[illegible]

[illegible]

NURUL AIN BT ABDUL KARIM

FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU

2009

Penggunaan kaedah simpleks untuk memaksimumkan penggunaan peruntukan gaji / Nurul Ain Abdul Karim.

	1100076427	

Lihat sebelah

PENGGUNAAN KAEDAH SIMPLEKS UNTUK MEMAKSIMUMKAN PENGGUNAAN PERUNTUKAN GAJI

Oleh
Nurul Ain bt Abdul Karim

Projek Ilmiah Tahun Akhir ini diserahkan untuk memenuhi
sebahagian keperluan bagi
Ijazah Sarjana Muda Sains (Matematik Komputasi)

JABATAN MATEMATIK
FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU
2009

JABATAN MATEMATIK
FAKULTI SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU

PENGAKUAN DAN PENGESAHAN LAPORAN MAT 4499 B

Adalah ini diakui dan disahkan bahawa laporan penyelidikan bertajuk **Penggunaan Kaedah Simpleks untuk Memaksimumkan Penggunaan Peruntukan Gaji** oleh **Nurul Ain binti Abdul Karim**, No. Matriks: **UK13398** telah diperiksa dan semua pembetulan yang disarankan telah dilakukan. Laporan ini dikemukakan kepada Jabatan Matematik sebagai memenuhi sebahagian daripada keperluan memperolehi Ijazah Sarjana Muda Sains Matematik Komputasi, Fakulti Sains dan Teknologi, UMT.

Disahkan oleh:

....

Penyelia Utama

Nama: NUR BAINI BINTI ISMAIL

Cop Rasmi: Pensyarah
Jabatan Matematik
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Malaysia Terengganu
21030 Kuala Terengganu

Tarikh: 6/5/2009

....

Ketua Jabatan Matematik

Nama:

Cop Rasmi:

Tarikh: 6/5/2009

DR. HJ. MUSTAFA BIN MAMAT
Ketua
Jabatan Matematik
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Malaysia Terengganu
21030 Kuala Terengganu

PENGAKUAN

Saya mengakui Projek Ilmiah Tahun Akhir yang bertajuk **Penggunaan Kaedah Simpleks Untuk Memaksimumkan Penggunaan Peruntukan Gaji** adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

Tandatangan	: ....
Nama	: NURUL AIN BT ABDUL KARIM
No. Matrik	: UK13398
Tarikh	: 6 MEI 2009

PENGHARGAAN

Alhamdulillah syukur kehadrat Ilahi kerana dengan limpah kurnia-Nya dapat saya menyiapkan projek ilmiah tahun akhir (PITA) ini dengan jayanya. Dengan semangat dan sokongan daripada semua menjadi pendorong saya menyiapkan projek ini dalam tempoh masa yang ditetapkan.

Jutaan terima kasih juga diucapkan kepada penyelia projek iaitu Puan Nur Baini bt Ismail atas tujuk ajar, semangat, nasihat dan bimbingan yang diberi sepanjang tempoh kajian ini. Tidak lupa juga kepada semua kakitangan Penerangan dan Santuari Penyu Cherating terutama En. Abdul Karim bin Mohd Sham selaku ketua pusat yang sudi memberikan kerjasama dalam proses pengumpulan maklumat serta data yang berkaitan.

Sekalung terima kasih diucapkan kepada ahli keluarga tercinta kerana banyak memberi galakan, dorongan serta bantuan dari segi kewangan dalam menyiapkan projek ini. Tidak lupa juga kepada rakan-rakan yang terlibat sama ada secara lansung atau tidak lansung dalam memberi tunjuk ajar dan idea yang berguna.

Diharapkan agar laporan projek ini dapat menambahkan pengetahuan kepada pembaca dan boleh dijadikan panduan bagi projek-projek akan datang.

PENGGUNAAN KAEDAH SIMPLEKS UNTUK MEMAKSIMUMKAN PENGGUNAAN PERUNTUKAN GAJI

ABSTRAK

Kajian ini telah dijalankan untuk menyelesaikan masalah perbelanjaan melebihi peruntukan serta memaksimumkan penggunaan peruntukan gaji. Penyelesaian dibuat setelah menukarkan masalah ke dalam bentuk masalah pengaturcaraan linear seterusnya mengaplikasikan kaedah simpleks. Hasil kajian menunjukkan kaedah simpleks sangat sesuai diaplikasikan kerana hasil kajian berjaya mencapai objektif kajian ini. Masalah perbelanjaan melebihi peruntukan dapat diselesaikan dengan mengurangkan hari bekerja salah seorang kakitangan, manakala untuk memaksimumkan penggunaan peruntukan, pihak majikan menambahkan upah harian setiap pekerja.

APPLICATION OF SIMPLEX METHOD TO MAXIMIZE THE USING OF SALARY BUDGET

ABSTRACT

This research was undertaken to solve the problem of over budget expenses and to maximize the using of salary budget. The solution was done after the problem type is changed to the linear programming problem, then simplex method was applied. Result showed that simplex method was really suitable to apply because the result achieved the objective of this study. The problem of over budget expenses was solved by decreasing working day of an employee, while to maximize the using of salary budget, the employer increased the payment per day for each employee.

KANDUNGAN

		Halaman
HALAMAN JUDUL		i
PENGAKUAN DAN PENGESAHAN LAPORAN MAT 4499 B		ii
PENGAKUAN		iii
PENGHARGAAN		iv
ABSTRAK		v
ABSTRACT		vi
KANDUNGAN		vii
SENARAI JADUAL		ix
SENARAI RAJAH		x
SENARAI SINGKATAN		xi
SENARAI SIMBOL		xii
SENARAI LAMPIRAN		xiii
BAB 1	**PENDAHULUAN**	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Pernyataan Masalah	2
	1.3 Objektif Kajian	3
	1.4 Batasan Kajian	3
	1.5 Kepentingan Kajian	4
BAB 2	**SOROTAN KAJIAN**	
	2.1 Algoritma Kaedah Simpleks	5
	2.2 Pengaplikasian Kaedah Simpleks	6
	2.3 Masalah Penyelidikan Operasi dan Pengaturcaraan Linear	7
	2.4 Kesimpulan	8
BAB 3	**METODOLOGI**	
	3.1 Pengaturcaraan Linear dan Kaedah Simpleks	10
	3.1.1 Definisi dan Istilah	12
	3.1.2 Algoritma Kaedah Simpleks	13
	3.2 Analisis Data	19
	3.3 Langkah Penyelesaian Masalah	20
	3.4 Pengiraan dan Penyelesaian Masalah	21
	3.4.1 Pemilihan Fungsi Objektif dan Kekangan	21
	3.4.2 Pengaplikasian Kaedah Simpleks	24
	3.4.3 Pengaplikasian Kaedah Bergraf	35
BAB 4	**KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**	
	4.1 Keputusan	39
	4.2 Penggunaan LINDO	41
	4.3 Perbandingan Keputusan	44

	4.4 Analisis Kepekaan	44
	4.4.1 Perubahan Terhadap Nilai Pekali dalam Fungsi Objektif	45
	4.4.2 Perubahan Terhadap Nilai Sebelah Kanan bagi Kekangan	49
	4.5 Perbincangan	56
BAB 5	**KESIMPULAN DAN CADANGAN**	
	5.1 Kesimpulan	59
	5.2 Cadangan	60
RUJUKAN		61
LAMPIRAN		63
BIODATA PENULIS		68

