



UJM 8(1) 2019

UNNES Journal of Mathematics

<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>



PENDEKATAN GOAL PROGRAMMING PADA MODEL PENJADWALAN PERAWAT MULTIOBJEKTIF DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PREFERENSI PERAWAT

Yesi Franita

Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman 39 Magelang 56116

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Nopember 2018

Disetujui Mei 2019

Dipublikasikan Mei 2019

Keywords:
goal programming,
model matematika,
optimisasi,
penjadwalan perawat.

Abstrak

Artikel ini membahas formulasi model penjadwalan perawat multiobjektif di mana preferensi shift perawat sebagai representasi kepuasan pekerjaan dipertimbangkan, kemudian model direformulasikan dalam bentuk single objective dengan pendekatan goal programming yang diterapkan pada penjadwalan perawat ICU di RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso Wonogiri. Model yang dibuat didasarkan pada peraturan yang berlaku di rumah sakit dan preferensi perawat. Tujuan yang dipertimbangkan dalam model ini adalah memaksimumkan kepuasan perawat dalam hal pemilihan shift kerja dan hari libur, meminimumkan penugasan kepada perawat ke dalam shift selain shift pagi, serta meminimumkan pola hari kerja di antara hari libur dan hari libur di antara hari kerja. Lebih lanjut, model ini akan diimplementasikan dengan bantuan software LINGO untuk memperoleh penjadwalan yang diharapkan dan memenuhi keinginan semua pihak yang terkait. Hasil komputasi dari model ini menunjukkan bahwa semua kendala dari model penjadwalan perawat dengan mempertimbangkan preferensi perawat dapat dipenuhi.

Abstract

This article discusses the formulation of a multi-objective nurse scheduling model in which nurses' shift preferences as a representation of job satisfaction are considered, then the model is reformulated in the form of a single objective with a goal programming approach that is applied to scheduling ICU nurses in dr. Soediran Mangun Sumarso Wonogiri. The model created is based on hospital regulations and nurse preferences. The objectives considered in this model are maximizing nurse satisfaction in terms of the selection of work shifts and holidays, minimizing the assignment of head nurses in shifts other than the morning shift, and minimizing the pattern of workdays between holidays and holidays between workdays. Furthermore, this model will be implemented with the help of LINGO software to obtain the expected scheduling and fulfill the wishes of all parties involved. The computational results of this model show that all constraints of the nurse scheduling model taking into account nurse preferences can be met.

How to Cite

Franita Y. (2019). Pendekatan Goal Programming pada Model Penjadwalan Perawat Multiobjektif dengan Mem pertimbangkan Preferensi Perawat. *UNNES Journal of Mathematics* 8(1): 1- 10.

© 2019 Universitas Negeri Semarang

Alamat korespondensi:

E-mail: yesi.franita@untidar.ac.id

p-ISSN 2252-6943

e-ISSN 2460-5859

PENDAHULUAN

Penjadwalan perawat merupakan hal penting yang harus dilakukan oleh suatu instansi pelayanan kesehatan, khususnya rumah sakit (Bangchi, 1999). Baik buruknya penjadwalan perawat yang dilakukan oleh pihak manajemen rumah sakit memegang peranan penting dalam menentukan kinerja suatu rumah sakit. Oleh karena itu, penjadwalan perawat merupakan salah satu hal penting yang menjadi bahan evaluasi bagi rumah sakit, baik rumah sakit pemerintah maupun swasta.

Perawat merupakan tenaga kesehatan yang dominan di rumah sakit, baik dari segi jumlah maupun keberadaannya dalam melakukan aktivitas pelayanan terhadap pasien. Seperti halnya dokter, perawat memiliki hubungan langsung dengan pasien serta dibutuhkan selama 7 hari 24 jam untuk merawat pasien (Azaiez dan Sharif, 2005). Penjadwalan perawat dan pengaturan shift yang sesuai dengan permintaan harian suatu layanan kesehatan, dalam hal ini rumah sakit, dan memenuhi kebijakan manajemen rumah sakit dan pegawai, misalnya kontrak kerja, merupakan permasalahan yang sangat kompleks, terlebih jika dihadapkan pada kenyataan bahwa perawat yang bekerja di suatu rumah sakit memiliki tingkat kemampuan serta pengalaman kerja yang bervariasi (Lim et al., 2012).

Masalah penjadwalan perawat dapat diformulasikan dalam berbagai model dan diselesaikan dengan beberapa cara. Bard dan Purnomo (2005) menambahkan kendala waktu yang diinginkan oleh perawat dan kebutuhan hari libur perawat dan memformulasikannya ke dalam *integer programming*, dan dalam Bard dan Purnomo (2007) masalah penjadwalan ini diselesaikan dengan relaksasi Lagrange; Castillo (2009) membahas penjadwalan dengan banyak fungsi tujuan; Maenhout dan Vanhoucke (2007) menggunakan teknik meta heuristik elektromagnetik; Moz dan vas Pato (2003) memformulasikan masalah penjadwalan ini ke dalam model *flow multikomoditas* dan menyelesaiakannya dengan metode heuristik; Ferland et al. (2001) memformulasikannya ke dalam *goal programming* kemudian diselesaikan dengan metode *tabu search*; Downstrand dan Thomson (2000) memformulasikannya ke dalam masalah *knapsack* dan juga menyelesaiakannya dengan *tabu search*. Legrain et al. (2015) membahas mengenai penjadwalan perawat di dunia nyata, sedangkan Wong et al. (2014) menggunakan pendekatan *two-stage heuristic* untuk penjadwalan perawat dan diaplikasikan pada IGD. Awadallah et al. (2011) membahas

penjadwalan perawat dengan pendekatan *Harmony Search*; Todorovic dan Petrovic (2013) menggunakan algoritma optimisasi koloni lebah untuk menyelesaikan penjadwalan perawat; Kim et al. (2014) mencoba menyelesaikan masalah penjadwalan perawat dengan meningkatkan performa algoritma genetic; Martinelly et al. (2014) mengintegrasikan penugasan perawat dengan perencanaan penjadwalan ruang operasi; dan Maenhout dan Vanhoucke (2013) mengintegrasikan penugasan dan analisis penjadwalan perawat pada permasalahan penugasan perawat untuk waktu yang lama.

