

# PENDEKATAN DUA-STEP UNTUK MASALAH PENJADUALAN PERSONIL SATUAN PENGAMANAN

Mohammad Thezar Afifudin<sup>1</sup>, Nurhadi Siswanto<sup>2</sup>

*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Darussalam Ambon<sup>1</sup>  
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember<sup>2</sup>*

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model matematik masalah penjadualan personil pada perusahaan penyedia layanan jasa keamanan. Pada masalah ini, setiap shift akan diisi oleh seorang personil dan jika banyaknya shift dialokasikan dengan maksimum, maka personil yang tersedia kurang dari banyaknya shift per hari untuk semua lokasi. Selain itu, setiap personil dibolehkan *days off* dalam horison perencanaan. Masalah diformulasi dalam model pemrograman integer binari dan diselesaikan dengan menggunakan pendekatan dua-step. Step pertama bertujuan untuk memaksimalkan kinerja melalui maksimisasi alokasi shift, sedangkan pada step kedua bertujuan untuk meminimumkan biaya dengan mempertimbangkan kendala alokasi shift dan batasan pada personil. Studi kasus dilakukan pada perusahaan penyedia layanan jasa keamanan skala kecil di mana terdapat prioritas terhadap beberapa lokasi. Hasil menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian dengan tujuan yang diharapkan dan kendala yang dihadapi.

**Kata kunci:** *Pendekatan Dua-Step, Pemrograman Integer Binari, Penjadualan Personil Satpam.*

## 1. Pendahuluan

Berbeda dengan perusahaan penyedia jasa lainnya, perusahaan penyedia jasa keamanan sangat mempertimbangkan sumber daya manusianya (*human resource*). Dapat dikatakan, bahwa kinerja pekerjanya merupakan representasi dari kinerja perusahaan. Pada beberapa praktik, kinerja perusahaan untuk dapat memenuhi permintaan selalu terkendala dengan ketersediaan personil satuan pengamanannya (satpam). Kendala tersebut menyebabkan diperlukan adanya segmentasi atau prioritas terhadap pelanggannya (klien). Dalam kasus ini, perusahaan tidak hanya dihadapkan pada penugasan atau penjadualan pekerjanya, namun juga bagaimana mengoptimalkan kinerjanya dengan memaksimalkan alokasi shift untuk memenuhi permintaan pengamanannya oleh pelanggannya. Maksud dari memaksimalkan alokasi shift adalah mengoptimalkan total shift sesuai dengan kapasitas penugasan personil dalam horison perencanaan. Masalah penjadualan personil (*personnel scheduling problem-PSP*) pertama kali

dikembangkan oleh Eddie (1954) dengan memperkenalkan masalah penjadualan shift (*shift scheduling problem-SSP*) dan Dantzig (1954) memperkenalkan penggunaan pemrograman integer untuk menyelesaikan masalah SSP tersebut. Dalam review de Bergh *et al.* (2013), tercatat bahwa artikel mengenai PSP telah mencapai 306 artikel hingga pertengahan tahun 2012 yang dibagi dalam empat kelas, yaitu: (1) karakteristik personil, gambaran keputusan, dan definisi shift, (2) kendala, pengukuran kinerja, dan fleksibilitas, (3) metode solusi dan inkorporasi ketidakpastian, dan (4) area aplikasi dan praktik.

Dalam penelitian ini, berdasarkan klasifikasi den Bergh *et al.* (2013), karakteristik personil dilihat bekerja secara *full-time* dari segi kontrak, sedangkan dari segi entitas secara individual. Jenis keputusan dilihat pada segi biaya dan penugasan kerja personil secara individual (bukan tim) berdasarkan waktu atau jam kerja. Waktu mulainya shift adalah tetap, sedangkan jumlah dan jam dalam shift adalah fleksibel tergantung pada alokasi shift. Masalah ini

adalah masalah *understaffing*, namun dengan pendekatan yang digunakan, alokasi shift disesuaikan dengan banyaknya personil yang tersedia. Waktu istirahat tidak dimasukkan sebagai kendala. Setiap personil diasumsikan memiliki kemampuan (*skill*) yang sama, namun berbeda pada biaya penugasan. Setiap personil dianggap tidak memiliki pilihan (*preference*) terhadap shift penugasan. Pendekatan yang digunakan adalah dua-step dengan menggunakan pemrograman integer untuk memformulasi masalah. Area aplikasi adalah pada layanan pengamanan, di mana data yang digunakan adalah deterministik.