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
3.1a	Jadual simpleks awal	15
3.1b	Pengiraan nisbah beserta pemilihan lajur pivot, baris pivot dan unsur pivot	16
3.1c	Penghasilan jadual simpleks baru	17
3.2	Jumlah maksimum hari bekerja mengikut bulan	20
3.3	Rumusan maklumat gaji dan pekerja di PPSP Cherating	20
3.4	Maklumat untuk pemilihan kekangan	24
3.5a	Jadual simpleks awal bagi masalah kajian	26
3.5b	Pengiraan nisbah beserta pemilihan lajur pivot, baris pivot dan unsur pivot bagi masalah kajian	27
3.5c	Pembinaan jadual simpleks kedua bagi masalah kajian	28
3.5d	Pengisian nilai dalam jadual simpleks kedua bagi masalah kajian	30
3.5e	Pengiraan nisbah beserta pemilihan lajur pivot, baris pivot dan unsur pivot jadual simpleks kedua	32
3.5f	Pembinaan jadual simpleks ketiga bagi masalah kajian	32
3.5g	Pengiraan nisbah beserta pemilihan lajur pivot, baris pivot dan unsur pivot jadual simpleks ketiga	34
4.1	Jadual simpleks ketiga	39
4.2a	Baris z dan x_1	46
4.2b	Perubahan pada baris z	46
4.3a	Baris z dan x_2	48
4.3b	Perubahan pada baris z	48
4.4	Jumlah gaji tahunan pekerja	58

SENARAI RAJAH

No. Rajah **Halaman**

3.1	Carta aliran kaedah simpleks	18
3.2	Lakaran graf persamaan (3.47) hingga (3.50)	37
3.3	Rantau tersaur masalah kajian	37
4.1	Perbezaan jumlah pekerja tahun 2008 dengan tahun berikutnya	40
4.2	*Input* LINDO	41
4.3a	*Output* LINDO (analisis kepekaan)	42
4.3b	*Output* LINDO (jadual simpleks terakhir)	43
4.4	Garis nombor	47
4.5	Garis nombor	51
4.6	Garis nombor	56
4.7	Carta pai : Cadangan penggunaan wang peruntukan	58

SENARAI SINGKATAN

Singkatan

PPSP	Pusat Penerangan dan Satuari Penyu
RM	Ringgit Malaysia
LINDO	*Linear, Interactive, Discrete Optimizer*
Sek.	Sekolah
Men.	Menengah

SENARAI SIMBOL

Simbol

$\sum$	hasil tambah
$\leq$	lebih kecil atau sama dengan
$\geq$	lebih besar atau sama dengan
$=$	sama dengan
$\times$	darab
$+$	tambah
$-$	tolak

SENARAI LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
A	Bayaran gaji pekerja PPSP Cherating tahun 2008	63
B	Jumlah perbelanjaan gaji pekerja PPSP tahun 2008	64
C	Anggaran maksimum gaji pekerja PPSP tahun 2008	65
D	Jumlah hari kedatangan pekerja PPSP tahun 2008	66
E	Anggaran maksimum hari bekerja tahun 2008	67

BAB 1

PENDAHULUAN

Pendahuluan dalam bab ini memaparkan pengenalan berkenaan gaji pekerja di Pusat Penerangan dan Santuari Penyu (PPSP) Cherating, latar belakang kajian, pernyataan masalah, objektif kajian, batasan kajian dan kepentingan kajian.

1.1 Pengenalan

Sumbangan kaum pekerja terhadap perkembangan ekonomi dan pembangunan negara termasuk kerjasama dalam pengekalan keharmonian perusahaan telah menerima penghargaan dan pengiktirafan. Namun begitu, banyak syarikat atau organisasi mengalami masalah ekonomi disebabkan oleh ketidakhadiran pekerja pada setiap tahun. Masalah ini mungkin berpunca daripada sikap majikan atau pekerja itu sendiri. Terdapat kemungkinan bahawa pekerja tidak berpuas hati dengan tugasan dan bayaran yang diberi. Oleh itu, tugas perlu dibahagi dengan teliti. Proses pembahagian tugas mengikut kemampuan individu merupakan suatu proses yang agak sukar. Kesilapan yang dilakukan semasa proses ini boleh mengakibatkan kualiti kerja yang tidak cemerlang, ketidakpuasan hati para pekerja dan merosakkan hubungan di kalangan pekerja. Dalam masa yang sama, pihak majikan perlulah membayar upah yang setimpal dengan pekerjaan yang dilakukan. Selain itu, masalah kewangan dalam sesebuah organisasi juga timbul akibat perbelanjaan melebihi peruntukan. Bagi mengelakkan masalah ini, sesebuah organisasi perlulah membuat rancangan perbelanjaan pada setiap tahun. Perkara yang paling penting adalah, individu yang menjadi majikan atau pekerja haruslah bekerja dengan rasa penuh tanggungjawab dan tidak menyusahkan pihak lain. Kerjasama antara majikan dan pekerja amat memberi kesan dalam perkembangan sesebuah organisasi.

Pusat Penerangan & Santuari Penyu (PPSP) Cherating merupakan sebuah lokasi perlancongan terkenal yang terletak di Negeri Pahang darul Makmur. Pusat ini dibanjiri oleh bilangan pelancong yang sangat ramai pada setiap tahun terutama ketika musim penyu bertelur bermula pada bulan April hingga September. Pelancong-pelancong ini merupakan pelancong luar dan dalam negara. Oleh itu, pusat perlancongan ini sangat menitikberatkan soal layanan dan juga kecantikan landskapnya. Untuk memastikan pelawat-pelawat berpuas hati dengan layanan dan kecantikan kawasan pusat ini, ketua pusat perlulah memastikan pekerja-pekerja menjalankan tugas masing-masing dengan baik dan penuh komitmen. Tugas-tugas akan diagihkan mengikut kemahiran pekerja bagi menjamin kualiti kerja yang cemerlang. Di samping itu, setiap pekerja juga dibayar dengan upah yang berpatutan supaya mereka dapat memberikan perkhidmatan sebaik mungkin.

Aspek-aspek ini perlu diambil berat bagi memastikan bilangan pelawat bertambah dari masa ke semasa. Dengan wujudnya pelawat yang ramai, maka pusat ini akan mendapat lebih banyak sumbangan dari segi kewangan. Maka, negara kita dapat dipromosikan ke seluruh dunia. Pusat ini tidak mengenakan sebarang bayaran bagi pelawat yang datang. Namun, untuk terus memajukan pusat ini dan mengekalkan spesies penyu di bawah jagaan pusat ini, para pelawat digalakkan untuk menderma atau memberikan sumbangan seikhlas hati. Secara logiknya, pelawat-pelawat akan menderma dengan rela hati sekiranya mereka berpuas hati dengan pusat ini termasuklah dari aspek kebersihan, layanan, keselamatan dan lain-lain lagi.