Di Indonesia cara manual masih digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan perawat ini. Cara seperti ini akan menjadi rumit dan rentan terhadap kesalahan saat melibatkan jumlah perawat yang relatif besar. Dalam papernya, Lim et al. (2012) menyebutkan bahwa model penjadwalan perawat dapat diselesaikan dengan pendekatan model matematika, yaitu suatu model khusus matematika yang dikembangkan untuk merespon masalah penjadwalan untuk kasus yang berbeda-beda. Model ini dibangun dengan fungsi tujuan dan kendala, kemudian untuk mencari penyelesaian optimal digunakan algoritma yang tepat untuk menyelesaikannya. Dalam paper tersebut, model penjadwalan perawat diformulasikan ke dalam suatu bentuk model pemrograman linear multiobjektif, di mana preferensi shift perawat sebagai representasi kepuasan pekerjaan dipertimbangkan dalam model. Preferensi perawat yang dimaksud adalah keinginan perawat terhadap suatu tipe shift, pola shift, dan permintaan hari libur.

Di dalam penelitian ini, model penjadwalan multiobjektif akan diformulasikan menjadi bentuk model *single objektif* dengan menggunakan metode *goal programming (GP)* untuk membuat sistem penjadwalan perawat yang lebih optimal sehingga diharapkan mampu memberikan informasi kepada manajemen rumah sakit sebagai pengambil keputusan agar penjadwalan perawat menjadi lebih efektif dan efisien. Selanjutnya, model penjadwalan perawat dengan pendekatan *GP* diimplementasikan pada penjadwalan perawat ICU di RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso Wonogiri.

METODE

Tahap Identifikasi

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah tahap identifikasi. Tahap ini meliputi penentuan tujuan penelitian, tinjauan pustaka, perumusan

masalah, identifikasi metode analisis dan sampel penelitian.

Tahap Pengumpulan Data

Terdapat dua data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer meliputi jumlah perawat ICU, jumlah perawat yang harus ada pada masing-masing shift, dan jumlah total hari kerja perawat. Adapun data sekundernya adalah data penjadwalan perawat dalam satu bulan yang selama ini dilakukan oleh rumah sakit.

Metode pengumpulan data dilakukan dengan membuat daftar pertanyaan untuk wawancara kepada kepala bagian dan beberapa perawat ICU, sehingga diharapkan dapat diperoleh informasi tentang berbagai hal yang dibutuhkan dalam penelitian.

Tahap Pengembangan Model

Dalam membuat model matematika penjadwalan perawat ini, perawat dijadwalkan selama satu bulan. Berdasarkan model yang dibuat oleh Azaiez dan Sharif (2005), model penjadwalan ini dapat dikembangkan lagi sesuai dengan kebijakan dan permasalahan yang ada di RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso Wonogiri. Pembentukan model penjadwalan perawat multiobjektif diawali dengan menentukan fungsi tujuan dan kendala, mereformulasi model tersebut dengan pendekatan *goal programming*, kemudian menyelesaiakannya dengan program LINGO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Batasan dan Asumsi Model Penjadwalan Perawat

Untuk mendapatkan suatu penjadwalan perawat yang optimal dalam penyelesaian masalah penjadwalan perawat multiobjektif, yang harus dilakukan sebelum menyusun model adalah mengidentifikasi masalah yang ada ke dalam bentuk matematis. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai permasalahan penjadwalan perawat multiobjektif dengan mempertimbangkan preferensi perawat. Selanjutnya, tanpa mengurangi keumuman, yang dimaksud dengan masalah penjadwalan perawat multiobjektif adalah masalah pemrograman linear bilangan bulat nol-satu dengan lebih dari satu tujuan (*objective*).

Rumah sakit mempunyai peraturan sendiri dalam menugaskan perawat-perawatnya ke dalam shift kerja. Peraturan tersebut dapat dipandang sebagai suatu batasan atau kendala dalam model optimisasi. Pembuatan model matematika bisa saja cukup kompleks jika mempertimbangkan semua kemungkinan

batasan pada model yang diberikan. Namun, ada beberapa batasan yang tidak terpisahkan dengan kepegawaian rumah sakit itu sendiri. Batasan inilah yang akan mengarahkan untuk mengembangkan suatu model dasar ke dalam suatu masalah penjadwalan perawat secara general. Sedangkan asumsi merupakan suatu batasan yang dirancang oleh pembuat keputusan atau peneliti yang disesuaikan dengan realita yang ada di lapangan dan digunakan untuk membatasi pembentukan model agar permasalahan tidak terlalu luas. Adapun batasan masalah dan asumsi model penjadwalan perawat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penjadwalan perawat untuk unit layanan 24 jam yang ada di suatu rumah sakit.
2. Periode waktu penjadwalan adalah interval waktu di mana penjadwalan disusun. Periode waktu penjadwalan pada penelitian ini adalah 1 (satu) bulan.
3. Dalam model ini, satu shift didefinisikan sebagai berikut.
 - (a) shift pagi: jam 07.00 – jam 14.00 (terdiri dari 7 jam kerja secara berurutan),
 - (b) shift sore: jam 14.00 – jam 21.00 (terdiri dari 7 jam kerja secara berurutan),
 - (c) shift malam: jam 21.00 – jam 07.00 (terdiri dari 10 jam kerja secara berurutan).
4. Dalam model ini, perawat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu:
 - (a) Kepala perawat, yaitu perawat berpendidikan lulusan Sarjana Keperawatan (S1) dan/atau sudah mengambil profesi keperawatan (Ners) serta memenuhi kriteria yang dipersyaratkan rumah sakit yang bersangkutan untuk menjadi kepala perawat. Setiap ruang dikepalai oleh seorang kepala perawat.
 - (b) Perawat pelaksana, yaitu perawat berpendidikan lulusan Akademi Keperawatan, setingkat dengan Diploma III (D3) atau berpendidikan lulusan Sarjana Keperawatan (S1). Keahlian perawat dalam satu ruang adalah sama.
5. Setiap perawat hanya dapat bekerja maksimal satu shift setiap harinya.
6. Banyaknya perawat di penjadwalan tidak melebihi jumlah perawat yang tersedia di rumah sakit yang bersangkutan.
7. Kepala perawat hanya bertugas pada shift pagi.
8. Perawat pelaksana yang ditugaskan pada shift malam, tidak diperbolehkan ditugaskan pada shift pagi atau shift sore di hari berikutnya.

