Pemberian bantuan pemenuhan kebutuhan dasar dilakukan terbuka dan dapat dipertanggungjawabkan baik secara etika dan hukum.
- f. **Kemitraan**  
Pemberian bantuan pemenuhan kebutuhan dasar harus melibatkan berbagai pihak secara seimbang.
- g. **Pemberdayaan**  
Pemberian bantuan pemenuhan kebutuhan dasar dilakukan dengan melibatkan korban bencana secara aktif.
- h. **Non diskriminatif**  
Pemberian bantuan pemenuhan kebutuhan dasar tidak memberikan perlakuan berbeda terhadap jenis kelamin, suku, agama, ras, dan aliran politik apapun.
- i. **Non proletisi**  
Pemberian bantuan pemenuhan kebutuhan dasar dilarang menyebarkan agama atau keyakinan.

#### **2.2.4. Pengelolaan Logistik**

Menurut Whybark (2007), terdapat tiga karakteristik utama yang harus diperhatikan dalam mengelola logistik, yaitu:

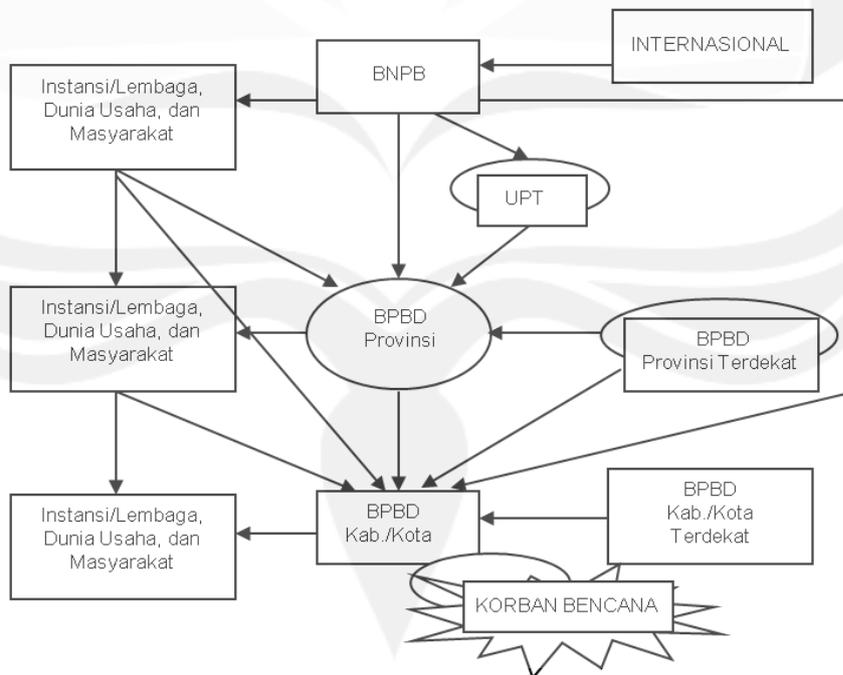
- a. **Penerimaan (*acquisition*)**  
Dalam sistem logistik bencana, terdapat dua aspek penerimaan, yaitu penerimaan dan penyimpanan barang kebutuhan guna antisipasi bencana.
- b. **Penyimpanan/gudang (*storage*)**  
Jumlah tempat penyimpanan/gudang harus disesuaikan dengan kebutuhan, memiliki kemudahan akses suplai barang dari titik asal ke titik konsumsi, dan mempunyai sistem keamanan yang baik. Pengelolaan barang kebutuhan di dalam gudang perlu mendapat perhatian misalnya *monitoring* barang bantuan.
- c. **Distribusi (*distribution*)**  
Pada saat terjadi bencana, proses distribusi dimulai dengan mem-*push* barang bantuan ke daerah terdampak bencana sebagai antisipasi terhadap permintaan korban bencana yang belum diketahui secara pasti. Proses distribusi menggunakan sistem *pull* yaitu pemenuhan barang bantuan dilakukan sebagai respon atas permintaan korban bencana.