1.2 Pernyataan Masalah

Pada setiap tahun, PPSP Cherating diperuntukkan dengan sejumlah wang untuk membayar gaji pekerja-pekerjanya. Dengan peruntukan yang diberi, pegawai yang berkenaan perlu menggunakan sebaik mungkin untuk bayaran upah kepada pekerja-pekerja yang diambil secara kontrak. Faktor yang perlu diambilkira ialah bilangan pekerja yang patut diambil, jumlah hari bekerja, serta upah harian yang maksimum. Gaji pekerja-pekerja ini dibayar pada setiap hujung bulan mengikut bilangan hari bekerja. Daripada analisis data gaji pekerja beberapa tahun sebelum ini, didapati perbelanjaan untuk bayaran gaji adalah melebihi daripada peruntukan yang ditetapkan. Oleh itu, masalah bagi kajian ini ialah bagaimanakah kita dapat mengelakkan masalah perbelanjaan yang melebihi peruntukan seterusnya memaksimumkan penggunaan wang peruntukan yang diberi untuk menggaji pekerja. Langkah yang perlu diambil bagi mengelakkan masalah perbelanjaan melebihi peruntukan ialah, pihak majikan perlu mengurangkan pekerja. Manakala bagi memaksimumkan penggunaan peruntukan, bayaran upah harian setiap pekerja akan ditingkatkan. Bagi pihak buruh atau pekerja, mereka sememangnya mahukan gaji mereka dapat dibayar semaksimum yang mungkin, namun berlainan pula cara pemikiran di pihak majikan. Pihak majikan perlu memikirkan pelbagai faktor dalam proses pembayaran gaji kepada pekerja supaya pekerja berpuas hati serta dalam masa yang sama dapat mengelakkan masalah perbelanjaan melebihi peruntukan.

1.3 Objektif Kajian

1) Mengelakkan masalah perbelanjaan melebihi peruntukan.

2) Memaksimumkan penggunaan peruntukan untuk membayar gaji pekerja.

1.4 Batasan Kajian

Kajian ini membataskan kawasan Pusat Penerangan & Santuari Penyu Cherating termasuk kawasan pantai. Kajian ini juga merujuk kepada bilangan pekerja iaitu seramai sembilan orang tidak termasuk pegawai serta bidang tugas yang diagihkan. Wang yang diperuntukkan untuk bayaran gaji pekerja pada setiap tahun berjumlah RM 60 000. Wang peruntukan ini perlulah digunakan semaksimum yang mungkin. Dalam kajian ini, penggunaan kaedah simpleks memerlukan maklumat seperti bilangan hari bekerja dalam setahun, bayaran upah harian setiap pekerja serta jumlah pekerja yang terlibat.

1.5 Kepentingan Kajian

Kepentingan kajian ini dijalankan adalah untuk menentukan bilangan pekerja yang sepatutnya diambil dan upah harian yang perlu dibayar untuk setiap pekerja yang bekerja di PPSP Cherating. Dalam kajian ini, terdapat beberapa faktor penting yang perlu diambilkira iaitu kebolehan setiap pekerja, masa bekerja dan upah bagi setiap pekerjaan mengikut jumlah hari bekerja. Selain itu, kajian ini juga boleh diaplikasikan bagi menyelesaikan masalah untuk meminimumkan kos pengeluaran sesuatu produk, kos makanan dan juga kos bahan mentah. Seterusnya, hasil kajian ini memberi banyak keuntungan kepada pihak pengurusan sesuatu syarikat atau organisasi. Pihak mereka dapat mengelakkan masalah terlebih belanjawan dalam masa yang sama dapat manggunakan wang peruntukan sebaik mungkin. Selain itu, masalah ketidakpuasan hati di kalangan pekerja juga dapat diselesaikan seterusnya hubungan baik antara pekerja dan majikan dapat dikekalkan.

BAB 2

SOROTAN KAJIAN

Dalam bab ini, kita akan memaparkan tentang hasil kajian lepas yang telah diambil untuk dijadikan sebagai bahan rujukan dalam proses menyiapkan kajian ini. Kita juga turut memberi sedikit ulasan dan ringkasan berkenaan kajian yang lepas yang mana mempunyai sedikit persamaan dengan kajian yang dilakukan. Terdapat tiga kategori bagi kajian lepas yang dirujuk iaitu kajian lepas berkenaan algoritma kaedah simpleks, pengaplikasian kaedah simpleks dalam pelbagai bentuk masalah serta penyelesaian masalah penyelidikan operasi dan pengaturcaraan linear yang menggunakan pelbagai jenis kaedah lain. Kajian lepas ini dirujuk bagi melihat bagaimana pengolahan data serta kaedah yang digunakan. Ini bagi memastikan maklumat yang diperolehi benar-benar cukup supaya penyelesaian dapat dibuat dengan tepat dan teliti.

2.1 Algoritma Kaedah Simpleks

Heckman (2006) membuat kajian yang mendalam berkenaan kaedah simpleks. Beliau turut memasukkan sedikit maklumat berkenaan kaedah simpleks dual kerana kaedah ini ada menggunakan konsep yang sama dengan kaedah simpleks. Dalam kajiannya, turut dinyatakan berkenaan masalah kitaran (*cycling*) yang mungkin akan berlaku kepada sesetengah masalah semasa proses penyelesaian dibuat. Selain itu, algoritma kaedah simpleks dan diterangkan dengan jelas dalam kajiannya. Beliau juga ada menjelaskan sebab kenapa setiap langkah yang terlibat adalah perlu dalam kaedah simpleks. Algoritma dalam kajian beliau mudah difahami kerana terdapat contoh bagi setiap langkah yang dinyatakan.

Dantzig, Orden dan Wolfe (1953) membuat kesimpulan berkenaan kaedah simpleks untuk masalah peminimuman dalam bentuk linear yang terlakluk kepada kekangan berbentuk ketaksamaan. Mereka mendapati terdapat pihak yang menganggap ilmu berkaitan matriks hanya digunakan sedikit sahaja atau tidak diperlukan lansung dalam kaedah simpleks. Oleh itu, kajian mereka mencipta teori bagi menyangkal anggapan tersebut dan menerangkan kenapa ilmu berkaitan matriks amat penting dalam kaedah simpleks. Mereka menganggap pengetahuan berkaitan kaedah simpleks adalah penting kerana pencarian penyelesaian optimum sebuah sistem ketaksamaan linear dianggap menjadi semakin meningkat dan penting dalam masalah ekonomi, pengangkutan dan lain-lain lagi.

2.2 Pengaplikasian Kaedah Simpleks

Gale (2007) menerangkan penggunaan kaedah simpleks yang dapat diaplikasikan dalam pelbagai jenis masalah. Perkara yang penting ialah pengetahuan berkenaan kaedah simpleks serta perkara-perkara pokok yang perlu ada untuk menggunakan kaedah ini. Contohnya, dalam kajian beliau, kaedah simpleks boleh diaplikasikan dalam masalah diet yang mana objektifnya ialah mendapatkan kuantiti makanan yang mempunyai komposisi nutrien yang lengkap dan dapat memberikan kesihatan yang baik kepada tubuh manusia.