9. Setiap perawat pelaksana sebaiknya tidak ditugaskan lebih dari dua shift malam secara berurutan.
10. Setiap perawat harus memenuhi batasan total jam kerja dalam suatu periode penjadwalan.
11. Setiap shift harus memenuhi minimum perawat yang ditugaskan, sehingga shift kosong tidak diperkenankan.
12. Setiap perawat tidak boleh bekerja melebihi enam hari kerja secara berurutan.
13. Keinginan perawat terhadap suatu shift kerja dan permintaan hari libur dipertimbangkan.
14. Setiap perawat mendapatkan jatah hari libur.
15. Menghindari pola *off-on-off* dan *on-off-on* dalam penjadwalan.
16. Perawat yang mengambil jatah cuti didata terlebih dahulu sebelum penjadwalan dilakukan.

Berdasarkan batasan-batasan serta asumsi tersebut, deskripsi masalah penjadwalan perawat adalah untuk menentukan perawat mana seharusnya ditugaskan dalam suatu shift setiap harinya dalam suatu periode penjadwalan, di mana setiap harinya terdiri dari tiga shift, yaitu shift pagi, sore, dan malam. Setiap shift yang mungkin bagi setiap perawat direpresentasikan dalam bentuk vektor nol-satu. Nilai 1 (satu) berarti perawat yang dimaksud bertugas pada shift tersebut, sedangkan nilai 0 (nol) merepresentasikan bahwa perawat yang dimaksud tidak bertugas pada shift tersebut.

Tujuan dari model penjadwalan multiobjektif ini adalah untuk meminimumkan total skor (nilai) pinalti dalam kaitannya dengan preferensi perawat, baik dalam hal pemilihan shift maupun hari libur. Pembuat jadwal perawat memutuskan berapa banyak perawat di setiap shift yang diperlukan rumah sakit setiap harinya. Sebelum penjadwalan dilakukan, setiap perawat diminta untuk mengisi lembar skor (nilai) pinalti mengenai preferensinya terkait shift kerja dan hari libur, di mana skor yang rendah pada isian mengimplikasikan perawat ingin ditugaskan pada shift yang diinginkan, sementara skor yang semakin tinggi menunjukkan semakin besar keinginan perawat untuk tidak dijadwalkan pada shift tersebut. Selain kedua tujuan di atas, tujuan penjadwalan perawat ini adalah untuk memaksimumkan penugasan kepala perawat pada shift pagi serta meminimumkan pola hari kerja yang berada di antara hari libur (*off-on-off*) dan hari libur yang berada di antara hari kerja (*on-off-on*).

Himpunan dan Indeks

- N : himpunan semua perawat yang tersedia
- i : indeks perawat, $i = 1, 2, \dots, n$, $\forall i \in N$, dengan perawat ke-1 merupakan kepala perawat
- $S = \{1, 2, 3, 4\}$: himpunan semua shift perawat
- s : indeks shift perawat, $s = 1, 2, 3, 4$ (secara berurutan merepresentasikan shift pagi, shift sore, shift malam, libur), $\forall s \in S$
- D : himpunan durasi jam kerja perawat (pagi = 7, sore = 7, malam = 10, libur = 0)
- T : himpunan hari dalam periode penjadwalan
- t : indeks hari dalam periode penjadwalan, $t = 1, 2, \dots, 30$, $\forall t \in T$
- ω : himpunan minggu pada periode penjadwalan
- w : indeks minggu dalam periode penjadwalan, $w = 1, 2, 3, 4$, $\forall w \in \omega$

Parameter Input

- a_{st} : banyaknya perawat yang tersedia untuk setiap shift $s \in S$
- d_s : durasi tipe shift $s \in S$
- h_{min} : total minimum jam kerja perawat $i \in N$ dalam suatu periode penjadwalan
- h_{max} : total maksimum jam kerja perawat $i \in N$ dalam suatu periode penjadwalan
- ρ_{st} : minimum banyaknya perawat yang ditugaskan untuk setiap shift
- L : minimum banyaknya hari libur perawat $i \in N$ dalam suatu periode penjadwalan
- μ_{ist}^1 : nilai pinalti dari preferensi perawat $i \in N$ ke dalam suatu shift $s \in S$ pada hari $t \in T$ terkait pemilihan shift kerja
- μ_{it}^2 : nilai pinalti dari preferensi perawat $i \in N$ pada hari $t \in T$ terkait pemilihan hari libur
- μ_{st}^3 : nilai pinalti dari penugasan kepala perawat ke dalam shift selain shift pagi
- μ_{it}^4 : nilai pinalti dari penugasan perawat $i \in N$ dengan pola kerja *off-on-off*
- μ_{it}^5 : nilai pinalti dari penugasan perawat $i \in N$ dengan pola kerja *on-off-on*

Variabel Keputusan

Konsep utama dari penjadwalan perawat adalah menentukan kombinasi jaga dari sejumlah perawat yang dimiliki dengan mempertimbangkan pemenuhan tugas pokok dan fungsi perawat tersebut dalam unitnya. Oleh karena itu, variabel keputusan dari model optimisasi penjadwalan perawat didefinisikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} y_{ist} &= \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i \in N \text{ ditugaskan ke dalam shift } s \in S \text{ pada hari } t \in T; \\ 0, & \text{jika sebaliknya.} \end{cases} \\ \mu_{it}^4 &= \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i \in N \text{ ditugaskan dengan pola kerja } off - on - off; \\ 0, & \text{jika sebaliknya.} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\mu_{it}^5 = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i \in N \text{ ditugaskan dengan pola kerja } on-off-on; \\ 0, & \text{jika sebaliknya.} \end{cases}$$

Pembentukan Model Penjadwalan Perawat Multiobjektif

Pembentukan model penjadwalan perawat dengan mempertimbangkan preferensi perawat ini dapat disebut sebagai model penugasan perawat. Adapun fungsi tujuan dan kendala dari model ini adalah sebagai berikut.