Masalah penjadwalan personil di mana jenis keputusan berupa penugasan kerja personil (bukan tim), waktu shift tidak tetap, dan biaya diperhitungkan berdasarkan biaya personil, telah diteliti sebelumnya oleh beberapa peneliti. Alfieri *et al.* (2007) menggunakan pemrograman matematikal *branch-and-price* (B&P) untuk penjadwalan personil dalam sistem logistik kompleks pada layanan transportasi kereta api. Bard (2004) menggunakan *mixed integer programming* (MIP) untuk penjadwalan staf di fasilitas layanan dengan volume yang tinggi. Sabar *et al.* (2008) menggunakan MIP untuk penjadwalan personil berdasarkan kompetensi (*skill*) dan preferensi pada industri perakitan skala besar. Cote *et al.* (2011) menggunakan IP untuk menyelesaikan masalah penjadwalan shift. Bhatnagar *et al.* (2007) menggunakan *linear programming* (LP) untuk menyelesaikan penjadwalan pekerja pada industri dengan kelajuan jam kerja yang tinggi. de Matta dan Peters (2009) menggunakan *integer programming* (IP) untuk menyelesaikan masalah penjadwalan kerja pada sistem transit antar kota dengan multipel jenis pengemudi dan jenis kendaraan. Demasse *et al.* (2006) menggunakan *hybrid column generation approach* (HCGA) untuk menyelesaikan masalah penjadwalan pekerja. Eiselt dan Marianov (2008) menggunakan *integer programming* (IP) untuk menyelesaikan masalah penugasan pekerja dan alokasi beban kerja. Eveborn *et al.* (2006) menggunakan heuristik konstruktif untuk perencanaan staf rumah sakit. Pendekatan

yang sama digunakan Eveborn *et al.* (2009) untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi layanan rumah sakit, Mirrazavi dan Beringer (2007) untuk manajemen pekerja pada supermarket. Quimper dan Rousseau (2010) menggunakan *large neighbourhood search approach* (LNSA) untuk menyelesaikan masalah penjadwalan shift multi-aktifitas. Wan dan Bard (2007) menggunakan metaheuristik untuk penjadwalan mingguan staf dengan grup stasiun kerja. Berbeda dengan penelitian ini, pendekatan dua-step akan digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan personil.

Terkait dengan pendekatan yang digunakan dalam penelitian, Gören dan Pierreval (2013) menggunakan pendekatan dua-step untuk menyelesaikan masalah penjadwalan produksi. *Genetic algorithm* (GA) dikembangkan untuk optimisasi multimodal pada step pertama, sedangkan pada step kedua dikonsentrasikan pada inklusi pengambil keputusan. Wong *et al.* (2014) menggunakan dua-step heuristik untuk menyelesaikan masalah penjadwalan suster dengan mempertimbangkan *days-off* dan pemilihan shift suster. Pada step pertama, heuristik penugasan shift digunakan untuk menentukan jadwal awal dengan kendala *hard*. Sedangkan pada step kedua, *sequential local search* (SLS) digunakan untuk menentukan jadwal optimal-dekat dengan kendala *soft*. Figielska (2014) menggunakan dua-step heuristik untuk penjadwalan produksi (*flownshop*) dua-step dengan pembaruan sumber daya antar step. Pada step pertama, urutan tugas ditentukan dengan prioritas waktu proses dan kebutuhan sumber daya. Pada step kedua, *column generation algorithm* (CGA) dengan melibatkan pemrograman linear, algoritma *tabu-search*, dan *greedy procedure* (GP) dikembangkan untuk meminimasi waktu produksi. Parisio dan Jones (2015) menggunakan pendekatan dua-step dengan pemrograman integer untuk menyelesaikan masalah penjadwalan pekerja pada *outlet* ritel dengan ketidakpastian permintaan. Pada step pertama, pemrograman integer digunakan untuk merealisasi ketidakpastian permintaan. Pada step kedua, pemrograman integer

digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadualan pekerja di mana *overstaffing* dan *understaffing* dipenuhi. Dengan ekstensi pendekatan yang sama, Vancroonenburg *et al.* (2015) menggunakan heuristik dua-fase untuk menyelesaikan multi-kasus penjadualan dokter bedah. Pada fase pertama, jadwal dievaluasi untuk sesuai dengan multi-kriteria menggunakan *local search* (LS). Pada fase kedua, jadwal digunakan untuk penugasan dokter bedah. Decerle *et al.* (2016) menggunakan pendekatan dua-fase mateuristik untuk meminimasi biaya terkait transportasi dan jam kerja dalam masalah pengrutean dan penjadualan suster dan suster bantu. Pada fase pertama, pendekatan global digunakan untuk meresolusi hanya penjadualan suster. Pada fase kedua, mateuristik dua-fase digunakan untuk menyelesaikan penjadualan suster dan suster bantu. Lin dan Ying (2014) menggunakan algoritma 3-fase untuk meminimasi shift untuk masalah penjadualan tugas personil. Pada fase pertama, heuristik konstruktif digunakan untuk menemukan dengan cepat solusi penjadualan awal. Pada fase kedua, *iterated greedy* (IG) digunakan untuk meningkatkan solusi penjadualan awal dan menemukan jadwal optimal-dekat. Pada fase ketiga, formulasi pemrograman integer binari digunakan untuk menemukan solusi optimal penjadualan. Berbeda dengan penelitian ini, pada step pertama, alokasi shift dimaksimalkan sesuai dengan prioritas permintaan dan ketersediaan personil. Sedangkan pada step kedua, personil akan dijadualkan dengan mempertimbangkan minimisasi biaya.

## 2. Definisi Masalah

Dalam penelitian ini, masalah didefinisikan sebagai penjadualan sejumlah personil ke sejumlah shift pada sejumlah lokasi dalam seminggu, di mana personil yang tersedia kurang dari banyaknya shift untuk semua lokasi, dengan tujuan maksimisasi kinerja (maksimisasi alokasi shift) dan minimisasi biaya. Setiap personil dibolehkan *day-off* (biasanya sehari) dalam seminggu dan memiliki klasifikasi dalam

biaya penugasan. Setiap lokasi memiliki permintaan khusus untuk melakukan pengamanan pada hari-hari tertentu. Karena keterbatasan personil, maka strategi yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah dengan mengurangi jumlah shift pada hari di mana tidak terdapat permintaan khusus dari lokasi-lokasi. Perusahaan menentukan aturan shift maksimum yang dapat dilakukan per hari di setiap lokasi sebanyak tiga sampai empat kali, sedangkan minimum sebanyak dua kali.

## 3. Formulasi Masalah

Formulasi masalah menggunakan teknik pemrograman integer, sedangkan penyelesaiannya menggunakan pendekatan dua-step. Pada step pertama, model diformulasikan untuk mendapatkan alokasi shift optimal yang akan dialokasikan ke setiap lokasi di setiap hari, di mana prioritas pada lokasi, hari, dan atau shift dibolehkan. Pada step kedua, model diformulasikan untuk menentukan penjadualan terhadap setiap personil satpam dengan tujuan minimisasi biaya.

Dalam formulasi, diasumsikan bahwa sistem masalah terdiri dari empat set, yaitu: set hari  $T$ , set lokasi  $U$ , set shift  $V$ , dan set personil satpam  $W$ . Set  $T$  terdiri dari variabel hari  $dy_i$ , di mana  $i = \{1, 2, \dots, m\}$ . Set  $U$  terdiri dari variabel lokasi  $lc_j$ , di mana  $j = \{1, 2, \dots, n\}$ . Set  $V$  terdiri dari variabel shift  $sf_k$ , di mana  $k = \{1, 2, \dots, o\}$ . Banyaknya shift untuk setiap lokasi per hari dibatasi pada nilai maksimum ( $maxsf_{dy}^{lc} = o$ ) dan nilai minimum ( $2 \leq minsf_{dy}^{lc} < maxsf_{dy}^{lc}$ ). Set  $W$  terdiri dari variabel personil  $ps_l$ , di mana  $l = \{1, 2, \dots, p\}$ . Setiap personil memiliki *days-off* selama  $do$ .

