

# PENJADWALAN TENAGA SUKARELAWAN DI KABUPATEN PURWOREJO MENGUNAKAN *INTEGER PROGRAMMING*

A. Amriyah<sup>1</sup>, T. Bakhtiar<sup>2</sup>, \*F. Hanum<sup>3</sup>, P.T. Supriyo<sup>4</sup>, H. Mayyani<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi S-1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga Bogor.  
[amanatul\\_amriyah@apps.ipb.ac.id](mailto:amanatul_amriyah@apps.ipb.ac.id)

<sup>2,3,4,5</sup>Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga Bogor.  
[tbakhtiar@apps.ipb.ac.id](mailto:tbakhtiar@apps.ipb.ac.id), [fhanum@apps.ipb.ac.id](mailto:fhanum@apps.ipb.ac.id)\*, [praptosu@apps.ipb.ac.id](mailto:praptosu@apps.ipb.ac.id)  
[mayyani\\_mat15@apps.ipb.ac.id](mailto:mayyani_mat15@apps.ipb.ac.id). \*corresponding author

## Abstrak

Kabupaten Purworejo termasuk salah satu kabupaten rawan bencana di Jawa Tengah. Daerah rawan bencana membutuhkan banyak tenaga sukarelawan ketika bencana terjadi. Saat ini, sukarelawan di Kabupaten Purworejo memiliki latar belakang profesi yang beragam dan masih terbatas jumlahnya. Keberagaman profesi dan keterbatasan jumlah tersebut membutuhkan pengaturan yang baik sehingga sukarelawan dapat bekerja secara optimal. Penelitian ini membahas penjadwalan tenaga sukarelawan di Kabupaten Purworejo yang dimodelkan menggunakan *integer programming*. Fungsi objektif masalah ini adalah memaksimalkan preferensi sukarelawan terhadap sektor kerja, *shift* waktu, dan jarak antara lokasi domisili sukarelawan dengan titik lokasi bencana. Penyelesaian masalah ini menggunakan *software* LINGO 17.0 menghasilkan jadwal sukarelawan selama satu periode yang memenuhi semua kendala dan memaksimalkan preferensi sukarelawan.

**Kata kunci:** bencana, *integer programming*, penjadwalan, Purworejo, sukarelawan

## 1 Pendahuluan

Bencana sering terjadi di Indonesia. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 24 tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana disebutkan bahwa bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Menurut Undang-Undang tersebut bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Bencana nonalam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit. Yang dapat dikategorikan ke dalam bencana nonalam antara lain adalah kecelakaan transportasi (darat, laut, udara), kecelakaan industri, kebakaran, atau kejadian luar biasa lainnya. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian

peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antarkelompok atau antarkomunitas masyarakat, dan teror.

Kabupaten Purworejo adalah sebuah kabupaten di Jawa Tengah yang berbatasan langsung dengan Pegunungan Serayu Selatan dan Gunung Sumbing di sebelah Utara dan Samudera Hindia di sebelah Selatan. Letak geografis seperti ini membuat Purworejo berpeluang tinggi untuk terkena bencana alam. Menurut BPS [8] dalam kurun waktu 2019-2021 terjadi 62 kali bencana di Kabupaten Purworejo meliputi bencana tanah longsor (26 kejadian), angin puting beliung (24 kejadian), banjir (8 kejadian), kebakaran hutan atau kekeringan (4 kejadian). Besaran terjadinya bencana alam di Kabupaten Purworejo ini memang masih di bawah rata-rata tingkat kejadian bencana alam di 35 kabupaten/kota di Jawa Tengah (yaitu 85 kejadian dalam periode 2019-2021), namun kelurahan/desa yang terdampak bencana alam di Kab. Purworejo adalah yang terbanyak di antara ke-35 kabupaten/kota di Jawa Tengah [9]. Selanjutnya, menurut data BPS [6] & [7], tidak banyak terjadi bencana nonalam dan bencana sosial di Kabupaten Purworejo, sehingga bencana yang terjadi di Kabupaten Purworejo yang dibahas pada penelitian ini hanyalah bencana alam saja.

Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana juga menetapkan bahwa Pemerintah dan Pemerintah Daerah adalah penanggung jawab penyelenggaraan penanggulangan bencana. Namun, Pasal 27 undang-undang tersebut menegaskan bahwa setiap orang berkewajiban untuk melakukan kegiatan penanggulangan bencana. Penduduk Indonesia yang banyak dapat diberdayakan dalam menghadapi kedaruratan dan dalam upaya pengurangan risiko bencana. Undang-undang ini juga mengatur keterlibatan pihak swasta, lembaga-lembaga non-pemerintah dan lembaga internasional dalam penanggulangan bencana. Masyarakat dan pihak non-pemerintah dapat berpartisipasi dalam berbagai bentuk kerelawanan dalam penanggulangan bencana dan pengurangan risiko bencana. Pengoptimalan kinerja sukarelawan memerlukan manajemen yang baik. Hal ini dikarenakan pentingnya peran sukarelawan dalam penanggulangan bencana.

Penjadwalan tenaga sukarelawan berbeda dengan penjadwalan tenaga kerja pada umumnya. Perbedaan utama kedua masalah tersebut terletak pada tujuannya. Penjadwalan tenaga sukarelawan lebih menitikberatkan pada sisi humanis, sedangkan penjadwalan tradisional lebih memprioritaskan keuntungan atau sisi ekonomis. Selama ini, lembaga/badan/organisasi kemanusiaan yang bertugas menangani masalah sukarelawan masih mengalami kesulitan dalam mengelola para sukarelawan, terutama dalam hal pengiriman dan penugasan para sukarelawan ke daerah-daerah yang membutuhkan. Oleh sebab itu, perlu dibuat sebuah model penjadwalan sukarelawan yang dapat menanggulangi kesulitan-kesulitan yang selama ini dihadapi.