1. Fungsi tujuan

- (a) Memaksimumkan kepuasan kerja perawat dalam hal pemilihan shift sesuai dengan preferensinya atau meminimumkan skor pinalti yang merefleksikan preferensi perawat terhadap pemilihan shift kerja.

$$\min z_1 = \sum_{i \in N} \sum_{s=1}^3 \sum_{t=1}^{30} \mu_{ist}^1 y_{ist}. \quad (1)$$

- (b) Memaksimumkan kepuasan kerja perawat dalam hal pemilihan hari libur sesuai dengan preferensinya atau meminimumkan skor pinalti yang merefleksikan preferensi perawat terhadap pemilihan hari libur.

$$\min z_2 = \sum_{i \in N} \sum_{t=1}^{30} \mu_{it}^2 \sum_{s=4} y_{ist}. \quad (2)$$

- (c) Memaksimumkan penugasan kepala perawat pada shift pagi atau meminimumkan pinalti yang dihasilkan karena menempatkan kepala perawat pada shift selain shift pagi.

$$\min z_3 = \sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^{30} \mu_{st}^3 \sum_{i=1} y_{ist}. \quad (3)$$

- (d) Meminimumkan pola off-on-off
Setiap perawat menginginkan hari libur yang berurutan, sehingga fungsi tujuan keempat adalah untuk meminimumkan adanya pola hari masuk kerja yang berada di antara hari libur.

$$\min z_4 = \sum_{i \in N} \sum_{t=1}^{30} y_{it}^4. \quad (4)$$

- (e) Meminimumkan pola on-off-on
Seperti halnya pada pola off-on-off, perawat tidak berkeinginan untuk mendapatkan hari libur di antara hari kerja. Oleh karena itu, fungsi tujuan kelima adalah meminimumkan adanya pola hari libur yang berada di antara hari masuk kerja.

$$\min z_5 = \sum_{i \in N} \sum_{t=1}^{30} y_{it}^5. \quad (5)$$

2. Kendala

Kendala-kendala yang muncul untuk menjamin asumsi dan batasan model adalah sebagai berikut.

- (a) Setiap perawat hanya boleh ditugaskan ke dalam satu shift setiap harinya.

$$\sum_{s=1}^4 y_{ist} = 1, \forall i \in N, i \neq 1, t \in T. \quad (6)$$

$$\sum_{s \in \{2,3\}} y_{(1)st} = 1, \forall t \in T. \quad (7)$$

- (b) Penjadwalan perawat dibatasi oleh banyaknya perawat yang dimiliki oleh

suatu rumah sakit setiap shift kerja setiap harinya.

$$\sum_{i \in N} y_{ist} \leq a_{st}, \forall s = 1, 2, 3, t \in T. \quad (8)$$

- (c) Setiap shift kerja harus memiliki minimum perawat yang ditugaskan.

$$\sum_{i \in N} y_{ist} \geq \rho_{st}, \forall s = 1, 2, 3, t \in T. \quad (9)$$

- (d) Setiap perawat pelaksana yang ditugaskan pada shift malam tidak boleh ditugaskan pada shift pagi atau shift sore pada hari berikutnya dan setiap perawat pelaksana yang bertugas pada shift sore sebaiknya tidak ditugaskan pada shift pagi di hari berikutnya.

$$y_{i(3)t} + y_{i(1)(t+1)} \leq 1, \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 29. \quad (10)$$

$$y_{i(3)t} + y_{i(2)(t+1)} \leq 1, \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 29. \quad (11)$$

$$y_{i(2)t} + y_{i(1)(t+1)} \leq 1, \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 29. \quad (12)$$

- (e) Setiap perawat harus bekerja sesuai kontrak jam kerja dalam satu periode penjadwalan.

$$\sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^{30} d_s y_{ist} \geq h_{min} \quad (13)$$

$$\sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^{30} d_s y_{ist} \leq h_{max} \quad (14)$$

- (f) Setiap perawat seharusnya tidak bekerja lebih dari 6 (enam) hari kerja secara berurutan.

$$\begin{aligned} y_{i(4)t} + y_{i(4)(t+1)} + y_{i(4)(t+2)} + y_{i(4)(t+3)} + \\ y_{i(4)(t+4)} + y_{i(4)(t+5)} + y_{i(4)(t+6)} \geq 1, \\ y_{i(4)t} + y_{i(4)(t+1)} + y_{i(4)(t+2)} + y_{i(4)(t+3)} + \\ y_{i(4)(t+4)} + y_{i(4)(t+5)} + y_{i(4)(t+6)} \geq 1, \end{aligned} \quad (15)$$

- (g) Setiap perawat mendapat jatah libur minimum L hari dalam satu periode penjadwalan.

$$\sum_{t=1}^{30} y_{i(4)t} \geq L, \forall i \in N. \quad (16)$$

- (h) Setiap perawat pelaksana sebaiknya ditugaskan tidak lebih dari 2 (dua) shift malam secara berurutan.

$$\begin{aligned} y_{i(3)t} + y_{i(3)(t+1)} + y_{i(3)(t+2)} \leq 2, \\ \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 28 \in T. \end{aligned} \quad (17)$$

- (i) Penjadwalan perawat sebaiknya meminimalkan adanya pola off-on-off.

$$\begin{aligned} y_{i(4)t} + \sum_{s=1}^3 y_{is(t+1)} + \\ y_{i(4)(t+2)} - \mu_{it}^4 \leq 2, \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 28 \in T. \end{aligned} \quad (18)$$

- (j) Penjadwalan perawat sebaiknya meminimalkan adanya pola on-off-on.

