

# PEMODELAN PERMASALAHAN PENJADUALAN JURURAWAT MENGGUNAKAN PENGATURCARAAN KEKANGAN DAN KEKANGAN KEADILAN

Ridhwan Hassan, Prof Dr Masri Ayob

Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 UKM Bangi, Selangor Malaysia.

p1103466@siswa.ukm.edu.my, masri@ukm.edu.my

## ABSTRAK

*Permasalahan penjadualan jururawat adalah satu aspek yang besar bukan sahaja dalam kesihatan. Masalah ini merangkumi industri-industri lain seperti industri telekomunikasi, industri pembuatan, industri hospitaliti dan lain-lain. Penggunaan kaedah pembuatan jadual pekerja adalah memakan masa dan kebanyakan masa tidak dapat menghasilkan jadual kerja yang optimum yang dapat menyelaraskan beban kerja, kepuasan individu pekerja serta memenuhi kehendak undang-undang. Penggunaan algoritma dan model matematik sering kali dapat menghasilkan jadual kerja yang lebih optimum dalam masa yang amat singkat serta dapat memenuhi kehendak industri dan individu. Menerusi kajian ini, pihak kami cuba untuk menghasilkan satu model penjadualan jururawat di sebuah jabatan pembedahan di sebuah Hospital di Lembah Klang menggunakan pengaturcaraan kekangan. Kami juga mencadang satu algoritma yang dapat memenuhi aspek keadilan dalam penghasilan jadual. Menerusi kajian ini, dapat dibuktikan bahawa menggunakan pengaturcaraan kekangan dan kekangan keadilan, jadual kerja yang dihasilkan dapat memberikan individu atau jururawat lebih masa rehat diantara syif kerja. Dengan itu, dapat mengurangkan beban kerja individu jururawat serta membantu dalam mengurangkan kesan sampingan kesihatan akibat bekerja syif malam yang berpanjangan.*

**Kata kunci:** Penjadualan, permasalahan penjadualan jururawat, optimisasi kombinasi, pengaturcaraan kekangan

## I. PENGENALAN

Di Eropah dan Amerika Syarikat, dianggap bahawa terdapat 15% hingga 30% orang bekerja dalam kerja syif dan bilangan ini dijangka meningkat (Cheng et al. 2019). Mereka yang bekerja dalam kerja syif adalah sensitif kepada perubahan jadual. Penjadualan yang tidak optima dalam jangka masa panjang boleh menyebabkan masalah kesihatan jangka masa panjang dan juga jangka masa pendek. Daripada jumlah ini, dianggarkan dalam 20% dari pekerja syif menunjukkan simptom-simptom berkait dengan Shift Work Disorder (SWD)

(Scott 2000). Dari aspek keperluan ekonomi, kerja syif adalah penting bagi memastikan perkhidmatan kecemasan dan perkhidmatan asas dapat di salurkan kepada masyarakat awam dan organisasi memerlukan pekerja syif untuk menyampaikan perkhidmatan.

Namun begitu, keperluan individu juga perlu diambil kira seperti waktu rehat yang mencukupi dan permintaan cuti serta waktu rehat. Ini menyebabkan banyak faktor selain faktor keperluan organisasi yang perlu dipertimbangkan oleh pegawai yang membuat jadual waktu kerja atau syif. Dengan penambahbaikan sistem penjadualan beban kerja jururawat dapat diketengahkan dengan lebih baik dan dapat meningkatkan kualiti perkhidmatan kesihatan (Ang et. al., 2017).

Manusia boleh memproses sehingga 3 pemboleh-ubah dalam membuat sesuatu keputusan untuk menyelesaikan masalah, namun begitu proses ini menjadi lebih sukar sekiranya bilangan pemboleh ubah melebihi 3 (Halford et al. 2005). Untuk mengeluarkan satu jadual, terdapat beberapa pertimbangan yang kompleks harus diambil kira seperti keperluan bilangan jururawat untuk setiap syif, keperluan untuk jururawat yang berkemahiran tertentu pada setiap syif, dan mematuhi peraturan yang telah ditetapkan oleh jabatan atau organisasi masing-masing. Oleh itu, penggunaan teknologi dan algoritma adalah antara cara yang terbaik untuk merapatkan jurang kelemahan penjadualan secara manual.

## **II. PERNYATAAN MASALAH DAN PERSOALAN KAJIAN**

Dalam permasalahan penjadualan jururawat Jabatan Pembedahan di sebuah hospital Lembah Klang, terdapat juga kajian terdahulu yang mencadangkan model penjadualan yang memenuhi keperluan penjadualan jabatan (Hadwan & Ayob, 2009). Namun begitu, terdapat juga aspek keadilan individu yang perlu diambil kira dalam membina sesebuah jadual. Penambahbaikan model dari segi keadilan jangka masa panjang dan pendek dapat meningkatkan tahap kepuasan jururawat terhadap jadual yang dikeluarkan. Tambahan juga, sejak cadangan model tersebut dikeluarkan terdapat perubahan dari aspek penambahan syif serta kekangan yang memenuhi kehendak individu jururawat seperti pengagihan yang adil bagi syif hujung minggu dan sebagainya.

Penggunaan sistem penjadualan manual kebiasaannya menghasilkan jadual yang tidak optimum dan berkemungkinan berat sebelah. Dalam pada itu, penggunaan sistem automasi atau model penjadualan juga tidak semestinya dapat mengeluarkan jadual yang adil dan

saksama. Oleh yang demikian persoalan penyelidikan yang boleh digarap melalui kajian ini adalah;

1. Apakah reka bentuk model permasalahan penjadual jururawat yang dapat memastikan keadilan terhadap individu dan juga memenuhi keperluan sebuah organisasi?
2. Bagaimanakah teknik pengaturcaraan kekangan keadilan dapat diimplementasikan dalam satu model permasalahan penjadualan jururawat?

### III. OBJEKTIF KAJIAN

Tujuan penyelidikan ini diadakan pada dasarnya adalah untuk mengkaji penggunaan kaedah pengaturcaraan kekangan dan implementasi kekangan keadilan dalam membangunkan model permasalahan penjadualan jururawat (NSP) di Jabatan Pembedahan di sebuah hospital dalam Lembah Klang. Di antara objektif yang lebih khusus adalah seperti yang berikut:

1. Untuk mereka bentuk pemodelan pengaturcaraan kekangan bagi menyelesaikan permasalahan penjadualan jururawat.
2. Untuk mengimplementasi model pengaturcaraan kekangan penjadualan yang telah direka bentuk.

### IV. KAJIAN KESUSASTERAAN

Kajian kesusasteraan dijalankan berdasarkan kaedah pendekatan penjadualan jururawat, jenis kerangka penyelesaian yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penjadualan dan kajian berkaitan jenis-jenis fungsi objektif yang digunakan penyelidik dalam membina jadual yang lebih adil. Keputusannya adalah seperti dalam jadual berikut.

*Jadual 4.1: Dapatan dari kajian kesusasteraan berkaitan kaedah-kaedah pendekatan permasalahan penjadualan jururawat*

<b>Pengkaji</b>	<b>Pendekatan</b>	<b>Algoritma kajian</b>	<b>Kesimpulan</b>
Ingels & Maenhout, (2017)	Permasalahan penjadualan sendiri	Heuristik	Boleh laksana dengan penyelarasan heuristik
Wynendaele et. al.,	Permasalahan	Heuristik	Boleh laksana dengan

(2023)	penjadualan sendiri		penyelerasan manual
Ásgeirsson et. al., (2014)	Permasalahan penjadualan sendiri	Heuristik	Boleh laksana dengan kekangan yang mencukupi. Namun, keperluan yang lebih kompleks terpaksa bergantung kepada pemodelan integer bercampur
Rönnerberg et. al. (2009)	Permasalahan penjadualan pilihan	Pengaturcaraan kekangan	Boleh laksanaan dengan penyelerasan manual
Lin et. al. (2015)	Permasalahan penjadualan pilihan	<i>Memetic</i>	Boleh laksana
Alkallak et. al. (2021)	Permasalahan penjadualan kitaran	Heuristik	Boleh laksana dalam saiz jururawat yang dikaji

*Jadual 4.2: Dapatan dari kajian kesusasteraan berkaitan jenis kerangka penyelesaian yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penjadualan jururawat*

<b>Pengkaji</b>	<b>Kerangka penyelesaian</b>	<b>Metodologi</b>	<b>Kesimpulan</b>
Baptiste et al. (2006)	Pengaturcaraan kekangan	Menggunakan fungsi objektif maksimum dan minimum	Boleh laksana
Naderi et. al. (2021)	Pengaturcaraan kekangan vs pengaturcaraan integer bercampur	Membandingkan 11 permasalahan optimisasi termasuk NSP	Boleh laksana, kualiti penyelesaian pengaturcaraan kekangan adalah lebih baik
Naderi et. al. (2021)	Pengaturcaraan kekangan dan pengaturcaraan integer bercampur	Merangka model penjadualan dewan bedah hospital	Penjadualan yang dapat meningkatkan kapasiti pembedahan sebanyak 40%
Malapert et al. (2012)	Pengaturcaraan kekangan	Merangka model permasalahan penjadualan mesin	Boleh laksana dan mampu menghasilkan kualiti penyelesaian
Samarghandi et al. (2017)	Pengaturcaraan kekangan dan pengaturcaraan integer bercampur	Merangka model permasalahan penjadualan mesin	Pengaturcaraan kekangan mempunyai prestasi lebih baik
Pour et al. (2018)	Pengaturcaraan kekangan dan pengaturcaraan integer bercampur	Merangka model penjadualan kru	Pengaturcaraan dapat menghasilkan solusi awal sebagai input kepada penyelesaian