### 3.1. Step Pertama

Pada step ini, masalah diformulasikan untuk mengetahui banyaknya shift  $nsf_{ij}$  yang akan dialokasikan ke lokasi  $j$

pada hari  $i$ , di mana  $nsf_{ij}$  berupa integer general dengan batasan  $mins f_{dy}^{lc} \leq nsf_{ij} \leq maxsf_{dy}^{lc}$ . Pada beberapa praktik, penentuan alokasi shift perlu mempertimbangkan prioritas terhadap beberapa lokasi. Jika prioritas tersebut dinotasikan  $pr_j$ , di mana  $0 < pr_j \leq 1$ , maka model masalah dapat diformulasikan sebagai berikut:

**Kasus 1**

**Tujuan:**

$$Max \sum_i^m \sum_j^n nsf_{ij} pr_j$$

**Kendala pada:**

$$\sum_i^m \sum_j^n nsf_{ij} \leq p(m - do)$$

$$\sum_j^n nsf_{ij} \leq p, \quad \forall i \in T$$

$$mins f_{dy}^{lc} \leq nsf_{ij} \leq maxsf_{dy}^{lc}, \quad \forall i \in T, j \in U$$

$$nsf_{ij} \in Integer$$

Persamaan (1.1) merupakan fungsi tujuan untuk memaksimalkan total prioritas shift. Persamaan (1.2) menyatakan bahwa jumlah shift yang dialokasikan selama horison perencanaan tidak lebih dari jumlah shift yang dimungkinkan personil dapat melaksanakan tugas setelah dikurangi *day-off*. Persamaan (1.3) menyatakan bahwa jumlah shift dalam sehari tidak lebih dari banyaknya personil yang tersedia. Persamaan (1.4) dan (1.5) menyatakan batasan untuk banyaknya shift yang dialokasikan ke setiap lokasi untuk setiap hari.

Kadang penentuan alokasi shift, memerlukan pertimbangan terhadap permintaan prioritas di beberapa hari oleh beberapa lokasi  $pr_{ij}$  (sebut saja kasus 2) atau permintaan prioritas diberikan pada beberapa shift di beberapa hari oleh

beberapa lokasi  $pr_{jk}^i$  (sebut saja kasus 3).

Untuk kasus 2 dan kasus 3, masalah diformulasikan dengan menggantikan fungsi tujuan (1.1) masing-masing dengan persamaan (1.1.b) dan (1.1.c).

**Kasus 2**

**Tujuan:**

$$Max \sum_i^m \sum_j^n nsf_{ij} pr_{ij}$$

**Kasus 3**

**Tujuan:**

$$Max \sum_i^m \sum_j^n nsf_{ij} pr_{jk}^i \quad \dots(1.1)$$

**3.2. Step Kedua** ... (1.2)

Step kedua dilakukan setelah data mengenai alokasi shift  $nsf_{ij}$  diketahui dari *stage* 1. Pada step ini, masalah akan diformulasi untuk menentukan penugasan kepada setiap personil dengan tujuan meminimasi biaya. Biaya diperhitungkan dari biaya penugasan personil per jam. Setiap personil  $l$  memiliki biaya penugasan per jam sebesar  $cp_l$ . Personil yang ditugaskan di lokasi dengan alokasi shift maksimum, memiliki waktu penugasan lebih besar dibandingkan dengan jika ditugaskan di lokasi dengan alokasi shift minimum. Jam kerja dalam sehari adalah selama  $hd$  (24 jam). Terdapat dua jenis variabel keputusan (binari) yang digunakan, yaitu:  $y_{jk}^i$  dan  $x_{kl}^{ij}$ .