Reeb dan Leavengood (1998) pula menerangkan bagaimana penggunaan kaedah simpleks dalam menyelesaikan masalah memaksimumkan keuntungan dalam masa yang sama dapat meminimumkan kos dalam penghasilan kerusi dan meja kayu. Keuntungan yang boleh diperolehi daripada penghasilan setiap unit meja kayu dan kerusi kayu masing-masing ialah RM6 dan RM8. Dalam penghasilan meja dan kerusi tersebut, dua perkara penting diambilkira iaitu bahan mentah (kayu) dan buruh (tempoh masa bekerja). Proses menyiapkan sebuah meja memerlukan 30 kaki papan dan mengambil masa selama lima jam manakala proses menyiapkan sebuah kerusi memerlukan 20 kaki papan dan mengambil masa selama sepuluh jam. Pihak kilang memperuntukkan 300 kaki papan dan 110 jam bekerja. Dengan penggunaan kaedah simpleks, masalah dapat diselesaikan dengan keuntungan yang maksimum.

Young (2000) turut menerangkan tentang kajian beliau untuk memaksimumkan keuntungan dalam pengeluaran produk sebuah pengusaha kilang yang mana produk itu melibatkan penggunaan dua jenis mesin. Terdapat dua jenis mesin yang digunakan untuk penghasilan dua produk yang berbeza. Had penggunaan mesin ialah selama 150 jam sahaja. Kekangan lain yang diambilkira ialah kos bahan mentah dan juga kos upah buruh. Masalah diselesaikan dengan mengaplikasikan kaedah dual dan kaedah simpleks.

2.3 Masalah Penyelidikan Operasi dan Pengaturcaraan Linear

Stanza (2007) menjalankan kajian tentang meminimumkan kos pengangkutan. Dalam masalah ini, kaedah yang digunakan ialah kaedah Vogel. Beliau menyatakan terdapat banyak kaedah yang sesuai untuk penyelesaian masalah ini, namun kaedah Vogel merupakan kaedah yang paling mudah dan berkesan. Kaedah ini mempunyai beberapa langkah dan diselesaikan dengan menggunakan perisisan penyelidikan operasi. Kaedah ini juga amat sesuai untuk semua jenis masalah yang berkaitan peminimuman kos.

Eiselt dan Marianov (2008) menjalankan penyelidikan untuk menentukan kos yang minimum bagi pembayaran gaji kepada setiap pekerja. Faktor yang dititikberatkan ialah kebolehan individu bagi manghasilkan kerja yang berkualiti tinggi dan bersesuaian dengan gaji yang diterima. Kajian ini melibatkan 15 orang pekerja dan 14 kebolehan atau tugas yang ditetapkan.

Liu dan Wang (2008) telah membuat kajian untuk memaksimumkan keuntungan dengan melibatkan pengaliran keluar wang. Pengaliran keluar wang perlu dirancang dengan teliti supaya fokus utama untuk mendapat keuntungan yang tinggi dapat dicapai. Dalam kajian menerangkan bagaimana penyusunan aktiviti oleh perancang dalam sebuah organisasi bagi mengawal pengeluaran wang. Masalah dalam kajian ditukarkan kepada model matematik dengan mengaplikasikan pengaturcaraan kekangan (*constraint programming*).

Li, Mosheiov dan Yovel (2008) membuktikan model pengaturcaraan linear boleh diaplikasikan dalam masalah peminimuman yang melibatkan kelambatan masa dan kos semasa yang mana pihak pengeluar melibatkan penggunaan mesin dalam penghasilan produk.

Yang (2007) menjalankan kajian untuk memaksimumkan hasil pendapatan dengan menjadualkan penggunaan mesin dengan teliti. Penjadualan ini membolehkan mesin menghasilkan keluaran yang maksimum dalam tempoh tertentu. Kaedah yang digunakan oleh beliau ialah kaedah cabang dan batas.

Ladurantaye, Gendreau dan Potvin (2007) menerangkan tentang kajian beliau untuk mengoptimumkan keuntungan melalui penghasilan hidroelektrik. Unsur lain yang turut dipertimbangkan ialah harga pasaran yang berubah-ubah. Dalam kajian ini, pengaturcaraan matematik dan pengaturcaraan stokastik diaplikasikan untuk mendapatkan penyelesaian.

Raith dan Ehrgott (2008) membuktikan kaedah dua fasa juga boleh diaplikasikan dalam masalah pengoptimuman. Dalam kajiannya, beliau menggunakan kaedah tersebut untuk meminimumkan pengaliran wang dalam sesebuah organisasi. Kajian beliau amat berbeza kerana melibatkan dua objektif dalam masalah yang sama.

2.4 Kesimpulan

Dalam bab ini, kita dapat lihat belum ada pengkaji yang membuat kajian atau penyelidikan berkenaan masalah pengaturcaraan linear untuk memaksimumkan penggunaan wang peruntukan. Kebanyakan penyelidik lebih berminat mengkaji berkenaan masalah penyelidikan operasi dan pengaturcaraan linear untuk memaksimumkan keuntungan, memaksimumkan hasil keluaran sesuatu produk, meminimumkan pelbagai jenis kos dan meminimumkan pengaliran wang dalam sesebuah organisasi. Bentuk masalah-masalah seperti ini dapat diselesaikan bukan sahaja dengan menggunakan kaedah simpleks, malahan terdapat pelbagai jenis kaedah penyelesaian lain yang boleh diaplikasikan. Setiap kaedah mempunyai kelemahan dan kelebihan masing-masing. Namun begitu, banyak pengkaji berpendapat kaedah simpleks merupakan kaedah yang paling mudah dan ringkas. Walaupun tidak terdapat contoh kajian lepas berkenaan masalah pengaturcaraan linear untuk memaksimumkan penggunaan wang peruntukan di sesebuah tempat atau organisasi, namun kita masih boleh mendapatkan penyelesaian bagi masalah tersebut dengan merujuk bagaimana kaedah simpleks diaplikasikan dalam masalah lain serta bagaimana penyelidik-penyelidik terdahulu membuat pengolahan data untuk menyelesaikan masalah.

BAB 3

METODOLOGI

Dalam bab ini, akan diterangkan dengan lebih terperinci berkenaan kaedah yang digunakan dalam kajian yang dijalankan. Kita juga akan membincangkan dengan lebih mendalam berkenaan masalah pengaturcaraan linear (*linear programming*) dan algoritma kaedah simpleks (*simplex method*).

3.1 Pengaturcaraan Linear dan Kaedah Simpleks

Masalah pengaturcaraan linear adalah sebuah set ketaksamaan (*inequality*) dengan set penyelesaian dan sebuah fungsi yang mana nilainya perlu dimaksimumkan atau diminimumkan.

Kaedah simpleks pula adalah salah satu kaedah yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pengaturcaraan linear. Kaedah ini mengubah kekangan-kekangan yang pada asalnya dalam bentuk ketaksamaan kepada bentuk persamaan dalam masalah pengaturcaraan linear. Kemudian penyelesaian dibuat dengan memanipulasikan matriks. Set penyelesaian untuk masalah yang berganti mempunyai dimensi yang lebih tinggi berbanding dengan set penyelesaian untuk masalah asal. Walaubagaimanapun, penyelesaian adalah lebih mudah dengan menggunakan matriks.

Memaksimumkan

$$z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \tag{3.1}$$

tertakluk kepada

$$\sum_{j=1}^{n} a_{jk} x_j \le b_i \tag{3.2}$$

$$x_j \ge 0 \tag{3.3}$$

yang mana $i = 1,2,\ldots,m$, $j = 1,2,\ldots,n$ dan $k = 1,2,\ldots,l$.