---

pengaturcaraan integer  
bercampur

---

*Jadual 4.3: Dapatan dari kajian kesusasteraana berkaitan jenis-jenis objektif keadilan yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penjadualan jururawat*

<b>Pengkaji</b>	<b>Kerangka penyelesaian</b>	<b>Metodologi</b>	<b>Objektif keadilan</b>
Nasir et. al. (2021)	Pengaturcaraan <i>goal</i>	Pemodelan permasalahan penjadualan jururawat Hospital Shah Alam	Pengagihan syif petang dan pagi sebanyak 20% dan 30%.
Böðvarsdóttir et. al. (2021)	Pengaturcaraan integer bercampur	Pemodelan permasalahan penjadualan jururawat	Ganjaran kepada syif yang dipohon Pengagihan berdasarkan beban kerja dan syif tidak popular
Ozder et. al. (2021)	Pengaturcaraan kekangan	Pemodelan permasalahan penjadualan kru pusat jana kuasa	Pengagihan berdasarkan syif tidak popular
Soriano et. al. (2020)	Pengaturcaraan integer bercampur	Pemodelan permasalahan penjadualan jururawat	Agihan permohonan syif, syif tidak adil
Klyve et. al. (2022)	Pengaturcaraan integer bercampur	Pemodelan permasalahan penjadualan jururawat menggunakan model kitaran tidur biologi individu	Pengagihan syif berdasarkan tahap kepenatan individu
Osman et. al. (2019)	Heuristik	Pemodelan permasalahan penjadualan jururawat	Agihan syif sama rata bagi setiap jururawat
Ouelhadj et. al. (2012)	Pengaturcaraan kekangan	Pemodelan permasalahan penjadualan jururawat di Hospital Belgium	Agihan syif yang sama rata berdasarkan bilangan jam
Hadwan & Ayob (2009)	Pengaturcaraan integer bercampur	Pemodelan permasalahan penjadualan jururawat di HCTM	Agihan syif yang sama rata

---

Kesimpulan dari kajian kesusasteraan yang dijalankan adalah pendekatan penjadualan secara kitaran dapat memberi penyelesaian tanpa penyelerasan manual, manakala dari penggunaan penyelesaian pengaturcaraan kekangan mempunyai prestasi yang baik dan akhir sekali, antara fungsi objektif yang digunakan dalam menghasilkan penjadualan yang lebih

adil adalah pengagihan syif yang adil, pengagihan syif berdasarkan syif yang tidak popular dan juga berdasarkan bilangan jam kerja jururawat.

## V. METODOLOGI

Antara perkara-perkara yang penting dalam mereka bentuk satu model yang boleh menyelesaikan permasalahan penjadualan menggunakan pengaturcaraan kekangan ialah pernyataan parameter asas model, pernyataan kekangan keras, kekangan lembut, dan fungsi objektif.

### 1. Kaedah pengumpulan maklumat

Proses pengumpulan maklumat adalah salah satu proses yang penting dalam mendapatkan keperluan pemodelan jadual jururawat. Antara komponen penting dalam proses ini adalah sesi temu bual separa berstruktur bersama ketua jururawat Jabatan Pembedahan dan data jadual yang telah dikeluarkan. Soalan-soalan temu bual adalah berdasarkan keperluan-keperluan dan kekangan yang biasa digunakan dalam membina model kekangan dalam isu permasalahan penjadualan jururawat seperti yang telah dirumuskan oleh Ngoo et. al., (2022) seperti dalam Jadual 5.1. Protokol temu bual adalah seperti yang disenaraikan dalam Rajah 5.1.

Jadual 5.1: Kekangan yang kerap dikaji oleh penyelidik menurut Ngoo et. al. (2022)

No.	Kekangan
1	Jumlah minimum atau maksimum beban kerja
2	Jumlah minimum atau maksimum bilangan hari bekerja secara berturut-turut
3	Jumlah minimum atau maksimum bilangan hari cuti secara berturut-turut
4	Jumlah minimum atau maksimum bilangan hari bekerja syif sama secara berturut-turut
5	Jumlah minimum atau maksimum bilangan hari bekerja pada hujung minggu
6	Jumlah minimum atau maksimum bilangan hari bekerja pada hujung minggu secara berturut-turut
7	Jumlah minimum atau maksimum bilangan hari bekerja syif secara kitaran
8	Jumlah minimum atau maksimum waktu rehat antara syif kerja
9	Jumlah minimum, maksimum, atau tepat bilangan jam bekerja
10	Kategori kemahiran jururawat
11	Keperluan jururawat
12	Rekod sejarah syif jururawat
13	Jenis pengagihan syif jururawat
14	Permohonan jururawat untuk hari kerja atau syif
15	Permohonan jururawat untuk hari cuti

- 
- |    |  |
|----|--|
| 16 | Permohonan cuti pada hari cuti am, kelepasan tahunan atau kelepasan kecemasan                                |
| 17 | Kekangan antara jururawat individu atas sebab peribadi   |
| 18 | Kekangan syif – contohnya seperti syif yang tidak boleh diberikan secara berturut kepada jururawat yang sama |
- 

## 2. Kaedah reka bentuk parameter asas model, kekangan keras, kekangan lembut,

<p><b>Parameter model</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Berapakah bilangan jururawat dalam kumpulan yang sebahagian dari jadual?</li> <li>2. Apakah syif-syif yang terdapat dalam satu jadual?</li> <li>3. Apakah durasi jadual yang biasa dikeluarkan?</li> <li>4. Bagaimana proses pengeluaran sebuah jadual?</li> </ol> <p><b>Kekangan jadual</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apakah kemahiran-kemahiran atau kekananan yang diperlukan semasa penjadualan?</li> <li>2. Berapakah jumlah jururawat yang diperlukan dalam setiap syif?</li> <li>3. Apakah had bilangan syif yang boleh dijalankan oleh seseorang jururawat?</li> <li>4. Apakah jenis-jenis urutan syif yang terdapat dalam jadual</li> <li>5. Apakah urutan-urutan syif yang diperlukan dalam jadual jururawat?</li> </ol> <p><b>Kekangan keadilan</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apakah syif-syif yang tidak popular dikalangan jururawat?</li> </ol>
---

Rajah 5.1: Protokol temu bual

### fungsi objektif dan kekangan keadilan

Melalui maklumat yang dikumpulkan sewaktu proses temu bual bersama ketua jururawat, parameter asas model akan diambil daripada bilangan jururawat yang wujud dalam kumpulan, jenis-jenis syif yang wujud dalam sistem penjadualan jururawat jabatan, kemahiran yang wujud antara jururawat, serta tempoh penjadualan yang biasa dikeluarkan.. Maklumat-maklumat tersebut kemudiannya akan diterjemahkan ke kerangka pengaturcaraan kekangan dan kerangka pengaturcaraan *Google OR-Tools*.

## 3. Kaedah Implementasi Model Pengaturcaraan Kekangan

Objektif seterusnya merupakan implementasi model pengaturcaraan kekangan bagi model penjadualan jururawat Jabatan Pembedahan. Implementasi model ini akan dijalankan menggunakan kerangka perisian *Google OR-Tools*. Kerangka ini merupakan kerangka pengaturcaraan kekangan yang berasaskan kerangka perisian *Python*. Kajian ini

diimplementasikan dengan menggunakan peranti sistem Windows 10, yang mempunyai spesifikasi CPU i7 4.2GHz dengan 16GB RAM. Kerangka pengaturcaraan pemodelan akan dijalankan dengan kerangka *Python 3.8* dan perisian *Google OR-Tools*, serta *Holidays* yang mempunyai maklumat hari dan tarikh cuti am bagi negara Malaysia. Manakala pengaturcaraan akan dijalankan dalam IDE *Jupyter Notebook*. Antara hasil dari objektif ini juga adalah demonstrasi keputusan model penjadualan.

#### 4. Kaedah Penilaian Model

Dalam fasa ini, antara fokus utama adalah dalam mengkaji teknik dan algoritma yang digunakan dalam pengaturcaraan kekangan dalam mereka bentuk model permasalahan penjadualan jururawat bagi Jabatan Pembedahan Hospital Universiti Kebangsaan Malaysia. Antara kriteria yang akan dikaji adalah keberkesanan model dalam mengeluarkan jadual jururawat adalah seperti yang berikut.