Penelitian ini bertujuan memformulasikan masalah penugasan tenaga sukarelawan di daerah bencana dalam bentuk *integer programming*, dan kemudian menerapkan model pengoptimuman penugasan tersebut pada masalah penjadwalan tenaga sukarelawan di Kabupaten Purworejo.

## 2 Tinjauan Pustaka

Bencana alam datang dalam berbagai bentuk seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, banjir, kebakaran dan lain-lain. Beberapa dari bencana tersebut sangat merusak dan telah menggusur satu juta orang dari rumah mereka di seluruh dunia setiap dekade, satu juta lainnya tewas, dan banyak lagi yang membutuhkan penyelamatan [25]. Jumlah

ini diperkirakan akan meningkat seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk sehingga semakin banyak orang terpaksa tinggal di daerah rawan bencana. Selain itu, kerusakan ekonomi, fisik, dan psikologis merupakan dampak tragis lain dari bencana alam.

Untuk meminimalkan kerusakan akibat bencana, berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah, masyarakat lokal, regional dan internasional termasuk lembaga donor. Banyak dana telah dicurahkan selama fase tanggap bencana dan pemulihan. Namun, dalam [25] dan [22] diungkapkan bahwa beberapa tanggapan yang dilakukan oleh pemerintah kurang baik, sangat tidak efektif dan menyarankan pentingnya riset operasi dalam kegiatan kesiapsiagaan dan tanggap bencana.

Banyak penelitian di bidang manajemen bencana yang berfokus pada aspek sosial dari bencana [17]. Namun, baru-baru ini telah ada perhatian pada pemanfaatan riset operasi dalam manajemen bencana untuk meminimalkan kerugian atau fungsi biaya serta periode respon dan pemulihan. Altay dan Green [1] melakukan survei literatur yang komprehensif dari studi mengenai riset operasi yang ada. Lebih spesifik, dalam [21] dikembangkan model perencanaan logistik yang terintegrasi ke dalam sistem pendukung keputusan logistik bencana alam. Sebuah model *hybrid* manajemen bencana logistik dengan mengintegrasikan model aliran jaringan multikomoditas dan masalah rute kendaraan diusulkan, sementara [23] mengusulkan sistem pendukung keputusan untuk kegiatan tanggap bencana dan pemulihan menggunakan meta-heuristik hibrida. Matisziw dkk. [18] memperkenalkan model optimasi multi-tujuan untuk pemulihan jaringan selama pemulihan bencana, yang memungkinkan pertukaran antara dua tujuan, minimalisasi biaya sistem dan maksimalisasi aliran sistem. Model optimasi stokastik untuk masalah penyimpanan dan distribusi persediaan medis yang akan digunakan untuk manajemen bencana di bawah berbagai kemungkinan jenis dan besaran bencana diusulkan oleh [19]. Sebuah artikel tentang bagaimana riset operasi dapat digunakan untuk membuat keputusan yang lebih baik dan membahas potensi arah penelitian umum dalam manajemen bencana dikemukakan dalam [11], sedangkan [13] memanfaatkan pengalaman penelitian desain dalam sistem informasi untuk menghasilkan pengetahuan desain tingkat tinggi dan untuk memperoleh implikasi untuk penelitian masa depan di bidang utama manajemen bencana alam.

Penelitian di bidang bantuan kemanusiaan juga intensif. Falasca dan Zobel [12] menyajikan model keputusan stokastik dua tahap untuk pengadaan dalam rantai pasokan bantuan kemanusiaan. Sebuah studi tentang masalah penugasan pekerja kemanusiaan dalam tanggap darurat dilakukan oleh [13] sedangkan [12] membahas pengembangan model penjadwalan sukarelawan multi-kriteria berbasis *spreadsheet* untuk organisasi pengembangan kecil di negara Amerika Selatan. Model yang diusulkan dalam penelitian tersebut dapat mengurangi banyaknya *shift* yang tidak terisi, mengurangi total biaya penjadwalan dan memaksimalkan preferensi kepuasan sukarelawan terhadap penjadwalan yang diberikan. Gordon dan Erkut [16] membahas mengenai sistem pendukung berbasis *spreadsheet* untuk *Edmonton Folk Music Festival* yang merupakan kombinasi dari integer dan *goal programming*. Jadwal tersebut berupa jadwal khusus untuk para sukarelawan yang bersifat spesifik untuk masalah tersebut. Garcia & Rahadi [14], [15] juga mengoptimalkan penugasan sukarelawan menggunakan kombinasi *constraint programming* dan *goal programming*, sedangkan [3] dan [20] mengoptimalkan penugasannya menggunakan *goal programming*. Dalam penelitian ini, masalah penugasan 256 sukarelawan di Kabupaten Purworejo diformulasikan ke dalam bentuk *integer programming* dan diselesaikan menggunakan *software* LINGO.

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Deskripsi Masalah

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) merupakan sebuah lembaga khusus yang menangani penanggulangan bencana di daerah, baik di tingkat provinsi maupun kabupaten/kota yang berperan sebagai koordinator pelaksanaan kegiatan penanggulangan bencana secara terencana, terpadu dan menyeluruh. Berdasarkan arsip data dari BPBD [4], Purworejo merupakan daerah darurat bencana dengan urutan ke-2 dari 35 kabupaten/kota di provinsi Jawa Tengah dan berada di urutan ke-17 dari 548 kabupaten/kota di Indonesia. Implikasi dari tingkat kerawanan bencana tersebut adalah pada tingginya kebutuhan akan tenaga sukarelawan di Kabupaten Purworejo.