Sebelum mengaplikasikan kaedah simpleks, kita perlu memastikan bahawa masalah tersebut berbentuk piawai. Masalah maksimum piawai ialah masalah pengaturcaraan linear yang memenuhi semua syarat berikut:

i. Fungsi objektif, z ialah untuk dimaksimumkan.
ii. Semua ketaksamaan dalam kekangan adalah berbentuk $\le$.
iii. Semua nilai pada sebelah kanan adalah bukan negatif.
iv. Semua pembolehubah juga bukan negatif.

Dalam bentuk matriks, masalah pengaturcaraan linear ini boleh diungkapkan sebagai :

Memaksimumkan

$$z = c^T X \tag{3.4}$$

tertakluk kepada

$$\mathrm{AX} \le \mathrm{b} \tag{3.5}$$

$$X \ge 0 \tag{3.6}$$

yang mana

$$c^T = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \cdots & c_n \end{bmatrix} \tag{3.7}$$

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \cdots & x_n \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \tag{3.8}$$

$$b = [b_1 \quad b_2 \quad \cdots \quad b_n]^T = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \tag{3.9}$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & \cdots & a_{n1} \\ a_{12} & a_{22} & \cdots & a_{n2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1m} & a_{2m} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \tag{3.10}$$

3.1.1 Definisi dan Istilah

Setiap istilah-istilah yang digunakan dalam masalah pengaturcaraan ini mempunyai definisinya yang tersendiri. Pemahaman yang tepat dan betul bagi setiap istilah adalah amat penting. Justeru kita dapat mengelakkan salah faham berlaku dan memastikan penyelesaian dapat dibuat tanpa sebarang masalah.

Fungsi objektif (*objective function*) adalah fungsi linear yang akan dioptimumkan, iaitu diminimum atau dimaksimumkan. Fungsi linear pula ialah fungsi yang mengandungi jenis pembolehubah berkuasa satu sahaja dan bilangan pembolehubah yang terlibat tidak mempunyai had.

$x_1 + 3x_2 + x_3$	: Fungsi linear
$x - z$	: Fungsi linear
$\sin x - z$	: Bukan fungsi linear
$x_1^3 + 7$	: Bukan fungsi linear

Satu set nilai pembolehubah yang memuaskan semua kekangan dan had ketaknegatifan dipanggil sebagai penyelesaian tersaur (*feasible solution*).

Istilah bagi penyelesaian tersaur yang mengoptimumkan fungsi objektif (sekiranya wujud) disebut sebagai penyelesaian optimum (*optimal solution*). Penyelesaian optimum merupakan penyelesaian tersaur yang mana semua pembolehubah adalah tertakrif dan mengoptimumkan fungsi objektif.

Rantau tersaur (*feasible region*) didefinisikan sebagai satu set penyelesaian tersaur. Istilah lain bagi kawasan tersaur ialah set tersaur (*feasible set*) atau set kekangan (*constraints set*). Kebiasaannya kita dapat melihat dengan jelas rantau tersaur ini sekiranya menggunakan kaedah bergraf.

3.1.2 Algoritma Kaedah Simpleks

Langkah 1: *Meneliti masalah pengaturcaraan linear*

Masalah yang terlibat mestilah memenuhi syarat-syarat seperti yang ditetapkan. Kita anggapkan masalah pengaturcaraan linear secara umum seperti berikut:

Memaksimumkan

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 \tag{3.11}$$

tertakluk kepada

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1 \tag{3.12}$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \leq b_2 \tag{3.13}$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 \leq b_3 \tag{3.14}$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \tag{3.15}$$

Masalah ini diungkapkan kepada bentuk matriks sebagai:-

Memaksimumkan

$$z = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \tag{3.16}$$

tertakluk kepada

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \\ a_{13} & a_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} \tag{3.17}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \geq 0 \tag{3.18}$$

Langkah 2 : *Menambahkan pembolehubah lalai kepada kekangan*

Setiap kekangan yang asalnya dalam bentuk ketaksamaan ditulis semula kepada bentuk persamaan dengan menambahkan setiap kekangan dengan pembolehubah lalai (*slack variable*). Pembolehubah lalai diwakili oleh s_k yang mana $k = 1,2,\ldots,l$. Jumlah pembolehubah lalai bergantung kepada jumlah kekangan yang ada. Dalam masalah general di atas, kita dapati terdapat tiga kekangan. Maka, tiga pembolehubah lalai ditambah dan diwakili oleh s_1, s_2 dan s_3.

Memaksimumkan

$$z = c_1x_1 + c_2x_2 \tag{3.19}$$

tertakluk kepada

$$a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + s_1 + 0s_2 + 0s_3 = b_1 \tag{3.20}$$

$$a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + 0s_1 + s_2 + 0s_3 = b_2 \tag{3.21}$$

$$a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + 0s_1 + 0s_2 + s_3 = b_3 \tag{3.22}$$

$$x_1, x_2, s_1, s_2, s_3 \geq 0 \tag{3.23}$$

Langkah 3 : *Memasukkan nilai ke dalam jadual simpleks*

Masalah yang telah diubah itu dimasukkan ke dalam jadual. Jadual ini dinamakan sebagai jadual simpleks awal. Terdapat beberapa syarat penting yang perlu dipatuhi untuk membina jadual simpleks awal ini. Baris yang paling atas dikenali sebagai baris objektif, mengandungi nilai negatif pekali fungsi objektif, z yang akan dimaksimumkan. Oleh kerana nilai x_1 dan x_2 dianggarkan sifar, maka nilai untuk lajur penyelesaian pada baris objektif mestilah sifar. Selain itu, nilai dalam lajur z

pada setiap baris juga mestilah diisi dengan nilai sifar, kecuali pada baris z yang perlu diisi dengan nilai 1. Nilai sifar yang ditetapkan pada lajur z tidak akan pernah berubah walaupun dalam jadual simpleks berikutnya. Syarat-syarat yang dinyatakan ini adalah tetap sama walaupun dalam masalah-masalah pengaturcaraan linear lain.

Jadual 3.1a Jadual simpleks awal

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	penyelesaian	nisbah
z	1	$-c_1$	$-c_2$	0	0	0	0	0
s_1	0	a_{11}	a_{21}	1	0	0	b_1	$\frac{b_1}{c_{11}}$
s_2	0	a_{12}	a_{22}	0	1	0	b_2	$\frac{b_2}{c_{12}}$
s_3	0	a_{13}	a_{23}	0	0	1	b_3	$\frac{b_3}{c_{13}}$

Nilai dalam petak ini sentiasa malar sehingga ke jadual simpleks terakhir

Petak ini mestilah diisi dengan matriks identiti

Langkah 4 : *Menentukan lajur pivot*

Dalam langkah ini, salah satu lajur dalam jadual simpleks awal dipilih untuk dijadikan **lajur pivot**. Lajur pivot ialah lajur yang mengandungi nilai yang paling negatif pada baris z. Sekiranya terdapat lebih daripada satu lajur yang mempunyai nilai negatif, maka pilih lajur yang paling kiri. Kaedah pemilihan ini dipanggil sebagai petua pekali terbesar (*largest coefficient rule*). Terdapat kaedah lain yang dipanggil sebagai petua Bland (*Bland's rule*) yang mana lajur yang dipilih adalah lajur paling kiri. Petua Bland mengabaikan nilai baris yang teratas dalam setiap lajur. Petua Bland ini adalah lebih bagus kerana petua ini boleh mengelakkan masalah kitaran berulang (*cycling*) terjadi. Merujuk jadual di atas, andaikan lajur pivot adalah lajur x_1.