##### i. Kaedah menilai kebolehlaksanaan model dan kualiti penyelesaian model

Kriteria ini melihat keupayaan model dalam memenuhi kesemua kekangan keras. Sekiranya model tidak dapat memenuhi kesemua kekangan, tiada penyelesaian yang dapat dijumpai kerana permasalahan model adalah tidak boleh laksana. Dalam memilih kebarangkalian kombinasi-kombinasi pemboleh ubah, nilai penalti atau ganjaran bagi setiap keputusan yang telah diambil akan dijumlahkan dan jumlah ini merupakan kualiti bagi setiap penyelesaian.

$$\min \sum W_{kekangan\ 1} + \dots + \sum W_{kekangan\ n} \quad \dots (4.1)$$

Pencarian kualiti penyelesaian yang optimum adalah seperti contoh formula di atas berkaitan proses meminimumkan untuk bagi setiap jumlah pemberat untuk setiap kekangan. Hasil dari pengiraan kualiti penyelesaian dari kekangan-kekangan yang telah dinyatakan ini, model juga akan usaha untuk mencari nilai yang paling optimum, berdasarkan fungsi objektif yang telah ditetapkan.



**ii. Kaedah menilai kekangan lembut, kekangan keadilan dan jumlah waktu jurang antara syif**

Tambahan dari menganalisis kualiti penyelesaian, prestasi dari kekangan lembut, dan kekangan keadilan juga akan dianalisis dengan proses pengiraan pelanggaran dan analisis statistik seperti purata bilangan hari pengagihan dan jurang bilangan hari pengagihan syif. Kemudian, teknik visualisasi seperti *box plot* digunakan untuk memberi gambaran distribusi agihan syif dengan baik. Tambahan itu, Paech et. al. (2008) dalam kajian mereka ada menyatakan bahawa waktu rehat antara syif juga merupakan satu metrik yang boleh dinilai kerana ia berhubung rapat dengan jumlah waktu tidur atau *total sleep time* (TST) di mana semakin tinggi waktu antara syif, semakin tinggi waktu TST. Hal ini dapat memberi kesan yang positif terhadap kesihatan am jururawat.

## **VI. KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

Hasil dari sesi temu bual tersebut sedikit sebanyak dapat memberi gambaran yang lebih jelas berkenaan kekangan-kekangan yang terdapat dalam jadual serta proses yang diperlukan dalam membina jadual kerja jururawat. Proses ini digambarkan dalam Lampiran 1 Rajah A yang menggambarkan carta alir proses pembinaan sesebuah jadual dalam Jabatan Pembedahan. Tambahan juga, jenis-jenis syif dan hari kelepasan yang terlibat dalam membina jadual kerja jururawat Jabatan Pembedahan HSP adalah seperti dalam Jadual 5.2. Pengagihan cuti adalah seperti yang berikut; cuti tahunan hanya akan diagih sekiranya dipohon oleh jururawat, manakala hari kelepasan biasa akan diagihkan untuk setiap jururawat satu (1) kali seminggu. Akhir sekali, hari kelepasan am hanya akan diberi sewaktu cuti am. Sewaktu cuti am, keperluan bilangan jururawat bagi hari cuti am adalah sama seperti sewaktu hujung minggu.

Para jururawat juga mempunyai kemahiran yang berbeza, iaitu para jururawat mempunyai dua (2) peringkat kemahiran yang berbeza, iaitu jururawat terlatih dan jururawat tidak terlatih. Bagi Jabatan Pembedahan ini terdapat 6 jururawat terlatih dan 4 jururawat tidak terlatih. Selain daripada itu, jadual kumpulan jururawat Jabatan Pembedahan bagi bulan Julai 2022 juga telah dikumpulkan dan dimuat naik dalam struktur data yang sesuai untuk menjadi input model. Selain itu, hasil dari sesi temu bual juga mendapati bahawa terdapat beberapa

syif yang kurang popular di antara para jururawat iaitu syif pagi tambahan masa, apa-apa syif yang jatuh pada hari hujung minggu, pra-hujung minggu, dan hari kelepasan am.

*Jadual 5.2: Jenis syif dan hari cuti jururawat Jabatan Pembedahan*

Syif	Waktu mula	Waktu tamat	Singkatan
Pagi	7 pagi	2 petang	AM
Pagi tambahan masa	7 pagi	5 petang	AMS
Petang	2 petang	9 malam	PM
Malam	9 malam	7 pagi	N
Kelepasan malam	Selepas tamat syif malam		NO
Hari kelepasan biasa	Seharian		DO
Hari kelepasan am	Seharian		DOP
Cuti tahunan	Seharian		AL

## 1. Reka Bentuk Dan Kekangan Model

Bahagian ini membincangkan hasil dapatan dalam memenuhi objektif 1 iaitu reka bentuk pemodelan pengaturcaraan kekangan. Dalam membina satu reka bentuk model pengaturcaraan kekangan permasalahan penjadualan, beberapa nilai awal perlu diambil kira dan diterjemahkan dalam bahasa yang mudah difahami model. Walaupun antara kelebihan pengaturcaraan kekangan adalah ia dapat juga mengambil kira pelbagai masalah, namun setiap kekangan dan persempadanan model perlu dinyatakan dengan eksplisit. Oleh yang demikian, terdapat beberapa maklumat yang diperlukan dalam mereka bentuk model penjadualan tersebut.

## 2. Parameter Asas Model

Seperti yang telah diperincikan, model penjadualan melibatkan 10 jururawat, 6 jururawat terlatih dan 4 jururawat bukan terlatih. Jadual melibatkan syif pagi, pagi lebihan masa, petang, dan syif malam. Tambahan, terdapat juga beberapa jenis hari kelepasan seperti kelepasan malam, hari kelepasan biasa, cuti tahunan, dan cuti tahunan. Maklumat syif ini boleh dilihat dengan lebih jelas dalam Jadual 5.2. Dari aspek pemodelan pengaturcaraan kekangan, pemboleh ubah direka untuk mengambil kira kesemua parameter jururawat, syif, dan juga hari yang terlibat dalam satu jadual. Bagi

membangunkan model penjadualan ini, formulasi model adalah berdasarkan notasi seperti dalam Jadual 5.3.

Jadual 5.3: Notasi formula model penjadualan

Simbol	Penerangan
$J$	$J = \{ \text{jururawat } 1, \text{ jururawat } 2, \dots, \text{ jururawat } n \}$ Set jururawat yang terlibat dalam penjadualan
$S$	$S = \{ AM, AMX, PM, N, NO, DO, DOP, AL \}$ Set syif dan hari kelepasan yang terlibat dalam penjadualan
$D$	$D = \{ \text{hari } 1, \text{ hari } 2, \text{ hari } 3, \dots, \text{ hari } n \}$ Set hari yang terlibat dalam penjadualan
$DT$	$DT \subset D$ $DT$ merupakan set hari jadual yang akan dijana
$DP$	$DP \subset D$ $DP$ merupakan set hari jadual terdahulu yang telah dikeluarkan
$DC$	$DC \subset D$ $DC$ merupakan set tarikh jadual yang merupakan tarikh pra-hujung minggu, kelepasan am, dan hujung minggu
$j$	$j \in J$ $j$ merupakan salah satu elemen dari kesemua jururawat, $J$
$s$	$s \in S$ $s$ merupakan salah satu elemen dari kesemua syif, $S$
$d$	$d \in D$ $d$ merupakan salah satu elemen dari kesemua hari, $D$
$dt$	$dt \in DT$ $dt$ merupakan salah satu elemen dari hari jadual yang akan dijana, $DT$
$dp$	$dp \in DP$ $dp$ merupakan salah satu elemen dari hari jadual terdahulu yang telah dikeluarkan, $DP$
$x$	Pemboleh ubah keputusan
$P_{j,s}$	Pemetaan penalti bagi seseorang jururawat, $j$ untuk sesebuah syif, $s$ .
$p_s$	Penalti bagi setiap syif
$W_{j,kekangan}$	Pemberat bagi setiap jururawat untuk setiap kekangan lembut yang berkaitan
$w_{kekangan}$	Pemberat bagi setiap kekangan lembut dan keadilan

Perhubungan model dan nilai domain bagi setiap pemboleh ubah keputusan,  $x$  adalah berdasarkan formula 5.1.

$$x_{j,s,d} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad \dots (5.1)$$

Di mana  $x_{n,s,d}$  merujuk kepada pemboleh ubah jururawat  $j$ , pada syif  $s$ , pada hari  $d$ .

Sekiranya nilai domain pemboleh ubah ialah 1, bermakna jururawat  $j$  dipilih untuk bekerja syif  $s$ , pada hari  $d$ . Manakala jika nilai ialah 0 maka jururawat  $j$  tidak dipilih untuk syif  $s$  dan hari  $d$ .

### 3. Kekangan Keras Model

Berdasarkan sesi temu bual bersama ketua jururawat, didapati bahawa keperluan jumlah jururawat bagi setiap hari adalah berbeza. Maklumat ini dirumuskan dalam Jadual 5.4. Lanjutan dari maklumat ini, kekangan-kekangan keras yang diperlukan adalah seperti dalam Jadual 5.5.