$$\begin{aligned} \sum_{s=1}^3 y_{ist} + y_{i(4)(t+1)} + \\ \sum_{s=1}^3 y_{is(t+2)} - \mu_{it}^5 \leq 2, \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 28 \in T. \end{aligned} \quad (19)$$

Diperoleh model optimisasi multiobjektif penjadwalan perawat dengan mempertimbangkan

kan preferensi perawat atau model penugasan perawat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} & (\min z_1, \min z_2, \min z_3, \min z_4, \min z_5) \\ & \quad \text{dengan kendala (6), ..., (19)} \end{aligned}$$

$$y_{ist}, \mu_{it}^4, \mu_{it}^5 \in \{0,1\}, \forall (i \in N, s \in S, t \in T) \quad (20)$$

Reformulasi Model Penjadwalan Perawat Multiobjektif dengan Pendekatan Goal Programming

Algoritma untuk mereformulasikan model penjadwalan perawat multiobjektif pada persamaan (20) adalah sebagai berikut (Ignizio 1985).

1. Langkah pertama, mendefinisikan kembali variabel, kendala, dan fungsi tujuan dari masalah pemrograman linear multiobjektif dan membawanya ke dalam model *GP single objective*.
2. Langkah kedua, mengubah semua fungsi tujuan ke dalam sasaran-sasaran (*goals*) dengan merepresentasikan setiap tujuan ke dalam variabel simpangan positif atau negatif, sedemikian sehingga terbentuk variabel simpangan dari setiap tujuan pada model *goal programming*.
3. Langkah ketiga, memberi bobot atau rangking pada masing-masing *goal* berdasarkan tingkat pentingnya *goal*.
4. Langkah keempat, menyusun model seperti pada bentuk umum model *GP* yang telah diberikan, dalam hal ini fungsi tujuan model akan menjadi *single objective goal*, kemudian menyelesaiakannya seperti pada permasalahan pemrograman linear.

Dengan menjalankan algoritma tersebut, diperoleh bentuk umum dari model penjadwalan perawat multiobjektif dengan mempertimbangkan preferensi perawat menggunakan pendekatan *goal programming* yang disajikan pada persamaan (21) berikut ini.

Fungsi tujuan

Meminimumkan

$$z = \omega_1 d_1^+ + \omega_2 d_2^+ + \omega_3 d_3^+ + \omega_4 d_4^+ + \omega_5 d_5^+. \quad (21)$$

Kendala tujuan

$$z_1 + d_1^- - d_1^+ = b_1, \text{ dengan } z_1 =$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{s \in S - \{4\}} \sum_{t=1}^{30} \mu_{ist}^1 y_{ist}$$

$$z_2 + d_2^- - d_2^+ = b_2,$$

$$\text{dengan } z_2 = \sum_{i \in N} \sum_{t=1}^{30} \mu_{it}^2 \sum_{s=4} y_{ist}$$

$$z_3 + d_3^- - d_3^+ = b_3,$$

$$\text{dengan } z_3 = \sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^{30} \mu_{st}^3 \sum_{i=1} y_{ist}$$

$$z_4 + d_4^- - d_4^+ = b_4, \text{ dengan } z_4 = \sum_{i \in N} \sum_{t=1}^{30} \mu_{it}^4$$

$$z_5 + d_5^- - d_5^+ = b_5, \text{ dengan } z_5 = \sum_{i \in N} \sum_{t=1}^{30} \mu_{it}^5$$

Kendala struktural

$$\sum_{s=1}^4 y_{ist} = 1, \forall i \in N, i \neq 1, t \in T.$$

$$\sum_{s \in S = \{2,3\}} y_{(1)st} = 1, \forall t \in T.$$

$$\sum_{i \in N} y_{ist} \leq a_{st}, \forall s = 1, 2, 3, t \in T.$$

$$\sum_{i \in N} y_{ist} \geq \rho_{st}, \forall s = 1, 2, 3, t \in T.$$

$$\begin{aligned} y_{i(3)t} + y_{i(1)(t+1)} &\leq 1, \forall i \in N, i \neq 1, t \\ &= 1, 2, \dots, 29. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{i(3)t} + y_{i(2)(t+1)} &\leq 1, \forall i \in N, i \neq 1, t \\ &= 1, 2, \dots, 29. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{i(2)t} + y_{i(1)(t+1)} &\leq 1, \forall i \in N, i \neq 1, t \\ &= 1, 2, \dots, 29. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^{30} d_s y_{ist} &\geq h_{min} \\ \sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^{30} d_s y_{ist} &\leq h_{max} \\ y_{i(4)t} + y_{i(4)(t+1)} + y_{i(4)(t+2)} + y_{i(4)(t+3)} \\ &+ y_{i(4)(t+4)} + y_{i(4)(t+5)} \\ &+ y_{i(4)(t+6)} \geq 1, \forall i \in N, \forall t \\ &= 1, 2, \dots, 24 \in T. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^{30} y_{i(4)t} &\geq L, \forall i \in N. \\ y_{i(3)t} + y_{i(3)(t+1)} + y_{i(3)(t+2)} &\leq 2, \forall i \in N, i \neq 1, t \\ &= 1, 2, \dots, 28 \in T. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{i(4)t} + \sum_{s=1}^3 y_{is(t+1)} + y_{i(4)(t+2)} - \mu_{it}^4 &\leq 2, \forall i \\ &\in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 28 \in T. \\ \sum_{s=1}^3 y_{ist} + y_{i(4)(t+1)} + \sum_{s=1}^3 y_{is(t+2)} - \mu_{it}^5 &\leq 2, \forall i \\ &\in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 28 \in T. \end{aligned}$$

Kendala nonnegatif

$$\omega_i, d_i^+, d_i^- \geq 0$$

dengan $i = 1, \dots, 5$, d_i^+ dan d_i^- berturut-turut merupakan variabel simpangan positif dan negatif, serta ω_i merupakan bobot dari masing-masing *goal*.