Menurut Peraturan Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2009, alur permintaan bantuan logistik dapat dilihat pada Gambar 2.2, sedangkan alur distribusi bantuan logistik dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Sumber: Peraturan Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2009

**Gambar 2.2. Alur Permintaan Bantuan Logistik**



Sumber: Peraturan Kepala BNPB Nomor 4 Tahun 2009

**Gambar 2.3. Alur Distribusi Bantuan Logistik**

## 2.2.5. Manajemen Transportasi dan Distribusi

### 2.2.5.1. Fungsi Transportasi dan Distribusi

Transportasi dan distribusi berfungsi untuk menghantarkan barang dari suatu tempat (pusat distribusi) sampai ke tempat barang tersebut digunakan (titik permintaan). Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan tingkat pelayanan penghantaran barang yang tinggi kepada peminfaat, diukur melalui kecepatan pengiriman, pemenuhan kapasitas dan kesempurnaan barang hingga ditujuan. Secara fisik, kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan alat transportasi, baik transportasi darat, laut, maupun udara. Secara non fisik, terjadi aliran informasi dalam hal komunikasi, pengolahan data, dan pelayanan.

Transportasi dan distribusi memiliki peran penting dalam keberhasilan DRO. Dalam upayanya untuk menggapai keberhasilan DRO, siapapun yang melaksanakan manajemen transportasi dan distribusi sebaiknya melaksanakan sejumlah fungsi dasar sebagai berikut:

a. Melakukan konsolidasi informasi

Agar pengiriman logistik bencana dapat dilakukan dengan cepat dan tepat maka data permintaan, data ketersediaan barang, dan informasi lokasi harus dikonsolidasikan terlebih dahulu. Masalah yang biasa timbul dalam hal melakukan kegiatan konsolidasi informasi ini adalah banyaknya informasi dan ketidakakuratannya informasi. Bantuan sistem informasi yang terintegrasi dalam banyak bidang dan akses data *real time* akan sangat membantu kegiatan ini.

b. Melakukan konsolidasi pengiriman

Perbedaan jumlah, jenis, lokasi permintaan mengakibatkan permasalahan dalam pengiriman. Agar tepat cepat, tetap tetapi tetap efisien, maka konsolidasi pengiriman perlu dilakukan. Konsolidasi pengiriman seperti mengelompokkan atau *splitting* pengiriman berdasarkan lokasi pengiriman atau alat transportasinya.

c. Menentukan rute pengiriman

Rute pengiriman biasanya merupakan fungsi waktu dan biaya, semakin jauh maka akan semakin lama dan mahal. Penentuan rute terpendek dapat membantu menekan biaya dan memperpendek waktu pengiriman. Analisis penentuan rute dapat memanfaatkan metode riset operasi dan sistem

informasi geografis, dimana telah banyak dilakukan oleh praktisi di bidang SCM.

d. Menentukan sistem transportasi yang digunakan

Letak lokasi yang akan dituju dan fasilitas infrastruktur yang tersedia merupakan pertimbangan dasar dalam penentuan alat transportasi. Infrastruktur yang rusak akibat bencana seringkali menjadi kendala, sehingga perlu memilih alat transportasi yang lebih mahal. Hal lain yang penting selain itu adalah waktu tempuh, pada kasus khusus barang harus dikirim secepat mungkin karena keadaan darurat atau alasan kemanusiaan.

e. Membuat jadwal pengiriman

Fungsi dasar dalam penjadwalan adalah kapan barang akan dikirim, seberapa banyak, dan menggunakan alat transportasi yang mana. Sedangkan masalah prioritas merupakan hal khusus yang sangat penting dalam DRO. Seringkali ada prioritas yang muncul tiba-tiba, sehingga akan mengakibatkan penjadwalan ulang. Oleh karena itu, sebaiknya masalah prioritas yang cukup dinamis perlu dipersiapkan lebih awal.