Jadual 5.4: Bilangan jururawat yang diperlukan untuk setiap syif mengikut hari

Hari \ Syif	Isnin	Selasa	Rabu	Khamis	Jumaat	Sabtu	Ahad	Cuti am
AM	>3	>3	>3	>3	>3	>1	1	1
AMS	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	0	0	0
PM	3	3	3	3	3	1	1	1
N	1	1	1	1	1	1	1	1

Jadual 5.5: Kekangan keras jadual jururawat

Nombor	Penerangan kekangan
H1	Setiap jururawat hanya bekerja satu syif sehari
H2	Setiap jururawat mendapat satu (1) hari kelepasan biasa setiap minggu
H3	Sebanyak satu (1) jumlah jururawat yang diperlukan bagi syif malam untuk setiap hari
H4	Sebanyak satu (3) jumlah jururawat yang diperlukan bagi syif petang untuk hari minggu
H5	Sebanyak satu (1) jumlah jururawat yang diperlukan bagi syif petang untuk hujung minggu
H6	Sebanyak satu (3) jumlah jururawat yang diperlukan bagi syif pagi untuk hari minggu
H7	Sebanyak satu (1) jumlah jururawat yang diperlukan bagi syif pagi untuk hujung minggu
H8	Sebanyak satu (1) hingga dua (2) jumlah jururawat syif pagi yang diperlukan untuk

---

	lebih masa semasa hari minggu.
H9	Sebanyak satu (1) hingga dua (2) jumlah jururawat terlatih yang diperlukan setiap hari bagi syif pagi dan petang
H10	Permohonan yang telah diluluskan perlu diperuntukkan bagi jururawat yang terbabit
H11	Syif malam akan diikuti kelepasan malam
H12	Kelepasan malam hanya selepas syif malam
H13	Jadual terdahulu yang telah dikeluarkan

---

Kekangan H10 dan H13 di implementasi dengan menggunakan formula 5.2.

$$x_{j,s,d} = 1 \quad \dots (5.2)$$

Kekangan H11 yang menyatakan urutan syif malam haruslah diikuti kelepasan malam,  $N$  diikuti oleh  $NO$ . Ini merupakan relaksasi kekangan atau persempadanan yang dibuat berbanding dengan jadual yang biasa dibuat secara manual yang mempunyai urutan syif  $N$  pada hari pertama, kemudian  $N$  pada hari kedua, dan diikuti oleh  $NO$  pada hari ketiga. Perbezaan ini akan dijelaskan dengan lebih lanjut dalam fasa penilaian model.

#### 4. Kekangan lembut model

Berdasarkan sesi temu bual bersama ketua jururawat, antara kekangan lembut yang diperlukan adalah seperti dalam Jadual 5.6. Kualiti jadual yang dikeluarkan dapat dinilai berdasarkan pelanggaran atau pemberian untuk setiap kekangan lembut. Dalam implementasi kekangan-kekangan ini, terdapat 2 kekangan keadilan yang ditambah iaitu kekangan lembut S5, dan kekangan lembut S6.

Jadual 5.6: Kekangan lembut jadual jururawat

---

Nombor	Penerangan kekangan
S1	Jumlah syif malam bagi setiap jururawat adalah sekurang-kurangnya 2 dan maksimum 3 dalam 2 minggu
S2	Cuba untuk memberi syif petang atau hari kelepasan, kelepasan am, atau cuti tahunan selepas urutan syif malam dan kelepasan malam
S3	Cuba untuk tidak memberi syif pagi atau pagi tambahan masa selepas urutan syif malam dan kelepasan malam
S4	Setiap jururawat seharusnya diberi pengagihan syif yang sama
S5	Setiap jururawat tidak akan mendapat tugas syif pagi tambahan dengan berturut-turut

---

---

S6	Setiap jururawat tidak akan mendapat tugas hujung minggu, pra hujung minggu, kelepasan am dengan berturut-turut.
----	--

---

Kekangan S4 merupakan kekangan yang memastikan jumlah bilangan setiap syif untuk setiap jururawat adalah dikekalkan sama sebaik yang mungkin. Ini bermaksud, untuk setiap jenis syif tiada jururawat akan mendapat jumlah pengagihan syif yang terlalu berbeza.

### **i. Urutan syif**

Dalam membina kekangan dan model penjadualan, terdapat beberapa kebarangkalian urutan syif yang tidak diinginkan. Kebarangkalian ini harus dinyatakan dalam model agar ia tidak menimbulkan urutan syif yang tidak memasuki akal. Seperti contoh syif petang yang diikuti oleh kelepasan malam, ataupun pemberian cuti tahunan yang tidak dipohon oleh jururawat. Kebarangkalian urutan syif yang wujud dalam model adalah seperti dalam Jadual 5.7.

*Jadual 5.7: Kekangan urutan syif yang dilarang, digalakkan dan tidak digalakkan*

<b>Urutan yang dilarang</b>	<b>Urutan syif yang digalakkan</b>	<b>Urutan syif yang tidak digalakkan</b>
<i>NO N</i>	<i>N NO DO / DOP</i>	<i>N NO AM</i>
<i>N ¬NO</i>	<i>N NO PM</i>	
<i>¬N NO</i>	<i>N NO AL</i>	
<i>AMS pada hujung minggu dan juga hari kelepasan am</i>	<i>AL DO</i> <i>DO AL</i>	

### **ii. Kekangan keadilan S5 dan S6**

Dalam hasil temu bual bersama ketua jururawat, adalah didapati bahawa antara syif yang tidak popular termasuklah syif pagi tambahan masa, syif yang diagihkan sewaktu hari kelepasan am, hujung minggu dan sehari sebelumnya.

### iii. Tugas syif pagi tambahan masa terdahulu

Sekiranya jururawat telah pun mendapat tugas itu pada jadual terdahulu, satu penalti pemberat akan beri semasa pengagihan syif yang akan datang. Oleh yang demikian, algoritma implementasi kekangan ini melibatkan dua fasa. Fasa pertama merupakan fasa merentasi jadual yang telah dikeluarkan dan sekiranya seseorang jururawat telah menjalankan syif pagi tambahan masa, penalti akan diberikan kepada jururawat tersebut dan maklumat ini disimpan dalam format data pemetaan. Nilai penalti bagi setiap kekangan adalah seperti dalam Jadual 5.8 manakala jumlah penalti bagi setiap jururawat,  $P_{j,AMS}$  dikira dengan formula 5.3

$$P_{j,AMS} = \sum \#x_{j,AMS,dp} \times p_{AMS} \quad \dots (5.3)$$

Secara keseluruhannya, sekiranya seseorang jururawat itu telah melalukan beberapa syif pagi tambahan masa berulang kali, nilai penaltinya akan berganda.

### iv. Tugas syif terdahulu bagi hari kelepasan am, hujung minggu dan pra-hujung minggu

Bersamaan dengan kaedah implementasi kekangan keadilan (i), kekangan ini memberi fokus untuk mengurangkan pengagihan jururawat ke syif yang kurang popular dari aspek hari kelepasan am, sehari sebelum hari kelepasan am, hujung minggu dan sehari sebelum hujung minggu. Oleh demikian, satu set tarikh berkaitan  $DC$  seperti yang disenaraikan dalam Jadual 5.3, merupakan subset kepada garis masa tarikh penjadualan,  $D$  perlu dikumpul untuk dijadikan sebagai rujukan ketika pengiraan penalti berdasarkan tarikh jadual terdahulu  $DP$ . Berdasarkan  $DC$ , pengiraan penalti bagi setiap jururawat  $P_{j,s}$  untuk setiap syif berdasarkan jadual terdahulu akan dikira dengan formula 4.4 berikut. Penalti ini seperti kekangan S5 akan disimpan dalam bentuk data pemetaan. Menurut definisi kekangan S5 dan S6 adalah eksklusif kerana kekangan S5 hanya melibatkan syif AMS yang hanya berlaku ketika hari bekerja dan bukan pada hari kelepasan am dan hujung minggu.

$$P_{j,s} = \sum \#x_{j,s,dp} \text{ jika } dp \in DC \times p_s \quad \dots (5.4)$$

## 5. Fungsi objektif model

Fungsi objektif memberi satu formula pengukuran bagi model untuk menilai solusi yang terdapat dalam ruang penyelesaian supaya solusi yang optimum dapat dicari. Dalam pemodelan penjadualan ini, terdapat proses meminimumkan sesetengah kekangan dan juga proses memaksimumkan sesetengah kekangan. Hal ini menjadikan permasalahan ini satu model optimisasi objektif berbilang. Pemberat bagi setiap kekangan lembut adalah seperti dalam Jadual 5.8 manakala senarai fungsi objektif adalah seperti dalam Jadual 5.9 dan 5.10.

*Jadual 5.8: Senarai pemberat dan penalti*

Jenis	Notasi	Nilai pemberat
Pemberat, $w$	$w_{S1}$	Syif malam = 10
	$w_{S2}$	Syif petang, $PM = 80$
		Hari kelepasan, $DO = 100$
		Cuti tahunan, $AL = 100$
	$w_{S3}$	Syif pagi, $AM = 40$
		Syif pagi tambahan masa, $AMS = 40$
$w_{S4}$	10	
$w_{S5}$	10	
$w_{S6}$	10	
Penalti, $p$	$p_{AMS}$	3
	$p_{Pra-hujung minggu}$	5
	$p_{kelepasan am}$	10
	$p_{hujung minggu}$	10

Pemberat untuk setiap jururawat,  $W_{j,S1}$  bagi setiap kekangan lembut adalah seperti dalam jadual di bawah manakala fungsi objektif bagi model penjadualan adalah seperti dalam jadual.