Studi Kasus

Model penjadwalan perawat (21) akan diterapkan pada penjadwalan perawat bangsal Wijaya Kusuma (ruang ICU) 24 jam di RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso Wonogiri. Dalam membuat penjadwalan ini harus diperhatikan setiap peraturan yang ada di rumah sakit. Peraturan-peraturan tersebut diformulasikan ke dalam bentuk batasan model. Adapun perawat ICU yang akan dijadwalkan berjumlah 20 orang. Perawat-perawat ini akan dijadwalkan sebulan penuh. Batasan masalah dan asumsi yang digunakan telah diberikan pada

pembahasan sebelumnya. Berikut diberikan deskripsi data yang dipakai.

Deskripsi Data

Dalam penelitian ini diperlukan data informasi yang berkaitan dengan tujuan yang ingin dicapai oleh rumah sakit serta pihak yang terkait, dalam hal ini perawat dan pasien. Data yang dihimpun adalah data perawat yang diperoleh dari bagian Keperawatan RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso serta data nilai (skor) pinalti mengenai preferensi perawat terhadap pemilihan shift kerja dan pemilihan hari libur untuk penjadwalan bulan Juni yang diisi oleh perawat pada lembar skor pinalti. Secara rinci, data yang diperoleh disajikan dalam Tabel 1.

Range nilai pinalti ini juga berlaku untuk pemilihan hari libur berdasarkan preferensi perawat. Semakin tinggi nilai pinalti, perawat semakin tidak ingin libur pada hari yang bersangkutan. Nilai pinalti penugasan kepala perawat selain shift pagi sedikit berbeda, 0 menunjukkan bahwa tidak ada pinalti yang diberikan jika kepala perawat ditugaskan pada shift yang bersangkutan, sedangkan 1 menunjukkan bahwa penugasan kepala perawat pada shift terkait akan diberi nilai pinalti 1. Untuk nilai pinalti adanya pola *off-on-off* atau *on-off-on* pada periode penjadwalan, peneliti memberi nilai pinalti masing-masing 1.

Di samping data nilai pinalti, ada beberapa data yang ditentukan oleh pembuat keputusan, yaitu data target atau *goal* pada model

Tabel 1. Data Perawat ICU RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso Wonogiri

No.	Data	Keterangan
1.	Total banyaknya perawat di ruang ICU	20 perawat
2.	Banyaknya perawat yang tersedia di setiap shift	pagi = 6; sore = 5; malam = 5 (perawat)
3.	Jumlah minimum kebutuhan perawat di setiap shift	pagi = 5; sore = 4; malam = 4 (perawat)
4.	Jumlah minimum hari libur dalam 1 bulan	5 hari libur
5.	Total minimum jam kerja perawat dalam 1 bulan	150 jam
6.	Total maksimum jam kerja perawat dalam 1 bulan	200 jam
7.	Jam kerja shift pagi	07.00 – 14.00
8.	Jam kerja shift sore	14.00 – 21.00
9.	Jam kerja shift malam	21.00 – 07.00

Sumber: Data primer perawat bangsal Wijaya Kusuma (ruang ICU)

Minimum total libur dalam satu bulan penjadwalan dihitung berdasarkan banyaknya hari Minggu dan hari libur nasional pada bulan yang bersangkutan. Misalnya, untuk bulan Juni terdapat lima hari libur (hari Minggu dan hari libur nasional). Minimum total libur ini juga digunakan untuk menentukan hari libur bagi kepala perawat, artinya jumlah libur kepala perawat di bulan Juni adalah lima.

Setiap perawat diminta untuk mengisi lembar nilai pinalti terkait preferensi perawat dalam pemilihan shift kerja dan pemilihan hari libur. Khusus untuk kepala perawat, hari liburnya sudah ditentukan berdasarkan peraturan rumah sakit, yakni sebanyak jumlah hari Minggu dan hari libur nasional dalam satu bulan penjadwalan. Selain hari libur tersebut, kepala perawat masuk kerja pada shift pagi. Perawat pelaksana memilih hari libur berdasarkan preferensi mereka. Nilai pinalti tersebut memiliki *range* antara 0 sampai 5, di mana semakin kecil nilai pinalti, perawat semakin menyukai shift yang bersangkutan.

penjadwalan perawat dengan pendekatan *GP* (21), dalam hal ini yang dimaksud adalah nilai b_i , untuk $i = 1, 2, \dots, 5$.

Model Penjadwalan Perawat Multiobjektif dengan Pendekatan *Goal Programming* di RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso Wonogiri

Dengan memasukkan data yang telah dihimpun pada model penjadwalan perawat dengan pendekatan *GP* pada persamaan (21), diperoleh model penjadwalan perawat ICU di RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso Wonogiri seperti pada persamaan (22) berikut.

Variabel keputusan

$$y_{ist} = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i = 1, 2, \dots, 20 \text{ ditugaskan ke dalam shift } s = 1, 2, 3, 4 \text{ pada hari } t = 1, 2, \dots, 30; \\ 0, & \text{jika sebaliknya.} \end{cases}$$

$$\mu_{it}^4 = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i = 1, 2, \dots, 20 \text{ ditugaskan dengan pola kerja } off - on - off; \\ 0, & \text{jika sebaliknya.} \end{cases}$$

$$\mu_{it}^5 = \begin{cases} 1, & \text{jika perawat } i = 1, 2, \dots, 20 \text{ ditugaskan dengan pola kerja } on-off-on; \\ 0, & \text{jika sebaliknya.} \end{cases}$$

Fungsi tujuan

Meminimumkan

$$z = \omega_1 d_1^+ + \omega_2 d_2^+ + \omega_3 d_3^+ + \omega_4 d_4^+ + \omega_5 d_5^+. \quad (22)$$

Kendala tujuan

1. Meminimumkan skor pinalti yang merefleksikan preferensi perawat terhadap pemilihan shift kerja.

$$z_1 + d_1^- - d_1^+ = 20, \\ \text{dengan } z_1 = \sum_{i=1}^{20} \sum_{s=1}^3 \sum_{t=1}^{30} \mu_{ist}^1 y_{ist}.$$