#### **2.2.5.2. Strategi Distribusi**

Kondisi lingkungan yang terkena bencana berbeda-beda, hal ini akan mempengaruhi sistem transportasi dan distribusi. Pemilihan strategi distribusi yang tepat akan sangat berpengaruh, karena setiap strategi mempunyai kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Strategi yang dapat digunakan dalam logistik bencana antara lain (Bintoro, 2012):

a. Pengiriman langsung

Strategi ini cocok untuk memenuhi permintaan kebutuhan yang mendesak, barang yang umurnya pendek, mudah rusak karena bongkar muat, mempunyai ongkos mahal untuk bongkar muat atau sulit dalam penyimpanan. Selain itu, strategi ini juga cocok jika jenis, jumlah dan tujuan barang sudah jelas serta sinkronisasi waktu pengiriman dan penerimaan sudah selesai. Keunggulan strategi ini adalah pendeknya waktu kirim, ongkos pengiriman yang lebih murah dan tidak adanya biaya gudang.

b. Pengiriman melalui gudang

Dalam logistik bencana seringkali terjadi kasus adanya suplai barang tetapi belum ada atau tidak sesuai dengan permintaan. Hal ini karena adanya suplai/bantuan dari donor tanpa mempertimbangkan permintaan, sehingga

terjadi ketidaksinkronan. Selain itu, kompleksnya sistem logistik saat bencana seringkali membutuhkan gudang sebagai penyangga. Gudang juga berfungsi sebagai peredam ketidakpastian antara suplai dan permintaan. Strategi ini mempunyai resiko kerusakan barang dan tambahan biaya akibat adanya bongkar muat dan adanya tambahan biaya gudang.

c. Pengiriman melalui pusat distribusi

Strategi ini merupakan kompromi dari dua pendekatan sebelumnya, karena secara teknis barang tidak dikirim langsung tetapi harus melewati pusat distribusi, tetapi tidak harus dibongkar atau masuk gudang. Jika terjadi *splitting* maka perlu bongkar muat, menyesuaikan alat transportasi dan ukuran lot pengiriman. Strategi ini menguntungkan karena pengiriman dapat relative cepat dan tetap ekonomis, tetapi membutuhkan usaha yang lebih besar untuk konsolidasi beban, sistem informasi, dan koordinasi.

**2.2.5.3. Mode Transportasi serta Keunggulan dan Kelemahannya**

Secara umum, setiap mode transportasi memiliki keunggulan dan kelemahannya masing-masing jika ditinjau dalam berbagai aspek. Tabel 2.1 menyajikan evaluasi umum dari berbagai mode transportasi.

**Tabel 2.1. Evaluasi Umum Berbagai Mode Transportasi**

Aspek	Mode Transportasi				
	Truk	Kereta	Kapal	Pesawat	Paket
Volume yang bisa dikirim	sedang	sangat banyak	sangat banyak	sedikit	sangat sedikit
Fleksibilitas waktu pengiriman	tinggi	rendah	rendah	rendah	tinggi
Fleksibilitas rute pengiriman	tinggi	sangat rendah	sangat rendah	sangat rendah	sangat tinggi
Kecepatan	sedang	sedang	rendah	sangat tinggi	tinggi
Biaya pengiriman	sedang	rendah	rendah	tinggi	sangat tinggi
<i>Inventory (in transit)</i>	sedikit	banyak	sangat banyak	rendah	sangat rendah

### 2.2.6. Linear Programming

*Linear Programming* (LP) adalah sebuah alat deterministik, yang berarti bahwa semua parameter model sudah diketahui dengan pasti. Tetapi, dalam kehidupan nyata, jarang sekali terdapat persoalan dimana terdapat kepastian yang sesungguhnya. Teknik LP mengkompensasi “kekurangan” ini dengan memberikan analisis pasca-optimum dan analisis parametrik sistematis untuk memungkinkan pengambil keputusan yang bersangkutan untuk menguji sensitivitas pemecahan optimum yang “statis” terhadap perubahan diskrit atau kontinyu dalam berbagai parameter dari model tersebut (Taha, 1996).