Jadual 5.9: Senarai formulasi pemberat bagi setiap kekangan lembut

Kekangan	Formulasi pengiraan pemberat
S1	$W_{j,S1} = \sum w_{S1}$ jika $\sum x_{j,N,dt} > 4$ atau $< 2$ ... (5.5)
S2	$W_{j,S2} = \sum w_{S2}$ untuk setiap $\{x_{j,N,dt}, x_{j,NO,dt+1}, x_{j,PM,dt+2}\} = \{1,1,1\}$ ... (5.6)
S3	$W_{j,S3} = \sum w_{S3}$ untuk setiap $\{x_{j,N,dt}, x_{j,NO,dt+1}, x_{j,DO,dt+2}\} = \{1,1,1\}$ ... (5.7)
S4	$W_{j,S4} = \sum w_{S4}$ untuk setiap $\{x_{j,N,dt}, x_{j,NO,dt+1}, x_{j,AM,dt+2}\} = \{1,1,1\}$ ... (5.8)
S5	$W_{j,S5} = w_{S5} \times P_{j,AMS}$ untuk $\{x_{j,AMS,dt}\}$ ... (5.9)
S6	$W_{j,S6} = w_{S6} \times P_{j,s}$ untuk $\{x_{j,s,dt}\}$ di mana $dt \in DC$ ... (5.10)

Jadual 5.10: Senarai fungsi objektif

Nombor	Fungsi objektif
FO1	$\min \forall j \in J \sum W_{j,S1} + \sum W_{j,S4} + \sum W_{j,S5} + \sum W_{j,S6}$ ... (5.11)
FO2	$\max \forall j \in J \sum W_{j,S2} + \sum W_{j,S3}$ ... (5.12)

## 6. Implementasi dan demonstrasi model

Reka bentuk model diimplementasikan dalam kerangka pengaturcaraan *Python 3.8*, *Google OR-Tools*. Perisian penuh model adalah seperti dalam Lampiran B. Menggunakan pemboleh ubah keputusan dari penyelesaian model, satu jadual telah dihasilkan seperti dalam Jadual 5.11. Format jadual ini adalah berdasarkan format yang biasa digunakan dalam Jabatan Pembedahan. Tempoh pengeluaran jadual adalah selama 14 hari bermula 11 Julai 2022 hingga 24 Julai 2022. Jadual yang terdahulu yang telah dikeluarkan oleh Jabatan Pembedahan juga adalah seperti dalam Lampiran B Jadual 1. Jadual yang terdahulu ini digunakan sebagai input dan rujukan untuk model penjadualan memulakan pencarian penyelesaian. Manakala, jadual jururawat yang dikeluarkan secara manual adalah seperti dalam Lampiran B Jadual 2.

Jadual 5.11: Output model penjadualan permasalahan jururawat

	11/7/22	12/7/22	13/7/22	14/7/22	15/7/22	16/7/22	17/7/22	18/7/22	19/7/22	20/7/22	21/7/22	22/7/22	23/7/22	24/7/22
J1	DOP	AL	AMS	N	NO	AL	DO	N	NO	AMS	PM	AM	DO	AM
J2	PM	AL	AM	AM	AMS	DO	N	NO	PM	AMS	PM	PM	AL	DO
J3	DO	PM	PM	PM	AMS	N	NO	PM	N	NO	AMS	DO	AL	PM
J4	DOP	AMS	N	NO	PM	PM	DO	DO	AMS	PM	AM	PM	N	NO
J5	NO	PM	PM	AMS	AM	DO	PM	AM	AM	AM	AL	AL	DO	N
J6	DOP	N	NO	AM	PM	DOP	DO	PM	PM	N	NO	AMS	AM	DO
J7	DOP	AL	AMS	PM	PM	DO	AM	AMS	AM	PM	PM	N	NO	DO
J8	DOP	PM	AM	PM	AM	AM	DO	AMS	AM	AM	N	NO	AL	DO
J9	AM	AM	PM	AM	N	NO	DO	AM	AMS	AM	AL	PM	DO	DOP
J10	N	NO	AM	AMS	AM	DOP	DO	PM	PM	PM	AM	AL	PM	DO

## VII. HASIL PENILAIAN MODEL

Model yang direka bentuk berjaya untuk mengeluarkan satu jadual yang dapat mematuhi kesemua kekangan keras seperti dalam Jadual 5.5. Berdasarkan kekangan yang disenaraikan dalam Jadual 5.6, hasil penyelesaian jadual boleh dinilai dengan mengukur sejauh mana model dapat memenuhi keperluan kekangan-kekangan lembut. Hasil penyelesaian model juga akan dibandingkan dengan hasil penyelesaian jadual yang dibuat secara manual. Antaranya adalah:

### 1. Jumlah syif malam bagi setiap jururawat adalah sekurang-kurangnya 2 dan maksimum 4 dalam 2 minggu

Jadual yang dijana dapat mengagihkan bilangan syif malam antara satu (1) dan dua (2) jumlah bilangan syif dalam 2 minggu. Ini berbeza dengan jadual yang dikeluarkan secara manual yang menunjukkan terdapat juga jururawat yang tidak diagihkan syif malam sehingga dua syif malam dalam masa dua (2) minggu. Berdasarkan Lampiran C Rajah 1 dan Rajah 2, dilihat jurang pengagihan syif malam juga adalah lebih kecil bagi jadual yang dijana model. Ini menunjukkan walaupun kekangan syif malam diubah sedikit, model masih dapat menjana pengagihan syif malam yang lebih adil.

## 2. Cubaan untuk memberi urutan syif secara maksima dan minimum

Keputusan untuk kekangan S2 dan S3 adalah seperti jadual berikut. Bagi kekangan S2 dan S3, model yang dijana algoritma dapat memberi bilangan insiden yang lebih tinggi berbanding jadual yang dibuat secara manual.

Jadual 5.12: Perbandingan bilangan insiden urutan syif kekangan lembut dalam jadual yang dijana model dan jadual manual

Kekangan	Urutan syif	Jadual dijana			Jadual manual		
		Bil. insiden	Jumlah insiden	Peratus insiden (%)	Bil. insiden	Jumlah insiden	Peratus insiden (%)
S2	<i>N,NO,PM</i>	4	13	30.8	1	6	16.7
S3	<i>N,NO,DO</i>	4	13	30.8	2	6	33.3
	<i>N,NO,AL</i>						
S3	<i>N,NO,AM</i>	5	13	38.4	3	6	50
	<i>N,NO,AMS</i>						

## 3. Analisa bagi setiap jururawat diberi pengagihan syif yang sama

Kekangan lembut S4 menyatakan bahawa model penjadualan seharusnya memberi pengagihan yang sama rata untuk setiap syif bagi setiap jururawat. Ini bermaksud, jurang perbezaan dalam pengagihan setiap syif bagi setiap jururawat akan direndahkan. Jurang pengagihan syif dapat dilihat dengan lebih jelas melalui plot kotak dalam Lampiran C Rajah 1 bagi jadual dijana oleh model dan Lampiran C Rajah 2 bagi jadual yang disediakan secara manual. Pertama sekali, sekiranya dibandingkan jurang pengagihan syif dalam jadual dijana secara manual, syif malam *N*, pagi tambahan masa *AMS*, hari kelepasan *DO*, adalah lebih adil pengagihannya dalam jadual yang dijana oleh model. Bagi hari kelepasan, jadual yang dikeluarkan model dapat mengagihkan bilangan hari kelepasan secara tepat iaitu dua (2) hari dalam dua (2) minggu bagi setiap jururawat.

Tambahan juga, bagi syif hari kelepasan am *DOP*, model dapat memberi pengagihan yang lebih berbanding jadual manual. Namun begitu, bagi syif pagi *AM* dan petang *PM*, jurang pengagihan bagi kedua-dua jadual adalah besar, di mana jadual yang dijana model dapat menghasilkan jurang perbezaan syif petang *PM*, yang lebih baik dan jadual manual dapat menghasilkan jurang perbezaan syif pagi *AM* yang lebih baik. Antara perbezaan jurang

syif pagi *AM* dan syif petang *PM* yang besar ini dapat diterangkan dengan keperluan dua syif ini yang lebih besar pada hari minggu dan pendekatan penjadualan secara bukan kitaran yang melakukan pengagihan secara dinamik berbanding penjadualan kitaran yang kurang dinamik.

#### **4. Analisa kekangan keadilan**

Kekangan keadilan yang pertama merupakan kekangan bagi model supaya pengagihan syif pagi lebihan masa yang secara berturut-turut. Prestasi model dalam memenuhi kekangan ini dapat diukur dengan melihat ruang antara syif sebelum mendapat syif itu semula. Berdasarkan Lampiran C Rajah 3, jurang jarak pengulangan syif *AMS* bagi jadual yang dijana model adalah lebih kecil berbanding jadual yang dibuat secara manual. Dalam jadual yang disediakan secara manual, terdapat juga pekerja yang mengulang syif *AMS* dalam masa dua (2) hari. Namun begitu, dengan penggunaan kekangan keadilan jurang pengagihan dapat dikurangkan. Dari segi jumlah bilangan syif *AMS* untuk setiap jururawat, seperti yang dilihat dalam Lampiran C Rajah 1 dan Rajah 2, jadual yang dijana model dapat mengagihkan syif *AMS* dengan lebih adil iaitu dengan jurang satu (1) hingga dua (2) syif dalam masa dua (2) minggu.