Langkah 5 : *Mencari nilai nisbah setiap baris*

Nilai **nisbah** bagi setiap baris ditentukan dengan membahagikan setiap nilai dalam lajur penyelesaian dengan nilai dalam lajur pivot pada baris yang sama.

Langkah 6 : *Menentukan baris pivot*

Salah satu baris dipilih untuk dijadikan **baris pivot**. Baris pivot ialah baris yang mengandungi nilai nisbah yang paling kecil. Namun begitu, nilai negatif perlu diabaikan. Terdapat dua jenis sifar. Pertama, sekiranya sifar dibahagi dengan nilai negatif, maka nisbahnya juga adalah negatif dan kedua, sekiranya sifar dibahagi dengan nilai positif, maka nisbahnya juga adalah positif. Bagi nilai sifar jenis pertama, nisbahnya perlu diabaikan semasa memilih baris pivot. Hanya nilai sifar jenis kedua sahaja yang perlu dipertimbangkan. Merujuk jadual di atas, andaikan baris pivot adalah baris s_1. Setelah memilih lajur pivot dan baris pivot, maka unsur pivot bagi masalah ini dapat ditentukan, iaitu a_{11}.

Jadual 3.1b Pengiraan nisbah beserta pemilihan lajur pivot, baris pivot dan unsur pivot

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	penyelesaian	nisbah
z	1	$-c_1$	$-c_2$	0	0	0	0	0
s_1	0	a_{11}	a_{21}	1	0	0	b_1	$\frac{b_1}{c_{11}}$
s_2	0	a_{12}	a_{22}	0	1	0	b_2	$\frac{b_2}{c_{12}}$
s_3	0	a_{13}	a_{23}	0	0	1	b_3	$\frac{b_3}{c_{13}}$

Baris pivot

Lajur pivot

Langkah 7 : *Menentukan pembolehubah masuk dan pembolehubah keluar*

Seterusnya, **pembolehubah masuk** dan **pembolehubah keluar** ditentukan. Pembolehubah masuk ialah pembolehubah yang lajurnya terdapat unsur pivot. Contohnya, dalam jadual di atas, unsur pivot terletak pada lajur x_1, maka x_1 adalah pembolehubah masuk. Pembolehubah keluar pula ialah pembolehubah yang barisnya terdapat unsur pivot. Contohnya, dalam jadual di atas, nilai pivot terdapat pada baris s_1, maka s_1 adalah pembolehubah keluar.

Langkah 8 : *Membina jadual baru*

Dalam langkah ini, jadual simpleks baru dibina dengan menggunakan maklumat pada jadual simpleks sebelum ini. Dalam jadual ini, pembolehubah masuk menggantikan tempat pembolehubah keluar. s_1 dalam lajur asas akan digantikan dengan x_1. Proses ini dinamakan sebagai operasi pivot (*pivot operation*). Selain itu, untuk membina jadual baru, rumus di bawah ini akan digunakan.

Baris pivot : $$Baris\ pivot\ baru = \frac{Baris\ pivot\ lama}{Unsur\ pivot} \quad (3.24)$$

Selain baris pivot:

$$Baris\ baru = Baris\ lama - Pekali\ lajur\ pivotnya(Baris\ pivot\ baru) \quad (3.25)$$

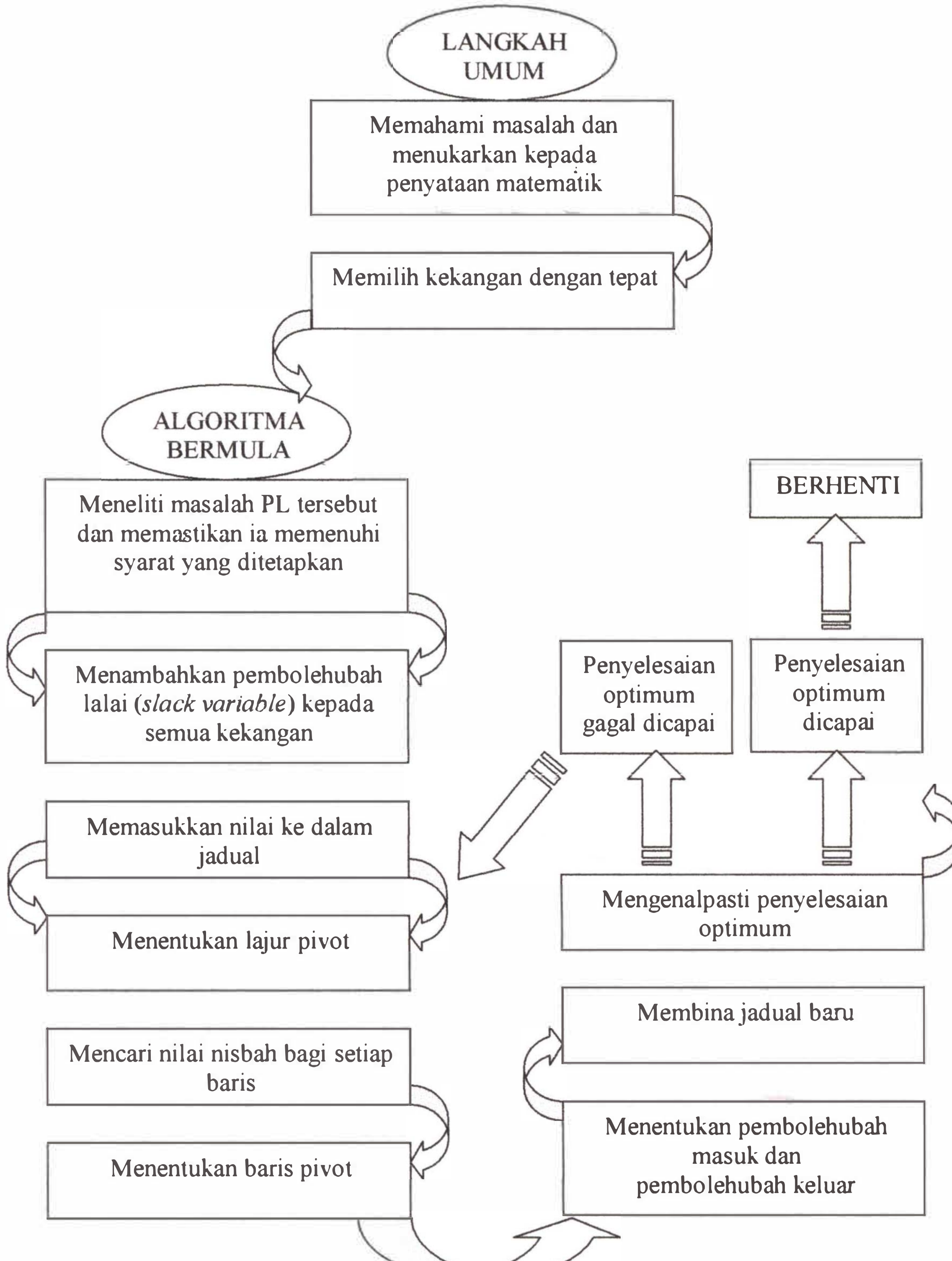
Dalam jadual baru ini, semua nilai berkemungkinan mengalami perubahan terutama nilai penyelesaian asas. Namun begitu terdapat nilai yang tidak akan berubah iaitu nilai yang terdapat pada lajur z. Jadual baru yang dibina adalah seperti berikut :