Di kantor BPBD Kabupaten Purworejo saat ini tercatat ada 246 orang yang mendaftarkan dirinya sebagai sukarelawan bencana. Sukarelawan tersebut berasal dari berbagai macam latar belakang profesi dan domisili. Selain itu, berdasarkan Dokumen dan Arsip Kebencanaan Kabupaten Purworejo [4] terdapat beberapa sektor tugas yang perlu dikoordinasikan karena setiap sektor memiliki detail tugas yang berbeda.

Setiap sukarelawan memiliki pekerjaan utama sehingga perlu dibuatkan jadwal agar aktivitas selama menjadi sukarelawan tidak mengganggu pekerjaan utama. Jadwal berupa tugas yang didasarkan pada preferensi setiap sukarelawan terhadap jenis sektor kerja, alokasi waktu yang dimiliki oleh sukarelawan serta jarak antarlokasi bencana. Preferensi sukarelawan terhadap jenis sektor kerja dan *shift* waktu dinyatakan dalam bobot relatif yang berada dalam interval 0 sampai 9 sehingga bobot yang lebih tinggi menandakan semakin tingginya minat sukarelawan terhadap jenis sektor kerja maupun *shift* waktu tersebut. Selanjutnya, bobot preferensi sukarelawan terhadap lokasi bencana dinyatakan sebagai jarak antara posisi lokasi sukarelawan dengan titik lokasi bencana yang dioperasikan menggunakan prinsip pengukuran jarak Euclid. Keseluruhan sukarelawan saat ini berada dalam interval 2 hingga 81 satuan jarak. Semakin rendah nilai jarak tersebut menandakan bahwa jarak sukarelawan dengan lokasi bencana semakin dekat.

#### 3.2 Formulasi Masalah

Berdasarkan deskripsi masalah yang telah diberikan, maka masalah penjadwalan sukarelawan bencana ini dapat diformulasikan sebagai *Integer Linear Programming* dengan himpunan, indeks, parameter, variabel keputusan, fungsi objektif, dan kendala-kendala diberikan berikut ini.

##### Himpunan

- $R$  = Himpunan sukarelawan,
- $P$  = Himpunan periode waktu bencana,
- $S$  = Himpunan sektor kerja dalam satu periode waktu,
- $T$  = Himpunan *shift* waktu,
- $B$  = Himpunan lokasi bencana,
- $ON(r)$  = Slot tugas khusus yang merupakan himpunan bagian dari periode, sektor kerja, dan *shift* waktu ketika sukarelawan  $r$  harus dijadwalkan,  

$$ON(r) \subseteq \{(p, s, t) | p \in P, s \in S, t \in T\}$$
- $OFF(r)$  = Slot tugas khusus yang merupakan himpunan bagian dari periode, sektor kerja, dan *shift* waktu ketika sukarelawan  $r$  tidak berkenan dijadwalkan,

$$OFF(r) \subseteq \{(p, s, t) | p \in P, s \in S, t \in T\}$$

**Indeks**

- $r$  = Indeks untuk menyatakan sukarelawan,  $r \in R$ ,  
 $p$  = Indeks untuk menyatakan periode waktu bencana,  $p \in P$ ,  
 $s$  = Indeks untuk menyatakan sektor kerja,  $s \in S$ ,  
 $t$  = Indeks untuk menyatakan *shift* waktu,  $t \in T$ ,  
 $b$  = Indeks untuk menyatakan lokasi bencana,  $b \in B$ ,  
 $(p, s, t)$  = Indeks untuk menyatakan slot tugas khusus dari periode, sektor kerja dan *shift* waktu yang dikehendaki sukarelawan  $r$ ,  $p \in P$ ,  $s \in S$ ,  $t \in T$ .

**Parameter**

- $\alpha_{rs}$  = Bobot preferensi sukarelawan  $r$  terhadap sektor kerja  $s$ ,  
 $\beta_{rt}$  = Bobot preferensi sukarelawan  $r$  terhadap *shift* waktu  $t$ ,  
 $\gamma_{rb}$  = Bobot preferensi sukarelawan  $r$  terhadap lokasi bencana  $b$ , dinyatakan dalam jarak Euclid antara lokasi domisili sukarelawan  $r$  dengan lokasi bencana  $b$   
 $R_{st}$  = Banyaknya sukarelawan yang diperlukan untuk bertugas di sektor kerja  $s$  pada *shift* waktu  $t$ ,  
 $G(r)$  = Jumlah minimum jenis tugas yang dikehendaki oleh sukarelawan  $r$  untuk setiap sektor kerja, *shift* waktu, lokasi bencana dalam satu periode,  
 $L(r)$  = Jumlah maksimum jenis tugas yang dikehendaki oleh sukarelawan  $r$  untuk setiap sektor kerja, *shift* waktu, lokasi bencana dalam satu periode,  
 $V(r)$  = Posisi sukarelawan  $r$  dalam sumbu- $x$ ,  
 $W(r)$  = Posisi sukarelawan  $r$  dalam sumbu- $y$ ,  
 $V(b)$  = Posisi lokasi bencana  $b$  dalam sumbu- $x$ ,  
 $W(b)$  = Posisi lokasi bencana  $b$  dalam sumbu- $y$ .