Manakala dalam jadual yang dibuat secara manual, dilihat jurang pengagihan agak besar di mana ada sesetengah jururawat yang tidak langsung mendapat syif pagi tambahan masa *AMS* dan sesetengah jururawat yang mendapat sehingga tiga (3) kali syif pagi tambahan masa *AMS* dalam masa dua (2) minggu jadual dikeluarkan. Dari aspek pengagihan syif yang kurang popular pada hari kelepasan am, hujung minggu, dan pra-hujung minggu, Hasil penilaian ini dapat dilihat dari Lampiran C Rajah 4 dan 5 yang menunjukkan purata bilangan hari bagi syif yang diagihkan pada hujung minggu, pra-hujung minggu, dan kelepasan am adalah lebih rendah dalam jadual yang dijana model berbanding dengan jadual yang dihasilkan secara manual.

#### **5. Jumlah waktu jurang antara syif**

Seperti yang telah dibincang dalam Bab III, peningkatan waktu jurang antara setiap syif juga secara langsung meningkatkan waktu rehat bagi pekerja syif dan ini berkadaran dengan *total sleep time* (TST). Oleh yang demikian, perbandingan juga dibuat dengan jadual yang dijana model dan jadual yang dibuat dengan manual untuk melihat perbezaan waktu diantara syif. Mengikut Lampiran C Rajah 6, jadual yang dijana model dapat mengagihkan

syif dan jurang waktu antara setiap syif yang lebih tinggi pada 17.8 jam berbanding jadual yang dibina secara manual pada 16.25 jam. Purata jumlah jam antara syif yang terendah juga adalah lebih tinggi pada 12.6 jam berbanding purata jumlah jam antara syif yang terendah bagi jadual yang dibina secara manual pada 11.3 jam.

Kesimpulannya., hasil dapatan kajian dalam membina satu model permasalahan penjadualan jururawat menggunakan pengaturcaraan kekangan dan kekangan keadilan. Pertama sekali hasil dapatan memnuhi keperluan objektif pertama dengan penghasilan satu reka bentuk pemodelan penjadualan menggunakan pengaturcaraan kekangan. Kemudian, hasil dari implementasi model juga telah dilakukan dengan demonstrasi keputusan jadual. Akhir sekali, objektif ketiga merupakan analisa kualiti penyelesaian yang telah juga dilakukan.

## **VIII. RUMUSAN DAN CADANGAN**

Merujuk kepada objektif umum kajian adalah untuk mengkaji penggunaan kaedah pengaturcaraan kekangan dan implementasi kekangan keadilan dalam membangunkan model permasalahan penjadualan jururawat (NSP) di Jabatan Pembedahan HSP. Sepanjang proses kajian, objektif yang telah ditetapkan dalam proses perancangan penyelidikan juga dapat dicapai. Dalam proses perancangan dan kajian kesusasteraan, perkembangan semasa kajian berkaitan dengan pengaturcaraan kekangan dapat didalami. Selain dari itu, pendekatan-pendekatan yang berbeza dalam menyelesaikan permasalahan penjadualan jururawat juga telah diperhalusi. Manakala dalam proses pengumpulan data , reka bentuk dan demonstrasi model juga dapat meningkatkan pengetahuan dalam membina satu kerangka model berasaskan optimisasi kekangan, termasuk juga pemahaman enjin penyelesai kerangka kekangan.

Akhir sekali, antara penambahbaikan yang boleh dijalankan adalah antaranya menambahbaik kekangan keadilan supaya dapat mengecilkan jurang perbezaan pengagihan syif bagi setiap jururawat, mereka bentuk kekangan permohonan cuti sebagai satu kekangan lembut supaya carta alir proses pengeluaran jadual dari fasa permohonan sehingga pengeluaran jadual dapat dihasilkan oleh model. Antara kaedah yang lebih moden juga boleh digunakan dengan menambah algoritma pembelajaran mesin dalam meningkatkan kualiti penyelesaian

## PENGHARGAAN

Pertama sekali, saya ingin merakam setinggi penghargaan kepada Prof Masri binti Ayob atas sokongan, bimbingan dan tunjuk ajar beliau dalam menyelesaikan kajian saya ini dengan jayanya. Tambahan itu, saya juga ingin berterima kasih kepada ahli keluarga saya atas sokongan dan dorongan yang diberikan selama tempoh pengajian saya.

## REFERENCE

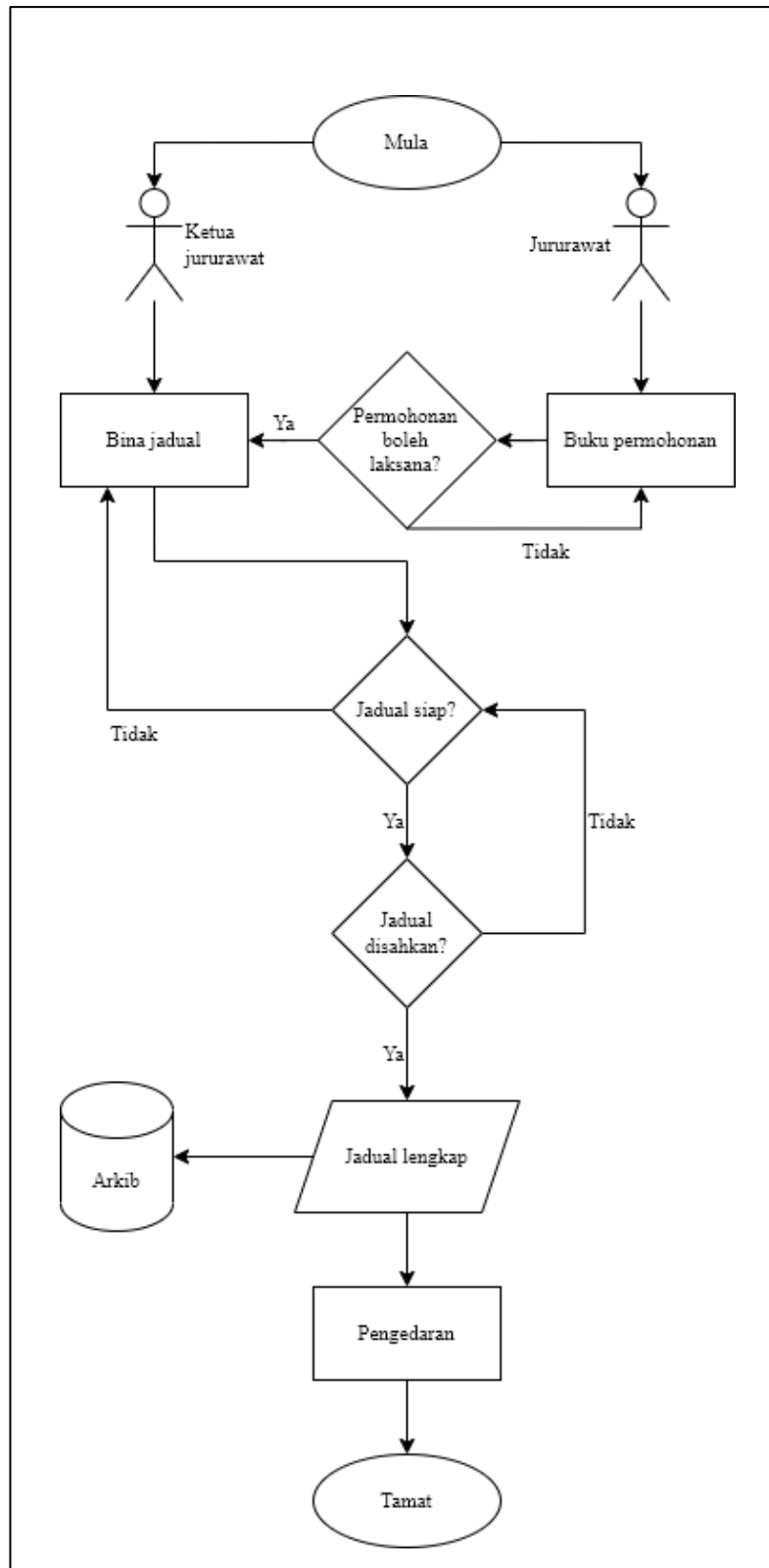
- Abdel-ghany, M.M.M. 2014. Readiness for Change, Change Beliefs and Resistance to Change of Extension Personnel in the New Valley Governorate about Mobile Extension. *Annals of Agricultural Science* 59(2): 297–303.
- Abdellatif, H.J. 2014. ERP in Higher Education : A Deeper Look on Developing Countries. *International Conference on Education Technologies and Computers (ICETC)*, hlm. 73–78.
- Abdinnour-Helm, S., Lengnick-Hall, M.L. & Lengnick-Hall, C.A. 2003. Pre-implementation Attitudes and Organizational Readiness for Implementing an Enterprise Resource Planning System. *European Journal of Operational Research* 146(2): 258–273.
- Abugabah, A., Sansogni, L. & Alfarraj, O.A. 2013. The Phenomenon of Enterprise Systems in Higher Education : Insights From Users. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 4(12): 79–85.
- Ahmadi, S., Papageorgiou, E., Yeh, C. & Martin, R. 2015. Computers in Industry Managing readiness-Relevant Activities for the Organizational Dimension of ERP Implementation. *Computers in Industry* 68(April 2015): 89–104.
- Al-ghamdi, A.S.A. 2013. Change management Strategies and Processes for the Successful ERP System Implementation : A Proposed Model. *International Journal of Computer Science and Information Security* 11(2): 36–41.
- Al-Shamlan, H.M. & Al-Mudimigh, A.S. 2014. The Chang Management Strategies and Processes for Successful ERP Implementation : A Case Study of MADAR. *International Journal of Computer Science (IJCSI)* 8(March 2011): 399–407.
- Aladwani, A.M. 2001. Change Management Strategies for Successful ERP Implementation. *Business Process Management Journal* 7(3): 266–275.
- Aljohani, A., Peng, A. & Nunes, M. 2015. Critical Factors Leading to ERP Replacement in Higher Education Institutions in Saudi Arabia : A Case Study. *iConference 2015 Proceeding*,
- Armenakis, A.A., Bernerth, J.B., Pitts, J.P. & Walker, H.J. 2007. Organizational Change Recipients' Beliefs Scale: Development of an Assessment Instrument. *The Journal of Applied Behavioral Science* 43(4): 481–505.
- Calvert, C. 2006. A Change-Management Model for the Implementation and Upgrade of ERP Systems. *ACIS 2006 Proceedings*,