2. Meminimumkan skor pinalti yang merefleksikan preferensi perawat terhadap pemilihan hari libur.

$$z_2 + d_2^- - d_2^+ = 35, \\ \text{dengan } z_2 = \sum_{i=1}^{20} \sum_{t=1}^{30} \mu_{it}^2 \sum_{s=4} y_{ist}.$$

3. Meminimumkan pinalti yang dihasilkan karena menempatkan kepala perawat pada shift selain shift pagi.

$$z_3 + d_3^- - d_3^+ = 0, \\ \text{dengan } z_3 = \sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^{30} \mu_{st}^3 \sum_{i=1} y_{ist}.$$

4. Meminimumkan pola off-on-off.

$$z_4 + d_4^- - d_4^+ = 1, \text{ dengan } z_4 = \sum_{i=1}^{20} \sum_{t=1}^{30} \mu_{it}^4.$$

5. Meminimumkan pola on-off-on.

$$z_5 + d_5^- - d_5^+ = 15, \text{ dengan } z_5 = \sum_{i=1}^{20} \sum_{t=1}^{30} \mu_{it}^5.$$

Kendala struktural

1. Setiap perawat hanya boleh ditugaskan ke dalam satu shift setiap harinya.

$$\sum_{s=1}^4 y_{ist} = 1, \forall i \in N, i \neq 1, t \in T. \\ \sum_{s \in \{2,3\}} y_{(1)st} = 1, \forall t \in T.$$

2. Penjadwalan perawat dibatasi oleh banyaknya perawat yang dimiliki oleh suatu rumah sakit setiap shift kerja setiap harinya.

$$\sum_{i=1}^{20} y_{ist} \leq a_{st}, \forall s = 1, 2, 3, t \in T.$$

3. Setiap shift kerja harus memiliki minimum perawat yang ditugaskan.

$$\sum_{i=1}^{20} y_{ist} \geq \rho_{st}, \forall s = 1, 2, 3, t \in T.$$

4. Setiap perawat pelaksana yang ditugaskan pada shift malam tidak boleh ditugaskan pada shift pagi atau shift sore pada hari berikutnya dan setiap perawat pelaksana yang bertugas pada shift sore sebaiknya tidak ditugaskan pada shift pagi di hari berikutnya.

$$y_{i(3)t} + y_{i(1)(t+1)} \leq 1, \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 29.$$

$$y_{i(3)t} + y_{i(2)(t+1)} \leq 1, \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 29.$$

$$y_{i(2)t} + y_{i(1)(t+1)} \leq 1, \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 29.$$

5. Setiap perawat harus bekerja sesuai kontrak jam kerja dalam satu periode penjadwalan.

$$\sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^{30} d_s y_{ist} \geq 150, \forall i \in N. \\ \sum_{s=1}^4 \sum_{t=1}^{30} d_s y_{ist} \leq 200, \forall i \in N.$$

6. Setiap perawat seharusnya tidak bekerja lebih dari 6 (enam) hari kerja secara berurutan.

$$y_{i(4)t} + y_{i(4)(t+1)} + y_{i(4)(t+2)} + y_{i(4)(t+3)} \\ + y_{i(4)(t+4)} + y_{i(4)(t+5)} \\ + y_{i(4)(t+6)} \geq 1, \forall i \in N, \forall t = 1, 2, \dots, 24 \in T.$$

7. Setiap perawat mendapat jatah libur minimum 5 hari dalam satu periode penjadwalan.

$$\sum_{t=1}^{30} y_{i(4)t} \geq 5, \forall i \in N.$$

8. Setiap perawat pelaksana sebaiknya ditugaskan tidak lebih dari 2 (dua) shift malam secara berurutan.

$$y_{i(3)t} + y_{i(3)(t+1)} + y_{i(3)(t+2)} \leq 2, \forall i \in N, i \neq 1, t = 1, 2, \dots, 28 \in T.$$

9. Penjadwalan perawat sebaiknya meminimalkan adanya pola off-on-off.

$$y_{i(4)t} + \sum_{s=1}^3 y_{is(t+1)} + y_{i(4)(t+2)} - \mu_{it}^4 \\ \leq 2, \forall i \in N - \{1\}, t = 1, 2, \dots, 28 \in T.$$

10. Penjadwalan perawat sebaiknya meminimalkan adanya pola on-off-on.

$$\sum_{s=1}^3 y_{ist} + y_{i(4)(t+1)} + \sum_{s=1}^3 y_{is(t+2)} - \mu_{it}^5 \\ \leq 2, \forall i \in N - \{1\}, t = 1, 2, \dots, 28 \in T.$$

Kendala nonnegatif

$$\omega_i, d_i^+, d_i^- \geq 0 \\ \text{dengan } i = 1, \dots, 5.$$

Hasil Output Program

Dengan menggunakan software LINGO 11.0 versi *unlimited* di mana bobot yang diberikan untuk setiap *goal* bernilai sama, yaitu satu, diperoleh solusi optimal global, dengan nilai objektif = 23, banyaknya variabel adalah 3615, dan banyaknya kendala adalah 4590.