Persoalan LP adalah suatu persoalan untuk menentukan besarnya masing-masing nilai variabel sedemikian rupa sehingga nilai fungsi tujuan yang linier menjadi optimum (maksimum atau minimum) dengan memperhatikan pembatas-pembatas yang ada. Suatu persoalan dapat disebut sebagai LP:

- a. Tujuan (*objective*) yang akan dicapai harus dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi linier. Fungsi ini disebut fungsi tujuan.
- b. Harus ada alternatif pemecahan. Pemecahan yang membuat fungsi tujuan optimum yang harus dipilih.
- c. Sumber-sumber tersedia dalam jumlah yang terbatas. Pembatasan-pembatasan tersebut harus dinyatakan dalam ketidaksamaan linier (*linear inequality*)

Masalah keputusan yang sering dihadapi dalam LP adalah alokasi optimum sumber daya yang langka. Sumber daya dapat berupa uang, tenaga kerja, bahan mentah, kapasitas mesin, waktu, ruangan, dan teknologi. Masalah keputusan yang sering dihadapi dalam LP adalah alokasi optimum sumber daya yang langka.

Secara teknis, ada lima sifat tambahan dari permasalahan LP yang harus diperhatikan yang merupakan asumsi dasar, yaitu:

- a. *Certainty* (kepastian) menunjukkan bahwa semua parameter model berupa konstanta. Artinya koefisien fungsi tujuan maupun fungsi pembatas merupakan suatu nilai pasti, bukan merupakan nilai dengan peluang tertentu.
- b. *Proportionality* (proporsionalitas) merupakan asumsi aktivitas individual yang dipertimbangkan secara bebas dari aktivitas lainnya. Sifat proporsionalitas

dipenuhi jika kontribusi setiap variabel pada fungsi tujuan atau penggunaan sumber daya yang membatasi proporsional terhadap level nilai variabel.

- c. *Additivity* (penambahan) mengasumsikan bahwa tidak ada bentuk perkalian silang diantara berbagai aktivitas, sehingga tidak akan ditemukan bentuk perkalian silang pada model. Sifat ini berlaku bagi fungsi tujuan dan pembatas. Sifat *additivity* dipenuhi jika fungsi tujuan merupakan penambahan langsung kontribusi masing-masing variabel keputusan; untuk fungsi pembatas (kendala). Sifat *additivity* dipenuhi jika nilai kanan merupakan total penggunaan masing-masing variabel keputusan.
- d. *Divisibility*, berarti unit aktivitas dapat dibagi ke dalam sembarang level fraksional, sehingga nilai variabel keputusan non integer dimungkinkan.
- e. *Non-negative variable* (variabel tidak negatif). Artinya bahwa semua nilai jawaban atau variabel tidak negatif.

Dalam menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan LP, ada dua pendekatan yang bisa digunakan, yaitu metode grafik dan metode simpleks. Metode grafik hanya bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan sama dengan dua. Sedangkan metode simpleks bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan dua atau lebih.

Suatu LP mempunyai bentuk standar seperti yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Minimumkan } z = c^T x$$

$$\text{terhadap } Ax = b$$

$$x \geq 0$$

dengan  $x$  dan  $c$  berupa vektor berukuran  $n$ , vektor  $b$  berukuran  $m$ , sedangkan  $A$  berupa matriks berukuran  $m \times n$ , yang disebut juga sebagai matriks kendala.

Dalam memodelkan LP, terdapat empat butir pedoman yang dapat membantu yaitu:

- a. Menyatakan tujuan ke dalam sebuah kalimat
- b. Menyatakan kendala ke dalam sebuah kalimat
- c. Menemukan variabel keputusan
- d. Merumuskan model matematis

### **2.2.7. Integer Linear Programming**

Pada dasarnya integer linear programming merupakan bentuk khusus dari model

LP, dimana fungsi divisibilitasnya melemah atau bahkan hilang. *Integer Linear Programming* (ILP) merupakan sebuah model pemrograman linear bilangan bulat yang dapat menghasilkan solusi dengan nilai-nilai baik integer dan maupun non-integer (Mulyono, 2004). Bentuk ILP muncul karena dalam kenyataannya tidak semua variabel keputusan dapat berupa pecahan.

ILP memiliki tiga komponen utama, yaitu:

a. Fungsi tujuan

Fungsi tujuan adalah fungsi yang menggambarkan tujuan/sasaran dari dalam permasalahan ILP yang berkaitan dengan pengaturan secara operasional sumber daya-sumber daya untuk mencapai hasil yang optimal.

b. Fungsi pembatas

Fungsi pembatas merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai aktivitas.

c. Variabel keputusan

Variabel keputusan merupakan aspek dalam model yang dapat dikendalikan. Nilai variabel keputusan merupakan alternatif yang mungkin dari fungsi linier.