**Variabel keputusan**

$$X_{rpstb} = \begin{cases} 1, & \text{jika sukarelawan } r \text{ dijadwalkan pada periode } p, \\ & \text{sektor kerja } s, \text{ shift waktu } t, \text{ dan lokasi bencana } b \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$$

**Fungsi Objektif**

Pada umumnya, sukarelawan memiliki pekerjaan utama sehingga tidak selalu dapat dijadwalkan di sembarang *shift* waktu. Sukarelawan juga memiliki preferensi terhadap sektor kerja tertentu. Preferensi sukarelawan terhadap suatu *shift* waktu ataupun sektor kerja diberi nilai 0 – 9. Semakin tinggi nilai preferensi, berarti semakin diinginkan oleh sukarelawan. Selanjutnya, lokasi tempat sukarelawan berdomisili juga menyebar. Untuk itu, fungsi objektif dari masalah ini adalah memaksimalkan preferensi sukarelawan di setiap sektor kerja dan *shift* waktu dengan tetap mempertimbangkan jarak lokasi sukarelawan terhadap lokasi bencana.

$$\max Z = \sum_{r \in R} \sum_{p \in P} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} (\alpha_{rs} + \beta_{rt} - \gamma_{rb}) X_{rpstb}$$

dengan  $\gamma_{rb} = \sqrt{(V(r) - V(b))^2 + (W(r) - W(b))^2}$ ,  $r \in R, b \in B$ .

**Kendala**

1. Banyaknya sukarelawan yang ditugaskan pada sektor kerja dan *shift* waktu tertentu harus memenuhi jumlah minimum yang dibutuhkan,

$$\sum_{r \in R} X_{rpstb} \geq R_{st}, \quad \forall p \in P, s \in S, t \in T, b \in B.$$

2. a. Dalam satu sektor kerja dan lokasi bencana yang sama seorang sukarelawan hanya ditugaskan sebanyak-banyaknya di satu jenis tugas,

$$\sum_{s \in S} \sum_{b \in B} X_{rpstb} \leq 1, \quad \forall r \in R, p \in P, t \in T,$$

- b. Dalam satu *shift* waktu dan lokasi bencana yang sama seorang sukarelawan hanya ditugaskan sebanyak-banyaknya di satu jenis tugas,

$$\sum_{t \in T} \sum_{b \in B} X_{rpstb} \leq 1, \quad \forall r \in R, p \in P, s \in S.$$

3. Banyaknya tugas setiap sukarelawan untuk setiap periode, sektor kerja, *shift* waktu dan lokasi bencana tidak kurang dari batas minimal yang dikehendaki,

$$\sum_{p \in P} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} \sum_{b \in B} X_{rpstb} \geq G(r), \quad \forall r \in R.$$

4. Banyaknya tugas setiap sukarelawan untuk setiap periode, sektor kerja, *shift* waktu dan lokasi bencana tidak melebihi batas maksimal yang dikehendaki,

$$\sum_{p \in P} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} \sum_{b \in B} X_{rpstb} \leq L(r), \quad \forall r \in R.$$

5. Setiap sukarelawan harus mendapatkan satu tugas di slot tugas khusus yang dikehendaki

$$\sum_{b \in B} X_{rpstb} = 1, \quad \forall r \in R, p \in P, s \in S, t \in T, (p, s, t) \in ON(r).$$

6. Setiap sukarelawan tidak ditugaskan di slot tugas khusus yang tidak dikehendaki,

$$\sum_{b \in B} X_{rpstb} = 0, \quad \forall r \in R, p \in P, s \in S, t \in T, (p, s, t) \in OFF(r).$$

7. Kendala variabel biner,

$$X_{rpstb} \in \{0,1\}.$$

**3.3 Implementasi Model**

Model masalah penjadwalan sukarelawan tersebut selanjutnya diimplementasikan ke dalam data real di lapangan. Pada studi kasus ini, penjadwalan dilakukan untuk kasus bencana banjir yang terjadi di daerah Purworejo tepatnya di 5 kecamatan rawan bencana,  $B = \{1,2,3,4,5\}$ . Sementara itu, tenaga sukarelawan yang tersedia sebanyak 246 orang, yaitu R1, R2, ..., R246 dan didefinisikan  $R = \{1,2,3,\dots,246\}$  dengan  $r$  merepresentasikan  $Rr$  untuk  $r = 1,2,\dots,246$ . Sukarelawan-sukarelawan tersebut akan ditugaskan dalam satu periode waktu.

Dalam kasus ini penjadwalan akan diimplementasikan dalam periode harian dengan kurun waktu tiga hari. Hari pertama dihitung sejak bencana terjadi. Terdapat 7 (tujuh) sektor kerja yang dapat dipilih oleh sukarelawan dalam satu periode waktu, sehingga  $S=\{1,2,3,\dots,7\}$ , yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Sektor kerja dan jenis kerjanya

Sektor Kerja ( $s$ )	Jenis Kerja
1	Sektor posko (manajemen logistik dan sekretariat pendataan)
2	Sektor informasi dan komunikasi (sistem peringatan dini)
3	Sektor evakuasi dan transportasi (manusia dan ternak)
4	Sektor barak pengungsian (air bersih, sanitasi, penerangan)
5	Sektor kesehatan
6	Sektor dapur umum
7	Sektor keamanan