Jadual 3.1c Penghasilan jadual simpleks baru

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	penyelesaian
z	1	$-c_1-(-c_1)\left(\frac{a_{11}}{a_{11}}\right)$	$-c_2-(-c_1)\left(\frac{a_{21}}{a_{11}}\right)$	$-(-c_1)\left(\frac{1}{a_{11}}\right)$	0	0	$-(-c_1)\frac{b_1}{a_{11}}$
x_1	0	$\frac{a_{11}}{a_{11}}$	$\frac{a_{21}}{a_{11}}$	$\frac{1}{a_{11}}$	$\frac{0}{a_{11}}$	$\frac{0}{a_{11}}$	$\frac{b_1}{a_{11}}$
s_2	0	$a_{12}-a_{12}\left(\frac{a_{11}}{a_{11}}\right)$	$a_{22}-a_{12}\left(\frac{a_{21}}{a_{11}}\right)$	$-a_{12}\left(\frac{1}{a_{11}}\right)$	1	0	$b_2-a_{12}\frac{b_1}{a_{11}}$
s_3	0	$a_{13}-a_{13}\left(\frac{a_{11}}{a_{11}}\right)$	$a_{23}-a_{13}\left(\frac{a_{21}}{a_{11}}\right)$	$-a_{13}\left(\frac{1}{a_{11}}\right)$	0	1	$b_3-a_{13}\frac{b_1}{a_{11}}$

Langkah 9 : *Mengenalpasti penyelesaian optimum*

Sekiranya semua nilai dalam baris z adalah bukan negatif, maka penyelesaian optimum telah dicapai dan nilai tersaur (nilai sebenar bagi pembolehubah asas yang terlibat) juga dapat ditentukan. Maka, pengiraan dihentikan. Jika sebaliknya, langkah empat hingga langkah sembilan perlu diulang sehingga mencapai penyelesaian optimum.



Rajah 3.1: Carta aliran kaedah simpleks

3.2 Analisis Data

Secara keseluruhannya, di PPSP Cherating, Jabatan Perikanan Pahang mengambil seramai sembilan orang pekerja secara kontrak pada setiap tahun. Bilangan pekerja yang diambil adalah berbeza mengikut musim. Pada musim penyu bertelur, bermula bulan April hingga Oktober, seramai sembilan orang pekerja diambil bekerja, tiga orang bertugas pada waktu siang dan tiga orang lagi bertugas pada waktu malam. Manakala pada musim tiada penyu mendarat, hanya tujuh orang pekerja diambil bekerja, tiga orang bertugas pada waktu siang dan empat orang lagi bertugas pada waktu malam.

Pada setiap hari Isnin dan cuti am, PPSP Cherating ditutup. Oleh itu, pekerja yang bekerja pada waktu siang bercuti pada hari tersebut. Berlainan pula dengan pekerja yang bekerja pada waktu malam, mereka perlu bekerja pada setiap malam. Namun begitu, pihak majikan tetap memberi kelonggaran. Mereka boleh memohon cuti jika mereka mahu. Setiap pekerja menerima upah sebanyak RM23 sehari. Upah dibayar sebulan sekali mengikut jumlah hari bekerja dan mereka menerima bayaran pada setiap hujan bulan. Bagi pekerja malam yang rajin bekerja, mereka mendapat gaji yang lebih lumayan berbanding pekerja yang banyak memohon cuti. Kesimpulannya, pekerja di PPSP Cherating terbahagi kepada tiga kategori.

Kategori 1 : Pekerja yang bekerja pada waktu siang (sepanjang tahun)
Kategori 2 : Pekerja yang bekerja pada waktu malam (sepanjang tahun)
Kategori 3 : Pekerja yang bekerja pada waktu malam (enam bulan)

Berdasarkan data yang diperolehi, maklumat-maklumat yang ada diringkaskan dan dikhususkan supaya data tersebut mudah difahami. Oleh yang demikian, kita ringkaskan data bilangan maksimum hari bekerja bagi setiap bulan seperti berikut:-

Jadual 3.2 Jumlah maksimum hari bekerja mengikut bulan

KATEGORI PEKERJA	BULAN												JUM
	JAN	FEB	MAC	APR	MEI	JUN	JUL	OGO	SEP	OKT	NOV	DIS	
1	25	24	25	26	24	25	27	27	24	25	26	24	302
2	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	366
3	-	-	-	30	31	30	31	31	30	-	-	-	183

Daripada jadual 3.2, kita boleh membina sebuah jadual yang mengandungi maklumat bilangan pekerja, jumlah maksimum hari bekerja dalam setahun dan upah harian supaya kita dapat memanipulasikan data dengan lebih mudah. Bilangan hari bekerja untuk tiga kategori pekerja berikut dianggarkan seperti berikut:-

Jadual 3.3 Rumusan maklumat gaji dan pekerja di PPSP Cherating

	Siang (12 bulan)	Malam	
		Bekerja selama 12 bulan	Bekerja selama 6 bulan
Bilangan pekerja	3	4	2
Bilangan maksimum hari bekerja dalam setahun / 1 org	302	366	183
Upah untuk sehari / 1 org (RM)	23	23	23

3.3 Langkah Penyelesaian Masalah

Pada tahun 2008, terdapat masalah perbelanjaan melebihi peruntukan untuk bayaran gaji pekerja. Pihak pengurusan perlu mangambil beberapa langkah tertentu untuk mengelakkan masalah ini berulang pada tahun berikutnya.

Langkah pertama ialah mengurangkan bilangan pekerja. Namun begitu, bilangan pekerja yang bertugas pada waktu siang dikekalkan kerana bilangan pekerja seramai tiga orang itu sudah berpadanan dengan tugasan yang ada. Jika dikurangkan pekerja, masalah kualiti kerja mungkin timbul. Oleh yang demikian, hanya bilangan pekerja malam sahaja yang mungkin mengalami perubahan. Kemungkinan besar bilangan pekerja yang bertugas semasa penyu tidak mendarat akan berkurang. Sekiranya langkah ini diambil, tiada masalah yang akan timbul kerana tidak banyak tugasan yang perlu dilakukan pada musim tersebut. Perlu difahami bahawa pekerja malam yang bekerja selama setahun adalah orang yang bertugas semasa musim penyu tidak mendarat.

Maka, dalam pengiraan, kita perlu mencari jumlah pekerja malam yang bertugas selama setahun dan pekerja malam yang hanya bertugas selama enam bulan.

3.4 Pengiraan dan Penyelesaian Masalah

3.4.1 Pemilihan Fungsi Objektif dan Kekangan

Dalam masalah pengaturcaraan linear, fungsi objektif dan kekangan merupakan perkara yang amat penting kerana kedua-dua aspek ini amat mempengaruhi penyelesaian optimum bagi masalah tersebut. Oleh yang demikian, pemilihan kekangan perlu dilakukan dengan tepat dan teliti dengan mengambil kira syarat-syarat yang ditetapkan.