Berdasarkan output program LINGO, diperoleh

1. Nilai pinalti dari preferensi perawat terkait pemilihan shift kerja yang melebihi target pembuat keputusan adalah sebesar 3. Dengan perkiraan awal total nilai pinalti dari preferensi perawat terkait pemilihan shift kerja adalah sebesar 20. Hasil program menunjukkan terdapat kelebihan nilai pinalti sebesar 3 yang diminimumkan.
2. Nilai pinalti dari preferensi perawat terkait pemilihan hari libur yang melebihi target pembuat keputusan adalah sebesar 6. Dengan perkiraan awal total nilai pinalti dari preferensi perawat terkait pemilihan hari libur adalah sebesar 35. Hasil menunjukkan terdapat kelebihan nilai pinalti sebesar 6 yang diminimumkan.
3. Nilai pinalti dari penugasan kepala perawat pada shift selain shift pagi yang melebihi target pembuat keputusan adalah sebesar 0. Penyelesaian ini mengindikasikan tidak adanya nilai pinalti yang dihasilkan dari penugasan kepala perawat pada shift selain shift pagi, artinya, kepala perawat selalu ditugaskan pada shift pagi selama periode penjadwalan.
4. Nilai pinalti dari adanya *off-on-off* yang melebihi target pembuat keputusan adalah sebesar 1. Dengan perkiraan awal total nilai pinalti dari adanya pola *off-on-off* adalah sebesar 1. Penyelesaian ini mengindikasikan bahwa terdapat kelebihan nilai pinalti sebesar 1 yang diminumkan dari adanya pola *off-on-off* yang melebihi target pembuat keputusan.
5. Nilai pinalti dari adanya *on-off-on* yang melebihi target pembuat keputusan adalah sebesar 13. Dengan perkiraan awal total nilai pinalti dari adanya pola *on-off-on* adalah sebesar 15. Hasil menunjukkan bahwa terdapat kelebihan nilai pinalti sebesar 13 yang diminumkan.

Dari hasil output program diperoleh penjadwalan perawat ICU di RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso Wonogiri selama satu bulan, di mana semua kendala dari model penjadwalan perawat dengan mempertimbangkan preferensi perawat dapat dipenuhi pada penyelesaian ini.

PENUTUP

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, diperoleh beberapa kesimpulan bahwa model penjadwalan

perawat dengan beberapa fungsi objektif dibawa ke dalam bentuk *single objective* dengan pendekatan *GP*. Dengan beberapa kendala yang ada, target (*goal*) dapat dioptimalkan dengan memminimumkan variabel simpangan tanpa mengabaikan peraturan rumah sakit dan preferensi perawat, sehingga diperoleh penjadwalan perawat yang memenuhi keinginan manajemen rumah sakit serta perawat. Hasil komputasi penjadwalan *GP* dengan bantuan *software* LINGO menunjukkan bahwa semua kendala dari model penjadwalan perawat dengan mempertimbangkan preferensi perawat dapat dipenuhi pada penyelesaian ini. Model penjadwalan perawat multiobjektif dengan pendekatan *GP* yang telah disusun bersifat fleksibel, yakni terdapat beberapa variabel dengan nilai yang dapat diubah sesuai dengan kebijakan setiap rumah sakit yang terkadang berbeda satu sama lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Awadallah, M. A., Khader, A. T., Al-Betar, M. A., & Bolaji, A. L. 2011. Nurse Scheduling Using Harmony Search. *Sixth International Conference on Bio-Inspired Computing: Theories and Applications*, 58-63.
- Azaiez, M. N. & Sharif , S. S. A. 2005. A 0-1 Goal Programming Model for Nurse Scheduling, *Elsevier: Computer and Operation Research*, 32(3): 491-507.
- Bangchi, T. P. 1999. *Multiobjective Scheduling by Genetics Algorithms*. New York: Springer.
- Bard, J. F. & Purnomo, H. W. 2005. Preference Scheduling for Nurses Using Column Generation. *European Journal of Operation Research*, 164: 510-534.
- Bard, J. F. & Purnomo, H. W. 2007. Cyclic Preference Scheduling of Nurses Using Lagrangian-based Heuristic. *J Sched*, 10: 5-23.
- Castillo, I., Joro, T., & Li, Y. Y. 2009. Workforce scheduling with multiple objectives. *European Journal of Operational Research*, 196(1), 162-170.
- Downsland, K. A. & Thompson, J. M. 2000. Solving a Nurse Scheduling Problem with Knapsack, Networks, and Tabu Search. *Journal of the Operational Research Society*, 51: 825-833.
- Ferland, J. A., Berrada, I., Nabli, I., Ahiod, B., Michelon, P., Gascon, V., & Gagné, É. 2001. Generalized assignment type goal programming problem: Application to nurse scheduling. *Journal of Heuristics*, 7(4), 391-413.

- Ignizio, J . P. 1985. *Introduction to Linear Goal Programming*. SAGE Publications, Inc. United State.
- Kim, S. J., Ko, Y. W., Uhm, S., Kim, J. 2014. A Strategy to Improve Performance of Genetic Algorithm for Nurse Scheduling Problem. *International Journal of Software Engineering and Its Application*, 8(1): 53-62. <http://dx.doi.org/10.14257/ijseia.2014.8.1.05>.
- Legrain, A., Bouarab, H., & Lahrichi, N. 2015. The nurse scheduling problem in real-life. *J. Med. Syst.*, 39:160. <https://doi.org/10.1007/s10916-014-0160-8>.
- Lim, G. J. , Mobasher, A., & Cote, M. J. 2012. Multi-objective Nurse Scheduling Model with Patient Workload and Nurse Preferences. *Journal of Management*, 2(5):149-160.
- Maenhout, B. & Vanhouche, M. 2007. An Electromagnetic Meta-heuristic for The Nurse Scheduling Problem. *J Heuristic*, 13: 359-385.
- Maenhout, B. & Vanhouche, M. 2013. An integrated nurse staffing and scheduling analysis for longer-term nursing staff allocation problems. *Omega*, 41(2): 485-499. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.01.002>.
- Martinelly, C. D., Baptiste, P., & Maknoon, M. Y. 2014. An Assessement of The Integration of Nurse Timetable Changes with Operating Room Planning and Scheduling. *International Journal of Production Research*, 52(24): 7239-7250. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.916827>.
- Moz, M. & vas Pato, M. 2003. An Integer Multicommodity Flow Model Applied to The Rostering of Nurse Schedules. *Annals of Operations Research*, 119: 285-301.
- Todorovic, N & Petrovic, S. 2013. Bee colony optimization algorithm for nurse rostering. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6301778>.
- Yilmaz, E. 2012. A mathematical programming model for scheduling of nurses' labor shifts. *J. Med. Syst.*, 36(2): 491-496.
- Wong, T., Xu, M., Chin, K. 2014. A two-stage heuristic approach for nurse scheduling problem: A case study in an emergency department. *Comput. Oper. Res.*, 51: 99-110.