Variabel  $y_{jk}^i$  bernilai 1 jika pada hari  $i$  di lokasi  $j$  dibuka shift  $k$ , dan 0 jika tidak. Variabel  $x_{kl}^{ij}$  akan bernilai 1 jika pada hari  $i$  di lokasi  $j$  shift  $k$  ditugaskan personil  $l$ , dan 0 jika tidak. Formulasi untuk masalah penugasan personil dengan tujuan meminimasi biaya sebagai berikut:

**Tujuan:**

$$\text{Min} \sum_i^m \sum_j^n \sum_k^o \sum_l^p x_{kl}^{ij} c_{pl} \left( \frac{hd}{nsf_{ij}} \right)$$

Kendala pada:

$$\sum_j^n \sum_k^o \sum_l^p x_{kl}^{ij} = \sum_j^n \sum_k^o y_{jk}^i, \quad \forall i \in T$$

$$\sum_j^n \sum_k^o \sum_l^p x_{kl}^{ij} \leq p, \quad \forall i \in T$$

$$\sum_k^o y_{jk}^i = nsf_{ij}, \quad \forall i \in T, j \in U$$

$$\sum_k^o \sum_l^p x_{kl}^{ij} \geq minsf_{dy}^{lc}, \quad \forall i \in T, j \in U$$

$$\sum_l^p x_{1l}^{ij} \geq \sum_l^p x_{2l}^{ij} \geq \dots \geq \sum_l^p x_{3l}^{ij}, \quad \forall i \in T, j \in U$$

$$\sum_j^n \sum_k^o x_{kl}^{ij} \leq 1, \quad \forall i \in T, l \in W$$

$$\sum_i^m \sum_j^n \sum_k^o x_{kl}^{ij} \leq m - do, \quad \forall l \in W$$

$$\sum_l^p x_{kl}^{ij} \leq 1, \quad \forall i \in T, j \in U, k \in V$$

$$x_{kl}^{ij} = \{0,1\}, \quad \forall i \in T, j \in U, k \in V, l \in W$$

$$y_{jk}^i = \{0,1\}, \quad \forall i \in T, j \in U, k \in V$$

Persamaan (2.1) merupakan fungsi tujuan untuk meminimisasi biaya. Persamaan

(2.2) dan (2.3) menyatakan bahwa jumlah personil yang ditugaskan per hari sama dengan jumlah shift yang dibuka dan tidak lebih dari banyaknya personil yang tersedia. Persamaan (2.4) menyatakan bahwa jumlah shift yang dibuka sesuai dengan yang direncanakan. Persamaan (2.5) menyatakan bahwa jumlah satpam yang ditugaskan ke setiap lokasi setiap hari tidak kurang dari minimum shift. Persamaan (2.6) menyatakan bahwa shift terakhir tidak akan dibuka sebelum shift sebelumnya dibuka. Persamaan (2.7) dan (2.8) menyatakan bahwa setiap satpam hanya dapat ditugaskan maksimum sekali dalam sehari dan enam kali seminggu. Persamaan (2.9) menyatakan bahwa setiap shift hanya ditugaskan seorang satpam. Persamaan (2.10) dan (2.11) menyatakan binari untuk  $x_{kl}^{ij}$  dan  $y_{jk}^i$ . ... (2.6)

#### 4. Studi Kasus

Studi kasus dilakukan pada beberapa perusahaan penyedia layanan jasa keamanan skala kecil dengan jenis kasus 1, di mana 17 personil yang tersedia akan ditugaskan untuk melaksanakan pengamanan ke 6 lokasi selama seminggu. Biaya untuk masing-masing personil dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan prioritas lokasi dapat dilihat pada Tabel 2. Setiap hari di setiap lokasi, shift dapat dibuka maksimum sebanyak 3 minimum 2. Jam kerja sehari selama 24 jam. Setiap shift hanya dapat ditugaskan seorang personil. Personil dibolehkan untuk *day-off* sekali dalam seminggu.

Tabel 1. Biaya penugasan personil (x1000 Rp/jam)

Personil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Biaya	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	11.875	11.875	11.875	11.875
Personil	11	12	13	14	15	16	17			
Biaya	11.875	11.875	11.875	11.875	11.25	11.25	11.25			

Tabel 2. Prioritas lokasi

Lokasi	1	2	3	4	5	6
Prioritas	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1

Solusi pada step pertama (lihat Tabel 3) menyatakan bahwa untuk mengoptimalkan kinerja, maka: (1) lokasi 1 dan 2 akan dialokasikan shift sebanyak 3 kali per hari selama seminggu, (2) lokasi 3 dan 4 akan dialokasikan shift sebanyak 3 kali pada hari senin dan selasa, sedangkan hari lainnya

sebanyak 2, dan (3) lokasi 5 dan 6 akan dialokasikan shift sebanyak 2 kali per hari selama seminggu. Dengan begitu, maka jumlah shift selama seminggu yang dialokasikan, sesuai dengan prioritas yang diberikan. Solusi alokasi shift akan berbeda tergantung pada prioritas yang diberikan.