- Dhafari, Z. Al & Li, M. 2014. Exploring Factors Causing Disparity between Desired and Experienced Effects of Campus ERP Systems. Lund University
- Gliem, J.A. & Gliem, R.R. 2003. Calculating, Interpreting, And Reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient For Likert-Type Scales. *2003 Midwest Research to Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*, hlm. 82–88.
- Haffar, M., Al-Karaghoul, W. & Ghoneim, A. 2014. An Empirical Investigation of the Influence of Organizational Culture on Individual Readiness for Change in Syrian Manufacturing Organizations. *Journal of Organizational Change Management* 27(1): 5–22.
- Herold, D.M., Farmer, S.M. & Mobley, M.I. 1995. Pre-Implementation Attitudes Toward the Introduction of Robots in a Unionized Environment. *Journal of Engineering and Technology Management (JET-M)* 12: 155–173.
- Holt, D.T., Armenakis, A.A., Feild, H.S. & Harris, S.G. 2007. Readiness for Organizational Change: The Systematic Development of a Scale. *The Journal of Applied Behavioral Science* 43(2): 232–255.
- Ibrahim Komoo. 2017. Antara Universiti Awam dan Swasta. *Utusan Malaysia*, <http://www.utusan.com.my/rencana/antara-universiti-awam-dan-swasta-1.432915>
- Javahernia, A. & Sunmola, F. 2017. A Simulation Approach to Innovation Deployment Readiness Assessment in Manufacturing. *Production & Manufacturing Research* 3277(August): 1–9.
- Kalema, B.M.B., Olugbara, O.O. & Kekwaletswe, R.M. 2014. Identifying Critical Success Factors: the Case of ERP Systems in Higher Education. *The African Journal of Information Systems* 6(3): 68–70.
- Kwahk, K. & Lee, J. 2008. Information & Management The Role of Readiness for Change in ERP Implementation : Theoretical Bases and Empirical Validation. *Information & Management* 45: 474–481.
- Linacre, J.M. 2012. *Winsteps Help for Rasch Analysis*. t.tp: t.pt.
- Meissonier, R. & Houze, E. 2010. Toward an “IT Conflict-Resistance Theory”: Action Research During IT Pre-Implementation. *European Journal of Information Systems*(July 2009): 540–561.
- Mohamed Soliman & Noorliza Karia. 2015. Enterprise Resource Planning (ERP) System as an Innovative Technology in Higher Education Context in Egypt. *International Journal of Computing Academic Research (IJCAR)* 4(5): 265–269.
- Motwani, J., Subramanian, R. & Gopalakrishna, P. 2005. Critical Factors for Successful ERP Implementation : Exploratory Findings from Four Case Studies. *Computers in Industry* 56: 529–544.
- Paré, G., Sicotte, C., Poba-nzaou, P. & Balouzakis, G. 2011. Clinicians' Perceptions of Organizational Readiness for Change in the Context of Clinical Information System Projects : Insights from Two Cross-Sectional Surveys. *Implementation Science* 6(15): 1–14.
- Pollock, N. & Cornford, J. 2004. ERP Systems and the University as a “Unique” Organisation. *Information Technology and People* 17(1): 31–52.

- Rabaa'i, A.A., Bandara, W. & Gable, G.G. 2009. ERP Systems in the Higher Education Sector : A Descriptive Case Study. *20th Australian Conference on Information Systems*, hlm. 467-470. Melbourne.
- Raja Mohd Tariqi Raja Lope Ahmad, Zalinda Othman & Muriati Mukhtar. 2011. Campus ERP Implementation Framework for Private Institution of Higher Learning Environment in Malaysia. *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education* 8(1): 1-12.
- Raja Mohd Tariqi Raja Lope Ahmad, Zalinda Othman & Muriati Mukhtar. 2013. Integrating CSF and Change Management for Implementing Campus ERP System. *International Journal of Information Management & Change Management* 6(3): 189-204.
- Raja Mohd Tariqi Raja Lope Ahmad, Zalinda Othman, Muriati Mukhtar, Mohd Fahmi Mohamad Amran, Wan Azlan Wan Hassan Wan Harun, Azhar Hamid & Suziyanti Marjudi. 2016. Awareness, Perception & Barrier: An Empirical Study of Campus ERP Implementation. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* 91(2): 424-432.
- Seo, G. 2013. Challenges in Implementing Enterprise Resource Planning (ERP) System in Large Organizations: Similarities and Differences Between Corporate and University Environment. *MIT SLOAN School of Management*,
- Shea, C.M., Jacobs, S.R., Esserman, D.A., Bruce, K. & Weiner, B.J. 2014. Organizational Readiness for Implementing Change : a Psychometric Assessment of a New Measure. *Implementation Science* 9(7): 1-15.
- Skok, W., Hill, K. & Legge, M. 2001. Evaluating Enterprise Resource Planning (ERP) Systems using an Interpretive Approach. *ACM SIGCPR Conference on Computer Personel Research*, hlm. 189-197.
- Stewart, G. 2000. Organisational Readiness for ERP Implementation. *AMCIS Proceedings*(January): 966-971.
- Sun, H., Ni, W. & Lam, R. 2015. A Step-by-Step Performance Assessment and Improvement Method for ERP Implementation: Action Case Studies in Chinese Companies. *Computers in Industry* 68: 40-52.
- Vakola, M. 2014. What's in there for Me ? Individual Readiness to Change and The Perceived Impact of Organizational Change. *Leadership & Organization Development Journal* 35(3): 195-209.
- Weiner, B.J. 2009. A Theory of Organizational Readiness for Change. *Implementation Science* 4(67): 1-9.
- Yaghoubi, N.M. & Hojatizade, M. 2015. The Effects of Employees Trust on Organizational Commitment in Order to Implementation ERP System. *International Journal of Review in Life Sciences* 5(5): 175-181.



**LAMPIRAN A**  
**CARTA ALIR PEMBINAAN JADUAL**



*Rajah 1: Carta alir pembinaan jadual*

**LAMPIRAN B****DATA JADUAL JABATAN PEMBEDAHAN**

Jadual 1: Jadual terdahulu Jabatan Pembedahan dari 27 Jun 2022 hingga 10 Julai 2022

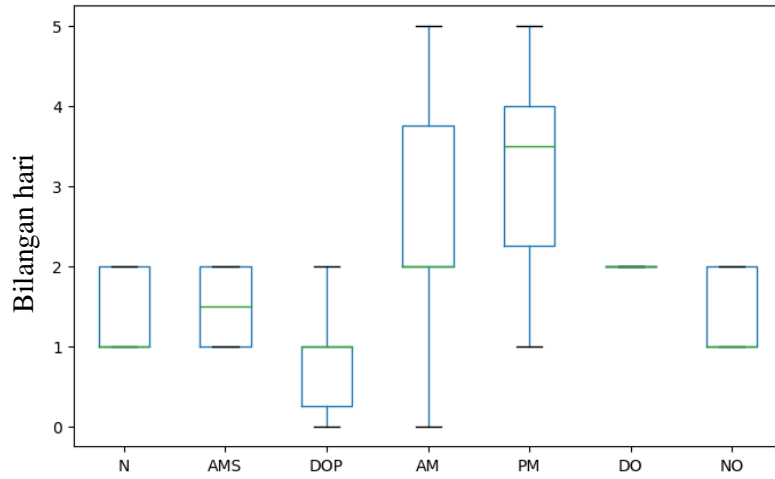
	27/6/22	28/6/22	29/6/22	30/6/22	1/7/22	2/7/22	3/7/22	4/7/22	5/7/22	6/7/22	7/7/22	8/7/22	9/7/22	10/7/22
J1	NO	DO	AMS	AM	AM	AL	DO	PM	PM	PM	PM	PM	PM	DO
J2	AM	AMS	AM	AM	AM	DO	N	N	NO	PM	AMS	AL	DO	DOP
J3	AM	PM	PM	PM	PM	AM	DO	AM	AMS	AM	N	N	NO	DO
J4	PM	PM	PM	AMS	N	N	NO	AMS	AM	AM	AM	AM	DO	DOP
J5	N	N	NO	AM	AMS	DO	PM	PM	PM	PM	PM	PM	N	N
J6	PM	PM	PM	PM	PM	AM	DO	AM	AM	AM	DO	AMS	AM	AM
J7	AM	AMS	N	N	NO	PM	DO	AM	AM	AMS	AM	AL	DO	DOP
J8	AM	AM	AM	AMS	AM	DO	AM	PM	PM	PM	PM	PM	DO	DOP
J9	PM	PM	PM	PM	PM	AM	DO	AM	AMS	AM	AM	AMS	DO	DOP