*Shift* waktu yang diberikan ada tiga. *Shift* pagi ( $t = 1$ ) dari pukul 06.00-12.00, *shift* siang ( $t = 2$ ) pada pukul 13.00-18.00 dan *shift* malam ( $t = 3$ ) dari pukul 19.00-22.00 dan  $T=\{1,2,3\}$ . Setiap sukarelawan berhak menentukan preferensi mereka terhadap jenis sektor kerja dan *shift* waktu yang dikehendaki. Bobot preferensi terhadap sektor kerja dan *shift* waktu merupakan bilangan di antara 0 hingga 9. Semakin besar angka yang dipilih maka bobot preferensi sukarelawan terhadap sektor kerja atau *shift* waktu tersebut semakin tinggi. Nilai 0 mengindikasikan ketidaksediaan sukarelawan dan nilai 9 berarti sukarelawan tersebut sangat suka bila bertugas di sektor kerja atau *shift* waktu tersebut. Preferensi sukarelawan terhadap sektor kerja dan *shift* waktu sebagian diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Preferensi sukarelawan terhadap sektor kerja dan *shift* waktu

Sukarelawan ( $r$ )	Sektor kerja ( $s$ )							<i>Shift</i> waktu ( $t$ )		
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
R1	0	2	3	6	5	4	4	9	6	6
R2	6	8	3	6	1	3	0	7	6	8
R3	6	8	9	2	1	4	0	5	7	9
R4	7	5	0	3	0	9	2	6	9	9
R5	7	2	8	6	4	2	5	2	3	5
R6	4	3	6	5	1	6	9	9	9	6
R7	8	1	9	1	0	1	9	8	9	5
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
R239	8	3	3	5	9	2	6	7	7	5
R240	2	8	9	3	1	8	3	2	7	1
R241	1	4	7	0	8	8	2	3	9	4
R242	5	1	2	4	9	8	8	1	6	1
R243	7	5	0	1	0	5	3	1	9	2
R244	1	3	7	4	9	0	4	7	9	6
R245	7	2	7	4	6	2	7	1	9	3
R246	2	1	7	2	8	3	3	2	6	1

Sementara itu, alamat rumah sukarelawan  $r$  yang direpresentasikan ke dalam koordinat  $x$  dan  $y$  (berturut-turut sebagai parameter  $V(r)$  dan  $W(r)$ ) dan jarak sukarelawan terhadap lokasi bencana  $b$  diberikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Jarak dan posisi sukarelawan terhadap lokasi bencana

Sukarelawan ( $r$ )	Posisi sukarelawan		Jarak ( $\gamma_{rb}$ )				
	$V(r)$	$W(r)$	B1	B2	B3	B4	B5
R1	10	66	14.14214	15.23155	31.62278	31.11270	22.80351
R2	64	18	62.12890	67.20119	62.76942	41.23106	65.39113
R3	56	28	50.11986	54.40588	50.59644	28.84441	54.40588
R4	22	29	25.07987	43.04649	50.32892	18.02776	23.43075
R5	33	18	39.96248	54.74486	58.42089	26.01922	38.94868
R6	65	49	53.08484	47.01064	36.79674	33.37664	61.20457
R7	7	46	7.81025	31.06445	44.59821	25.07987	3.60555
R8	65	49	66.52819	31.76476	44.55334	23.00000	5.00000
R9	7	46	45.96738	76.48529	74.95332	48.02083	67.00746
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
R238	68	25	62.16912	64.38167	58.18075	40.70626	66.76077
R239	32	27	32.01562	45.70558	49.68477	17.00000	32.75668
R240	22	18	35.44009	54.03702	60.72891	27.85678	31.62278
R241	32	27	32.01562	45.70558	49.64877	17.00000	32.75668
R242	22	18	35.44009	54.03702	60.72891	27.85678	31.62278
R243	12	22	30.00000	51.41984	60.82763	29.73214	23.40940
R244	59	39	48.76474	48.10405	41.59327	27.45906	55.22681
R245	4	7	45.70558	68.00735	77.82673	46.40043	37.00000
R246	42	60	31.04835	21.63331	16.12452	18.86796	41.23106

Setiap sukarelawan memiliki batasan kesediaan untuk bertugas. Data jumlah minimum ( $G(r)$ ) dan jumlah maksimum ( $L(r)$ ) tugas yang dikehendaki oleh sukarelawan  $r$  untuk setiap sektor kerja, *shift* waktu, dan lokasi bencana dalam satu periode waktu disajikan pada Tabel 4; sedangkan kebutuhan tenaga sukarelawan di setiap sektor kerja dan *shift* waktu diberikan pada Tabel 5.

Tabel 4 Jumlah minimum dan maksimum tugas sukarelawan  $r$ 

Sukarelawan ( $r$ )	$G(r)$	$L(r)$	Sukarelawan ( $r$ )	$G(r)$	$L(r)$
R1	2	9	R124	3	9
R2	5	9	R125	3	4
R3	2	9	R126	4	9
R4	4	9	R127	3	9
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
R120	2	5	R243	3	6
R121	4	9	R244	3	9
R122	4	9	R245	3	4
R123	2	9	R246	5	9