Berdasarkan ketentuan variabel keputusan yang dihadapi, ILP dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

a. *Pure Integer Linear Programming* (PILP) jika seluruh variabel keputusan yang digunakan berupa bilangan bulat. Ada pula yang bernilai 0 atau 1 (boolean) dimana angka tersebut berarti keputusan dilaksanakan atau tidak.

b. *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) jika variabel keputusan yang digunakan sebagian berupa bilangan bulat dan sebagian lagi berupa bilangan pecahan.

#### **2.2.8. Metode *Branch and Bound***

Metode *Branch and Bound* (cabang dan batas) adalah metode untuk menghasilkan penyelesaian optimal pemrograman *linear* yang menghasilkan variabel-variabel keputusan bilangan bulat. Metode ini membatasi penyelesaian optimum yang akan menghasilkan bilangan pecahan dengan cara membuat cabang atas dan bawah bagi masing-masing variabel keputusan yang bernilai pecahan agar bernilai bulat sehingga setiap pembatasan akan menghasilkan cabang baru. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Knapsack 0/1*, *Travelling Salesman Problem* (TSP), *The N-Queens Problems*

(Persoalan N-Ratu), *Graph Colouring* (Pewarnaan Graf), *Sirkuit Hamilton*, *Integer Programming*, *Nonlinear Programming*, dan lain-lain.

Metode *Branch and Bound* telah menjadi kode komputer standar untuk *integer programming*. Teknik penyelesaian metode *Branch and Bound* dengan program komputer berbeda dengan saat diselesaikan secara manual. Perbedaan tersebut terlihat jelas dalam hal perincian pemilihan variabel percabangan di sebuah node dan urutan dimana bagian masalah tersebut diteliti. Teknik ini dapat diterapkan baik untuk masalah *pure* maupun *mixed integer programming*. Prinsip dasar metode *branch and bound* adalah membagi daerah fisibel dari masalah LP relaksasi dengan cara membuat sub *problem* baru sehingga masalah *integer programming* terpecahkan. Daerah fisibel suatu *linear programming* adalah daerah yang memuat titik-titik yang memenuhi kendala *linear* masalah *linear programming*.

Satu kerugian dasar dari algoritma *Branch and Bound* adalah bahwa metode ini mengharuskan pemecahan program linier yang lengkap disetiap node. Dalam masalah yang besar, hal ini dapat sangat memakan waktu, terutama ketika satu-satunya informasi yang diperlukan di node tersebut adalah nilai tujuan optimumnya. Hal ini diperjelas dengan menyadari bahwa sekali sebuah batas yang "baik" diperoleh, "banyak" node dapat disingkirkan dengan diketahui nilai tujuan optimum mereka.

Hal di atas mengarah pada pengembangan sebuah prosedur dimana tidak perlu memecahkan semua bagian masalah dari pohon percabangan tersebut. Gagasannya adalah "mengestimasi" sebuah batas atas (asumsikan masalah maksimasi) dari nilai tujuan optimum disetiap node. Jika batas atas ini lebih kecil dari pada nilai tujuan yang berkaitan dengan pemecahan integer terbaik yang tersedia, node tersebut disingkirkan. Keuntungan utamanya adalah bahwa batas atas tersebut dapat di estimasi dengan cepat dengan perhitungan minimal. Gagasan umum ini mengestimasi penalti (yaitu penurunan nilai tujuan) yang dihasilkan dari pemberlakuan kondisi yang diharapkan.