Tabel 3. Alokasi shift

Alokasi Shift ( $ns f_{ij}$ )		Lokasi ( $j$ )						Jumlah
		1	2	3	4	5	6	
Hari ( $i$ )	Senin	3	3	3	3	2	2	16
	Selasa	3	3	3	3	2	2	16
	Rabu	3	3	2	2	2	2	14
	Kamis	3	3	2	2	2	2	14
	Jumat	3	3	2	2	2	2	14
	Sabtu	3	3	2	2	2	2	14
	Minggu	3	3	2	2	2	2	14
Jumlah		21	21	21	16	16	14	102

Berdasarkan alokasi shift yang telah ada, maka penugasan personil dengan mempertimbangkan minimisasi biaya akan ditentukan pada step kedua. Solusi untuk jadual personil dengan biaya minimum dapat dilihat pada Tabel 4. Biaya yang dibutuhkan untuk penugasan personil sebesar Rp. 12.015.000. Sesuai dengan solusi pada Tabel 4, lokasi-lokasi yang memiliki alokasi shift dengan jumlah sedikit (2 shift) cenderung ditugasi oleh personil-personil yang memiliki biaya per jam terkecil. Solusi memenuhi semua yang menjadi kendala, di mana setiap personil ditugaskan sekali sehari dan enam

kali seminggu, setiap shift hanya ditugaskan seorang personil, dan banyaknya personil yang ditugaskan di tiap lokasi per hari dan setiap hari sesuai dengan alokasi shift.

Sebagai tambahan, terkait dengan isu adanya rotasi personil, maka personil dengan kelas biaya yang sama dapat dijadikan sebagai patokan. Misalnya untuk personil 1, 2, dan 3 yang memiliki biaya yang sama, rotasi dapat dilakukan dengan menggantikan jadual personil 1 ke jadual personil 2 atau 3. Rotasi yang serupa juga dapat diaplikasikan untuk personil lain yang memiliki kelas biaya yang sama.

Tabel 4. Jadwal Personil.



Dalam penelitian ini, pendekatan dua-step digunakan untuk menyelesaikan

masalah penjadualan personil dengan tujuan minimisasi biaya. Masalah diformulasi dengan menggunakan teknik pemrograman integer (binari), di mana pada step pertama bertujuan untuk memaksimalkan kinerja melalui maksimisasi alokasi shift, sedangkan pada step kedua bertujuan untuk meminimumkan biaya dengan mempertimbangkan kendala alokasi shift dan batasan pada personil. Percobaan dilakukan pada kasus di mana terdapat prioritas terhadap beberapa lokasi. Hasil menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian dengan tujuan yang diharapkan dan kendala yang dihadapi. Model dapat digunakan dalam pengambilan keputusan perusahaan penyedia jasa layanan keamanan untuk menyelesaikan masalah penjadualan personil satpam dengan mempertimbangkan kinerja

dan biaya. Penelitian ini juga menyajikan formulasi model untuk kasus-kasus prioritas terhadap lokasi-hari dan lokasi-hari-shift. Untuk pengembangan ke depan, beberapa faktor yang dimungkinkan dapat dipertimbangkan, yaitu: kesehatan personil, beban kerja, lokasi kerja, kapabilitas personil, dan jumlah personil per shift. Selain itu, beberapa metode atau prosedur solusi lainnya juga dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah dengan skala besar.