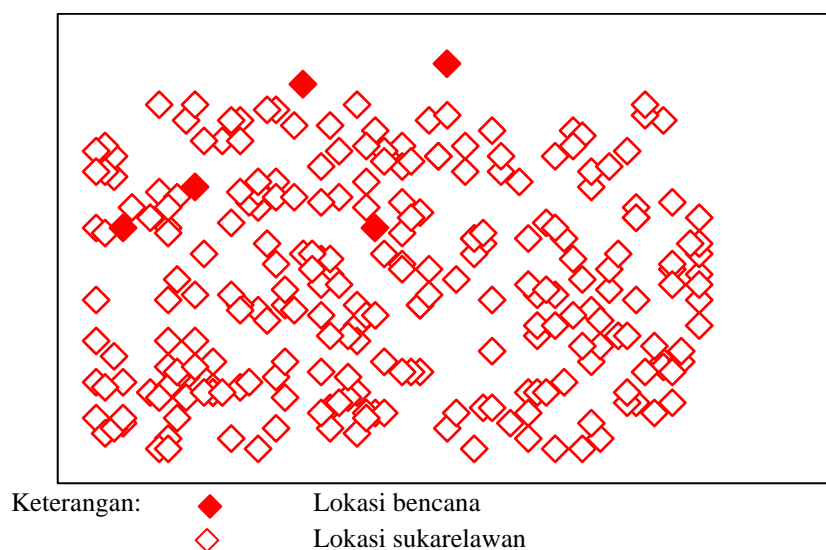
Banyaknya sukarelawan dalam setiap sektor kerja yang harus terpenuhi disajikan pada Tabel 5 sementara pada Tabel 6 diberikan koordinat lokasi bencana  $m$  dalam sumbu- $x$  dan sumbu- $y$  ( $V(b)$  dan  $W(b)$ ). Selanjutnya plot lokasi bencana dan lokasi sukarelawan disajikan di Gambar 1.

Tabel 5 Kebutuhan sukarelawan menurut sektor kerja

Sektor kerja	Banyaknya sukarelawan		
	<i>Shift</i> pagi	<i>Shift</i> siang	<i>Shift</i> sore
1	9	9	5
2	5	9	7
3	6	9	7
4	6	6	3
5	9	5	2
6	2	4	5
7	8	6	9

Tabel 6 Posisi lokasi bencana

Bencana ( $b$ )	Lokasi	
	$x = V(b)$	$y = W(b)$
1	19	12
2	19	9
3	23	13
4	7	11
5	17	1



Gambar 1 Plot lokasi sukarelawan dan lokasi bencana

Selain itu diberikan pula data  $ON(r)$  dan  $OFF(r)$  berupa (periode waktu  $p$ , sektor kerja  $s$ , *shift* waktu  $t$ ) khusus/tertentu sehingga seorang sukarelawan  $r$  harus dijadwalkan (misalkan karena keahliannya yang sangat dibutuhkan) ataukah tidak dapat

dijadwalkan (misalkan karena bentrok dengan kegiatan lain sehingga berhalangan) yang beberapa di antaranya diberikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Daftar  $ON(r)$  dan  $OFF(r)$  beberapa sukarelawan  $r$

Sukarelawan ( $r$ )	$(p, s, t)$	
	$ON(r)$	$OFF(r)$
R1	-	(1,1,1), (2,1,1), (3,1,1), (1,1,2), (2,1,2), (3,1,2), (1,1,3), (2,1,3), (3,1,3)
R4	-	(1,3,1)
R6	(2,7,1)	-
R7	(3,7,1)	-
R8	(1,6,2)	-
R9	(2,1,2)	-
R10	-	(2,6,2)
R11	-	(1,2,1)
...	...	...
R19	(3,1,2)	-
R24	(1,1,3)	-
R33	(2,1,3)	-
R37	-	(1,1,1), (2,1,1)
R39	(3,1,3)	-
...	...	...
R144	(1,6,1)	(2,7,1)
R201	(1,1,2), (2,7,2)	(3,3,1)
R225	(2,1,1)	(1,6,1)
R237	(1,7,2), (3,7,3)	-
R244	-	(2,6,3)
...	...	...

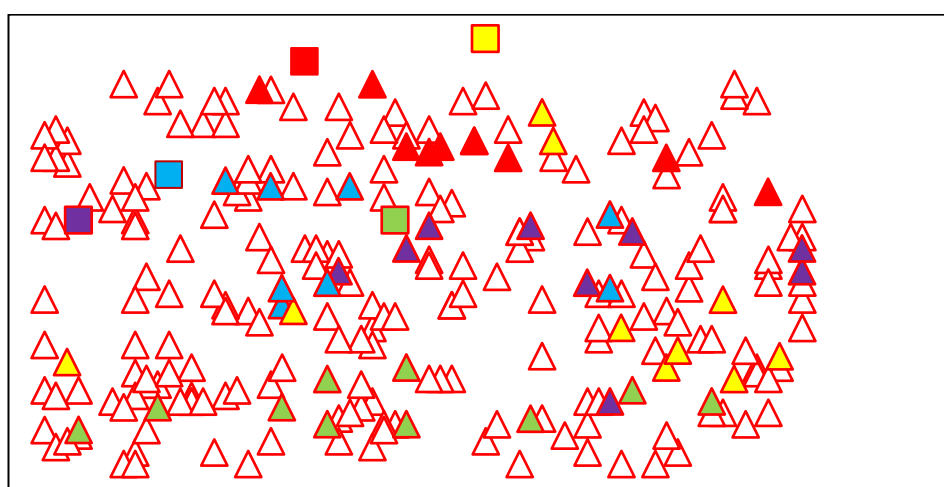
Jika model matematik pada bagian sebelumnya disertai data di atas kemudian diselesaikan menggunakan *software* LINGO 17.0, diperoleh solusi optimal berupa jadwal penugasan semua (256) sukarelawan ke lima lokasi bencana selama periode waktu penjadwalan (3 hari) di semua (tujuh) sektor kerja dan semua (tiga) *shift* waktu [2]. Semua sukarelawan mendapatkan tugas sesuai dengan yang dikehendaki dan tidak ada sukarelawan yang tidak mendapatkan tugas. Selain hal itu, pada jadwal tersebut dipastikan tidak ada sukarelawan yang mendapatkan tugas di lebih dari satu sektor kerja pada *shift* waktu yang bersamaan atau lebih dari satu sektor kerja.