### **2.2.9. Penyelesaian Menggunakan LINGO 13.0**

LINGO 13.0 merupakan suatu alat komprehensif yang dirancang untuk memecahkan masalah Linear, *Nonlinear (convex dan nonconvex/global)*, *Quadratic*, *Quadratically Constrained*, *Second Order Cone*, *Stochastic*, dan

model optimisasi integer dengan lebih cepat, lebih mudah, dan lebih efisien. *Problem solver* LINGO 13.0 lebih maju dibandingkan LINGO pada versi sebelum-sebelumnya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada model LINGO:

- a. *Comment* pada model ini harus dimulai dengan tanda seru (!) dan akan muncul dalam teks berwarna hijau.
- b. Fungsi operator yang telah ditetapkan dalam LINGO akan muncul dalam teks berwarna biru
- c. Teks lainnya akan muncul dalam teks berwarna hitam
- d. Setiap pernyataan dalam LINGO harus diakhiri dengan tanda ( ; )
- e. Nama variable harus dimulai dengan sebuah huruf (A-Z). Karakter lainnya dalam nama variable bisa menggunakan huruf-huruf atau kata, atau karakter underscore ( \_ ). Nama variable dapat mencapai panjang hingga 32 karakter.

#### **2.2.9.1. Menggunakan *Command SETS* pada LINGO**

*Command SETS* digunakan untuk mengelompokkan hal-hal dari *variabel* yang sama pada program LINGO. *SETS* digunakan sebelum model *constraint* pada program LINGO dan diakhiri dengan *command* ENDSETS. Beberapa fungsi set juga tersedia untuk digunakan dalam program LINGO.

Fungsi-fungsi tersebut adalah:

- a. @FOR  
Digunakan untuk menentukan setiap member suatu set dalam suatu *constraint*.
- b. @SUM  
Digunakan untuk menyatakan jumlah suatu pernyataan dari seluruh member set.
- c. @MIN  
Digunakan untuk memperhitungkan nilai minimum dari sebuah pernyataan dari seluruh member set.
- d. @MAX  
Digunakan untuk memperhitungkan nilai maksimum dari sebuah pernyataan dari seluruh member set.

#### **2.2.9.2. LINGO DATA Section**

LINGO menyediakan suatu bagian tersendiri untuk menetapkan setiap nilai dari *variabel* yang berbeda yaitu dengan menggunakan *command* DATA. Penulisan

*command* DATA dilakukan setelah *command* SETS pada setiap model LINGO. Bagian ini dimulai dengan label DATA dan diakhiri dengan ENDDATA. Pernyataan dalam DATA diikuti dengan kalimat *object\_list = value\_list*. *Object list* memuat tentang nama-nama dari setiap atribut suatu set dimana nilainya telah ditetapkan.

### 2.2.9.3. Operasional dan Fungsi LINGO

LINGO menyediakan suatu fungsi dan operasional sebagai *problem solving* dalam suatu model. Terdapat tiga tipe operasional yang digunakan oleh LINGO yaitu aritmatika, logika dan relasi operasional. Operasional aritmatika adalah sebagai berikut:

- a. Eksponen ( ^ )
- b. Perkalian ( \* )
- c. Pembagian ( / )
- d. Penjumlahan ( + )
- e. Pengurangan ( - )

Operasional logika digunakan dalam kumpulan fungsi untuk menentukan kondisi TRUE/FALSE:

- a. #LT# : TRUE jika argumen disebelah kiri secara tepat kurang dari argumen sebelah kanan, lainnya FALSE
- b. #LE# : TRUE jika argumen disebelah kiri kurang dari atau sama dengan argumen disebelah kanan, lainnya FALSE
- c. #GT# : jika argumen disebelah kiri secara tepat lebih besar dari argumen disebelah kanan, lainnya FALSE
- d. #GE# : jika argumen disebelah kiri secara lebih besar atau sama dengan argumen disebelah kanan, lainnya FALSE
- e. #EQ# : TRUE jika kedua argumen sama, lainnya FALSE
- f. #NE# : TRUE jika kedua argument tidak sama, lainnya FALSE
- g. #AND# : TRUE hanya jike kedua argumen bernilai TRUE, lainnya FALSE
- h. #OR# : FALSE hanya jika kedua argumen bernilai FALSE, lainnya TRUE
- i. #NOT# : TRUE jika argument adalah FALSE, lainnya FALSE

Relasi operasional digunakan ketika mendefinisikan batasan-batasan untuk sebuah model, antara lain:

- a. Ekspresi sama dengan (=)

- b. Pernyataan disisi kiri kurang dari atau sama dengan sisi kanan ( $\leq$ )
- c. Pernyataan disisi kiri lebih besar dari atau sama dengan sisi kanan ( $\geq$ )