## Referensi

- Alfieri, A., Kroon, L., van de Velde, S., 2007, *Personnel scheduling in a complex logistic system: a railway application case*, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 18, pp. 223–232.
- Bard, J.F., 2004, *Staff scheduling in high volume service facilities with downgrading*, IIE Transactions, Vol. 36, pp. 985–997.
- Bhatnagar, R., Saddikutti, V., Rajgopalan, A., 2007, *Contingent manpower planning in a high clock speed industry*, International Journal of Production Research, Vol. 45, pp. 2051–2072.
- Cote, M.C., Gendron, B., Quimper, C.G., Rousseau, L.M., 2011, *Formal languages for integer programming modeling of shift scheduling problems*, Constraints, Vol. 16, pp. 54–76.
- Dantzig, G.B., 1954, *A comment on Edie's traffic delays at toll booths*, Journal of the Operations Research Society of America, Vol. 2, pp. 339–341.
- de Matta, R., Peters, E., 2009, *Developing work schedules for an inter-city transit system with multiple driver types and fleet types*, European Journal of Operational Research, Vol. 192, pp. 852–865.
- Decerle, J., Grunder, O., El Hassani, A.H., Barakat, O., 2016, *A two-phases matheuristic for the home care routing and scheduling problem*, IFAC-PapersOnline, Vol. 49:12, pp. 1484-1489.
- Demasse, S., Pesant, G., Rousseau, L.M., 2006, *A cost-regular based hybrid column generation approach*, Constraints, Vol. 11, pp. 315–333.
- Edie, L.C., 1954, *Traffic delays at toll booths*, Journal of the Operations Research Society of America, Vol. 2, pp. 107–138.
- Eiselt, H.A., Marianov, V., 2008, *Employee positioning and workload allocation*, Computers & Operations Research, Vol. 35, pp. 513–524.
- Eveborn, P., Flisberg, P., Rönnqvist, M., 2006, *Laps care-an operational system for staff planning of home care*, European Journal of Operational Research, Vol. 171, pp. 962–976.
- Eveborn, P., Rönnqvist, M., Einarsdottir, H., Eklund, M., Liden, K., Almroth, M., 2009, *Operations research improves quality and efficiency in home care*, Interfaces, Vol. 39, pp. 18–34.
- Figielska, E., 2014, *A heuristic for scheduling in a two-stage hybrid flowshop with renewable resource shared among the stages*, European Journal of Operational Research, Vol. 236, pp. 433-444.
- Gören, S., Pierreval, H., 2013, *Taking advantages of a diverse set of efficient production schedules: a two-step approach for scheduling with side concerns*, Computers & Operations Research, Vol. 40. Pp. 1979-1990.
- Lin, S-W., Ying, K-C., 2014, *Minimizing shifts for personnel task scheduling problems: A three-phase algorithm*, European Journal of

- Operational Research,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.035>.
- Mirrazavi, S.K., Beringer, H., 2007, *A web-based workforce management system for Sainsburys Supermarkets Ltd.*, Annals of Operations Research, Vol. 155, pp. 437–457.
- Parisio, A., Jones, C.J., 2015, *A two-stage stochastic programming approach to employee scheduling in retail outlets with uncertain demand*, Omega, Vol. 53, pp. 97-103.
- Quimper, C.G., Rousseau, L.M., 2010, *A large neighbourhood search approach to the multi-activity shift scheduling problem*, Journal of Heuristics, Vol. 16, pp. 373–392.
- Sabar, M., Montreuil, B., Frayret, M., 2008, *Competency and preference based personnel scheduling in large assembly lines*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 21, pp. 468–479.
- Wan, L., Bard, J.F., 2007, *Weekly staff scheduling with workstation group restrictions*, Journal of the Operational Research Society, Vol. 58, pp. 1030–1046.
- Wong, T.C., Xu, M., Chin, K.S., 2014, *A two-stage heuristic approach for nurse scheduling problem: a case study in an emergency department*, Computers & Operations Research, Vol. 51, pp. 99-110.
- Vancroonenburg, W., Smet, P., Vanden Berghe, G., 2015, *A two-phase heuristic approach to multi-day surgical case scheduling considering generalized resource constraints*, Operations Research for Health Care, doi:  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.orhc.2015.09.010>.
- Vanden Bergh, J., Beliën, J., de Bruecker, P., Demeulemeester, E., de Boeck, L., 2013, *Personnel scheduling: a literature review*, European Journal of Operational Research, Vol. 226, pp. 367-385.