Sebagai ilustrasi, hasil penugasan sukarelawan di hari ke-1, sektor kerja 1 diperlihatkan pada Tabel 8 dan plot hasil penugasan sukarelawan di hari dan sektor kerja tersebut untuk *shift* pagi dapat dilihat di Gambar 2. Dapat dilihat dari Tabel 8 bahwa jumlah sukarelawan di setiap *shift* waktu maupun lokasi bencana tidak merata. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan permintaan di setiap *shift* waktu sebagaimana disajikan pada Tabel 5. Selain itu, preferensi sukarelawan terhadap terhadap *shift* waktu juga berpengaruh terhadap manajemen tenaga sukarelawan bencana tersebut. Selain itu, dari plot di Gambar 2 terlihat bahwa sukarelawan yang ditugaskan di suatu lokasi bencana tidak selalu sukarelawan yang berlokasi dekat dengan tempat kejadian bencana karena adanya preferensi sukarelawan terhadap sektor kerja dan *shift* waktu yang juga menjadi pertimbangan penjadwalan. Karena terdapat 3 hari penjadwalan dan 7 sektor kerja, maka terdapat 21 tabel dan 21 gambar seperti Tabel 8 dan Gambar 2 untuk sektor kerja dan hari

lainnya. Namun, kondisi serupa seperti hasil penjadwalan pada Tabel 8 dan plot pada Gambar 2 juga terjadi untuk hasil penjadwalan di hari maupun sektor kerja lainnya.

Tabel 8 Jadwal penugasan untuk semua sukarelawan di sektor kerja 1 pada hari ke-1

Sektor Kerja	Shift Waktu	Lokasi	Sukarelawan
1	Pagi	B1	R4, R30, R41, R73, R100, R127, R162, R180
		B2	R23, R90, R98, R105, R118, R143, R175, R213, R239
		B3	R5, R19, R88, R116, R154, R170, R182, R210, R237
		B4	R65, R87, R96, R110, R157, R161, R168, R231, R245
		B5	R83, R91, R114, R123, R128, R134, R137, R178, R214
	Siang	B1	R18, R27, R30, R54, R82, R257, R176, R191, R194
		B2	R51, R76, R156, R165, R170, R199, R216, R218, R244
		B3	R12, R20, R38, R53, R55, R89, R181, R192, R241
		B4	R4, R10, R75, R84, R92, R126, R133, R146, R148, R183, R193, R205, R243, R246
		B5	R7, R22, R134, R136, R186, R187, R190, R196, R217
	Malam	B1	R44, R52, R68, R107, R159
		B2	R32, R110, R151, R202, R233
		B3	R9, R58, R62, R105, R122
		B4	R28, R70, R85, R124, R147, R153, R166, R206, R224
		B5	R46, R129, R132, R138, R139



- Keterangan:
- Lokasi bencana 1
  - Lokasi bencana 2
  - Lokasi bencana 3
  - Lokasi bencana 4
  - Lokasi bencana 5
  - ▲ Sukarelawan yang bertugas di lokasi bencana 1
  - ▲ Sukarelawan yang bertugas di lokasi bencana 2
  - ▲ Sukarelawan yang bertugas di lokasi bencana 3
  - ▲ Sukarelawan yang bertugas di lokasi bencana 4
  - ▲ Sukarelawan yang bertugas di lokasi bencana 5
  - △ Sukarelawan yang sedang tidak bertugas

Gambar 2 Penugasan sukarelawan hari ke-1 untuk sektor kerja 1 *shift* pagi

## 4 Simpulan dan Saran

### Simpulan

Manajemen tenaga sukarelawan bencana dapat diformulasikan sebagai masalah *integer programming*. Manajemen penjadwalan tenaga sukarelawan bencana di Kabupaten Purworejo dapat diselesaikan menggunakan metode eksak dengan bantuan *software* LINGO 17.0. Penjadwalan yang dihasilkan memenuhi semua batasan kebutuhan minimum dan memenuhi semua preferensi sukarelawan. Semua sukarelawan terjadwalkan di sektor kerja dan *shift* waktu sesuai dengan preferensi yang dikehendaki dan tidak terjadwalkan di slot waktu yang tidak dikehendaki.

### Saran

Pada karya ilmiah ini, data yang digunakan berupa data sekunder tenaga sukarelawan di daerah Kabupaten Purworejo. Saran terhadap penelitian selanjutnya model manajemen tenaga sukarelawan ini dapat digunakan untuk daerah bencana di seluruh Indonesia dengan penyesuaian kendala dan atau pengembangan fungsi objektifnya.