Jadual 2: Jadual yang dibina secara manual Jabatan Pembedahan dari 11 Julai 2022 hingga 24 Julai 2022

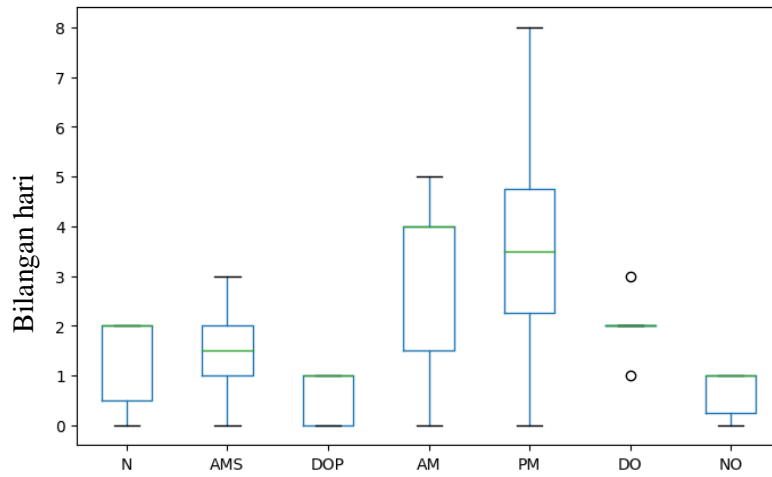
	11/7/22	12/7/22	13/7/22	14/7/22	15/7/22	16/7/22	17/7/22	18/7/22	19/7/22	20/7/22	21/7/22	22/7/22	23/7/22	24/7/22
J1	DOP	AL	AMS	AM	AMS	AL	DO	PM	PM	PM	N	N	NO	DO
J2	DOP	AL	PM	PM	PM	AM	DO	PM	AM	AM	AMS	PM	AL	DO
J3	DOP	PM	PM	PM	PM	DO	AM	AM	AM	AM	AMS	AM	AL	DO
J4	PM	AMS	N	N	NO	AM	DO	AM	AM	AMS	PM	PM	AM	DO
J5	NO	AM	AM	AM	AMS	AM	DO	PM	PM	PM	AL	AL	PM	DO
J6	DOP	PM	PM	PM	PM	AM	N	N	NO	DO	PM	AMS	DO	PM
J7	DOP	AL	AMS	AM	AM	DO	PM	AMS	AM	AM	AMS	AM	N	N
J8	N	N	NO	PM	PM	PM	DO	PM	PM	PM	PM	PM	AL	DO
J9	AM	PM	PM	AMS	N	N	NO	AM	AMS	AM	AL	DO	DO	AM
J10	DOP	AMS	AM	AMS	AM	AM	DO	AM	N	N	NO	AL	DO	DO

### LAMPIRAN C

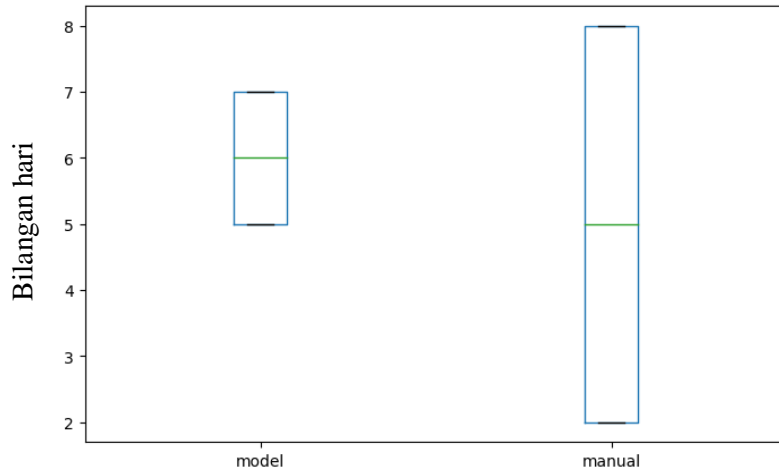
#### KEPUTUSAN ANALISA JADUAL



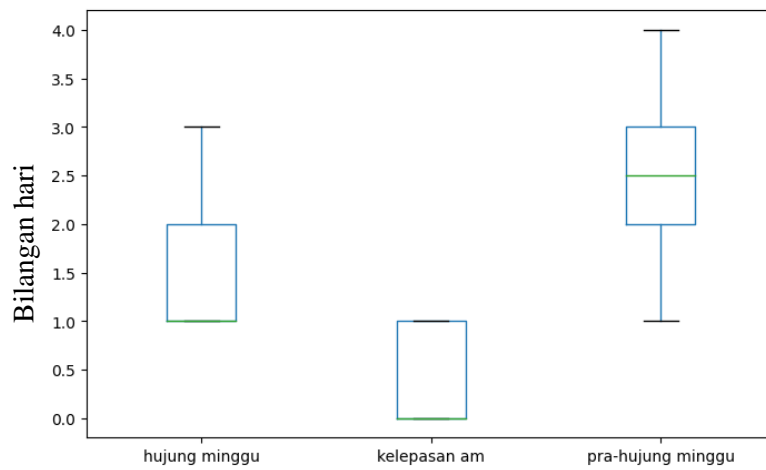
Rajah 1: Jurang pengagihan bagi setiap syif dalam jadual yang dijana oleh model



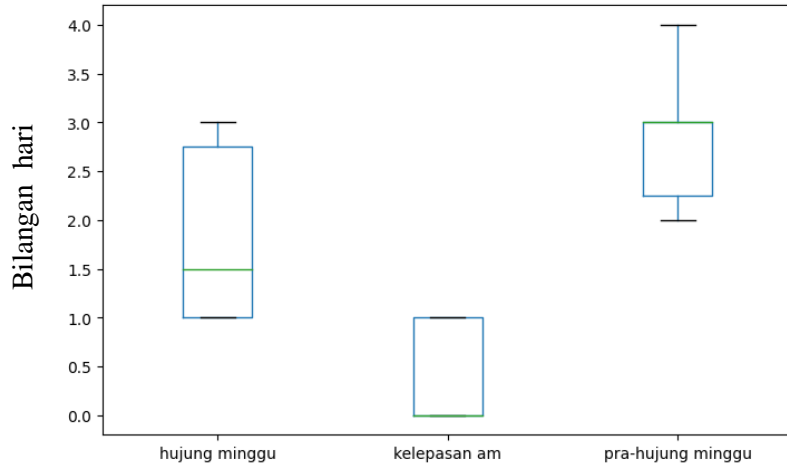
Rajah 2: Jurang pengagihan bagi setiap syif dalam jadual yang disediakan secara manual



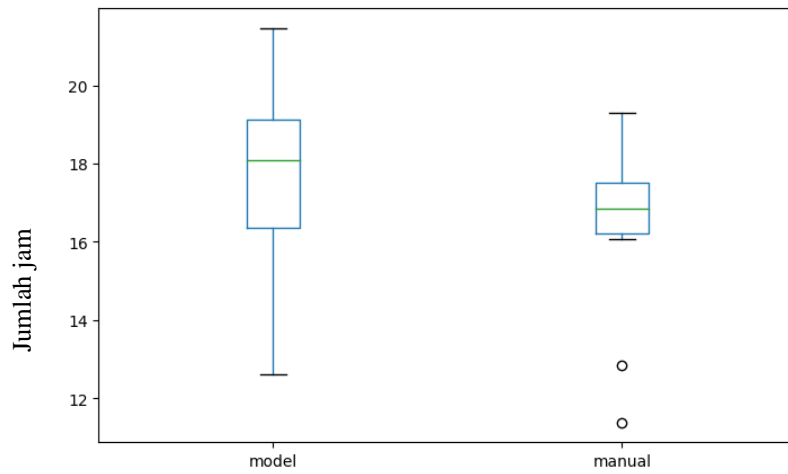
Rajah 3: Jurang pengagihan syif AMS dalam jadual yang dijana model dan juga yang disediakan secara manual



Rajah 4: Jurang pengagihan syif pada hujung minggu, pra-hujung minggu, dan hari kelepasan am dalam jadual yang dijana model.



Rajah 5: Jurang pengagihan syif pada hujung minggu, pra-hujung minggu, dan hari kelepasan am, dalam jadual yang dihasilkan secara manual.



Rajah 6: Purata jumlah jam antara syif jururawat bagi jadual yang dijana model dan jadual yang dihasilkan secara manual.