### Daftar Pustaka

- [1] Altay N, Green WG. 2006. OR/MS research in disaster operations management. *Eur. J. Oper. Res.*, 175: 475-493. DOI: 10.1016/j.ejor.2005.05.016.
- [2] Amriyah A, Bakhtiar T, Hanum F. 2020. *Data dan Solusi Masalah Penjadwalan Sukarelawan di Kabupaten Purworejo*. Bogor: Departemen Matematika FMIPA IPB.
- [3] Bakhtiar T & Hanum F. 2011. Manajemen Bencana Berbasis Riset Operasi: Masalah Penugasan Sukarelawan dengan *Goal Programming*. Di dalam: Waryanto NH dkk, editor. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika 2011*. 2011, Des 3, Yogyakarta, Indonesia. Yogyakarta: hlm. MT286-MT295.
- [4] [BPBD] Badan Penanggulangan Bencana Daerah. 2018. *Dokumen dan Arsip Kebencanaan Kabupaten Purworejo*. Purworejo: BPBD.
- [5] [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017. *Statistik Transportasi Darat*. Indonesia (ID): Badan Pusat Statistik.
- [6] [BPS] Badan Pusat Statistik, Provinsi Jawa Tengah. 2020a. Jumlah Kejadian Bencana Non Alam Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019. Tersedia pada: <https://jateng.bps.go.id/statictable/2020/07/20/1886/jumlah-kejadian-bencana-non-alam-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-tengah-2019.html>. Diakses pada 18 September 2022.
- [7] [BPS] Badan Pusat Statistik, Provinsi Jawa Tengah. 2020b. Jumlah Kejadian Bencana Sosial Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2019. Tersedia pada: <https://jateng.bps.go.id/statictable/2020/07/20/1889/jumlah-kejadian-bencana-sosial-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-tengah-2019-.html>. Diakses pada 18 September 2022.
- [8] [BPS] Badan Pusat Statistik, Provinsi Jawa Tengah. 2022a. Jumlah Kejadian Bencana Alam Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah, 2019 – 2021. Tersedia pada: <https://jateng.bps.go.id/statictable/2020/07/20/1883/jumlah-kejadian-bencana-alam-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-tengah-2019---2021.html>. Diakses pada 18 September 2022.
- [9] [BPS] Badan Pusat Statistik, Provinsi Jawa Tengah. 2022b. Jumlah Desa/Kelurahan yang Mengalami Bencana Alam1 Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah, 2011 – 2018. Tersedia pada: <https://jateng.bps.go.id/statictable/2020/06/19/1816/jumlah-desa-kelurahan-yang-mengalami-bencana-alam1-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-tengah-2011---2018.html>. Diakses pada 18 September 2022.
- [10] [BPS] Badan Pusat Statistik, Provinsi Jawa Tengah. 2022c. Jumlah Desa/Kelurahan yang Mengalami Bencana Alam1 Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah, 2019 – 2021. Tersedia pada: <https://jateng.bps.go.id/indicator/152/541/1/jumlah-desa-kelurahan-yang-mengalami-bencana-alam-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-tengah.html>. Diakses pada 18 September 2022.
- [11] Ergun O, Karakus G, Keskinocak P, Swann J, Villarreal M. 2010. Operations research to improve disaster supply chain management. *Wiley Encyclopedia Operations Res. Manage. Sci*. John Wiley & Sons.

- [12] Falasca M, Zobel CW. 2011. A two-stage procurement model for humanitarian relief supply chains. *J. Humanitarian Logistics Supply Chain Manag.*, 1: 151-169. DOI: 10.1108/20426741111188329.
- [13] Falasca M, Zobel CW, Fetter GM. 2009. An optimization model for humanitarian relief volunteer management. Proceedings of the 6th International ISCRAM Conference, (ISCRAMC' 09), Gothenburg, Sweden, pp: 1-10.
- [14] Garcia C, Rabadi G. 2011. Optimizing coordinated multi-team volunteer scheduling: a combined constraint programming and goal programming approach. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*. 9(2): 183 – 194. doi: 10.1504/IJISE.2011.042834.
- [15] Garcia C, Rabadi G. 2012. Robust optimization models for volunteer scheduling. Di dalam: Lim G, hermann JW, editor. Proceedings of the 2012 Industrial and Systems Engineering Research Conference; 2012 Mei 19-23; Orlando, Florida; Orlando (US-FL): ISERC. hlm 73-80.
- [16] Gordon L, Erkut E. 2004. Improving volunteer scheduling for the Edmonton folk festival. *Interfaces*. 34 (5): 367-376. doi: 10.1287/inte.1040.0097.
- [17] Hughes MA, 1991. A selected annotated bibliography of social science research on planning for and responding to hazardous material disasters. *J. Hazard. Mater.*, 27: 91-109. DOI: 10.1016/0304-3894(91)80023-H.
- [18] Matisziw TC, Murray AT, Grubestic TH. 2010. Strategic network restoration. *Netw. Spat. Econ.*, 10: 345-361. DOI: 10.1007/s11067-009-9123-x.
- [19] Mete HO, Zabinsky ZB. 2010. Stochastic optimization of medical supply location distribution in disaster management. *Int. J. Production Econo.*, 126: 76-84. DOI: 10.1016/j.ijpe.2009.10.004.
- [20] Murtanto AW. 2016. Masalah pengoptimuman multikriteria dalam penjadwalan tenaga sukarelawan di daerah bencana [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [21] Odzamar L, Ekinci E, Kucukyazici B. 004. Emergency logistics planning in natural disasters. *Ann. Oper. Res.*, 129: 217-245. DOI: 10.1023/B:ANOR.0000030690.27939.39.
- [22] Ozlem E, Keskinocak P, Swann J. 2011. Introduction to the special issue on humanitarian applications: Doing good with good OR. *Interfaces*, 41: 215-222. DOI: 10.1287/inte.1110.0578.
- [23] Rolland E, Patterson RA, Ward K, Dodin B. 2010. Decision support for disaster management. *Oper. Manag. Res.*, 3: 68-79.
- [24] Schryen G, Wex F. 2012. IS design thinking in disaster management research. Proceedings of the 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS), Jan. 4-7, IEEE Xplore Press, pp: 4102-4111. DOI: 10.1109/HICSS.2012.391.
- [25] Sylves R. 2008. FEMA, Katrina and operations research. *Public Manag.*, 37: 68-71.