Pertama sekali, fungsi objektif masalah kajian ini ialah memaksimumkan penggunaan peruntukan dan nilai yang dimaksimumkan ini diwakili oleh z. Kita boleh tuliskan objektif ini dalam bentuk yang lebih khusus dengan memperkenalkan beberapa simbol yang mudah. Biarkan

x_1 : bilangan pekerja yang bekerja pada waktu malam sepanjang tahun

x_2 : bilangan pekerja yang bekerja pada waktu malam selama enam bulan

Pekali bagi pembolehubah di atas ialah jumlah upah untuk setahun bagi setiap pekerja. Maka, fungsi objektif ditentukan seperti berikut:-

$$\text{Peruntukan tahunan pekerja} = \text{Jumlah maksimum hari bekerja dalam setahun} \times \text{Upah harian} \times \text{Bilangan pekerja}$$

$$\text{Peruntukan tahunan pekerja} = \text{Jumlah upah untuk setahun} \times \text{Bilangan pekerja}$$

$$\text{Penggunaan peruntukan yang dimaksimumkan} = \text{Peruntukan tahunan pekerja malam bertugas setahun} + \text{Peruntukan tahunan pekerja malam bertugas enam bulan}$$

$$z = 8418x_1 + 4209x_2 \tag{3.26}$$

Bagi masalah kajian ini, pihak majikan menetapkan beberapa syarat dalam usaha mereka untuk mengelakkan masalah belanjawan melebihi peruntukan serta memaksimumkan penggunaan peruntukan gaji pekerja.

Syarat pertama ialah pihak majikan tidak mahu menambah pekerja lagi dan jumlah maksimum pekerja malam yang akan diambil hanyalah enam orang. Kemungkinan yang bakal berlaku sama ada ada pekerja yang dibuang atau semua pekerja dikekalkan. Ini kerana mereka mahu mengurangkan belanjawan untuk menggaji pekerja. Oleh itu, kekangan yang pertama bagi masalah ini ialah

$$x_1 + x_2 \leq 6. \tag{3.27}$$

Kekangan seterusnya ialah berkenaan peruntukan asal yang diberi oleh pihak kerajaan negeri bagi menggaji pekerja yang berjumlah RM60 000. Oleh kerana pekerja siang tidak terlibat dalam masalah ini, maka jumlah peruntukan untuk pekerja siang diabaikan. Jumlah peruntukan bagi pekerja malam ditentukan dengan menolak jumlah peruntukan bagi pekerja siang daripada jumlah peruntukan asal.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah peruntukan bagi pekerja malam} &= \text{Jumlah peruntukan asal} - \text{Jumlah peruntukan bagi pekerja siang} \\ &= \text{RM60 000} - \text{RM20 838} \\ &= \text{RM39 162}\end{aligned}$$

Perkara yang mesti diberi perhatian ialah perbelanjaan untuk menggaji pekerja tidak boleh melebihi peruntukan yang ada. Maka, kekangan kedua ialah

$$8418x_1 + 4209x_2 \leq 39162 \qquad (3.28)$$

Dengan peruntukan yang berjumlah RM39 162, kita dapat menentukan jumlah maksimum hari bekerja. Oleh kerana upah harian ialah RM23, maka kita bahagikan RM39162 dengan RM23, jumlah maksimum hari bekerja dapat ditentukan.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah maksimum hari bekerja} &= \frac{\text{Jumlah peruntukan}}{\text{upah untuk sehari}} \\ &= \frac{RM39162}{RM23} \\ &= 1702\end{aligned}$$

Dengan merujuk jadual 3.3, jumlah maksimum hari bekerja bagi pekerja kategori dua ialah 366 hari dan pekerja kategori tiga pula ialah 183 hari. Nilai-nilai ini dijadikan pekali dalam kekangan seterusnya. Kekangan ketiga masalah ini ialah

$$366x_1 + 183x_2 \leq 1702 \qquad (3.29)$$

Seterusnya, kekangan terakhir sekali ialah mengenai had bilangan pekerja. Pihak pengurusan menetapkan bahawa bilangan pekerja yang bertugas selama enam bulan mestilah sama atau lebih daripada bilangan bagi yang bekerja selama setahun. Maka, kekangan terakhir bagi masalah kajian ini ialah

$$\begin{aligned} x_2 &\geq x_1 \\ x_1 &\leq x_2 \\ x_1 - x_2 &\leq 0 \qquad (3.30)\end{aligned}$$

Akhir sekali, setiap masalah dalam bentuk penyataan matematik mestilah memenuhi syarat ketaknegatifan. Dalam masalah ini, setiap malam mesti ada pekerja yang bertugas dan ketika musim penyu bertelur, mesti terdapat penambahan bilangan pekerja. Maka, setiap pembolehubah mestilah lebih besar daripada sifar. Syarat ketaknegatifan bagi masalah kajian ini ialah

$$x_1, x_2 > 0 \tag{3.31}$$

Jadual 3.4 Maklumat untuk pemilihan kekangan

	Bekerja sepanjang tahun (malam)	Bekerja 6 bulan sahaja (malam)	Had
Bilangan pekerja	x_1	x_2	6
Bilangan maksimum hari bekerja dalam setahun / 1 org	366	183	1 702
Upah untuk sehari / 1 org (RM)	23	23	39 162

3.4.2 Pengaplikasian Kaedah Simpleks

Masalah utama yang dihadapi oleh pihak majikan PPSP Cherating ialah berapa orang pekerjakah yang perlu diambil supaya pembayaran gaji pekerja pada tahun akan datang tidak lebih daripada peruntukan yang diberi. Masalah ini diungkapkan kepada penyataan matematik sebagai:-

Memaksimumkan

$$z = 8418x_1 + 4209x_2 \tag{3.32}$$

tertakluk kepada

$$x_1 + x_2 \leq 6 \tag{3.33}$$

$$8418x_1 + 4209x_2 \leq 39162 \tag{3.34}$$

$$366x_1 + 183x_2 \leq 1702 \tag{3.35}$$

$$x_1 - x_2 \leq 0 \tag{3.36}$$

$$x_1, x_2 > 0 \tag{3.37}$$

Masalah ini boleh diungkapkan kepada bentuk matriks sebagai:-

Memaksimumkan

$$z = \begin{bmatrix} 8418 & 4209 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \tag{3.38}$$

tertakluk kepada

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 8418 & 4209 \\ 366 & 183 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} 6 \\ 39162 \\ 1702 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{3.39}$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \geq 0 \tag{3.40}$$

yang mana,

x_1 : bilangan pekerja yang akan bekerja pada waktu malam sepanjang tahun

x_2 : bilangan pekerja yang akan bekerja pada waktu malam selama enam bulan sahaja

z : nilai optimum untuk bayaran gaji kepada pekerja malam sahaja

Langkah 1 : *Meneliti masalah pengaturcaraan linear*

Setelah diteliti, masalah pengaturcaraan linear di atas dikategorikan sebagai masalah maksimum piawai kerana memenuhi keempat-empat syarat yang ditetapkan. Maka, langkah penyelesaian boleh diteruskan.

Langkah 2 : *Menambahkan pembolehubah lalai kepada kekangan*

Oleh kerana masalah PL ini mengandungi empat kekangan, maka empat pembolehubah lalai akan ditambah. Setiap kekangan akan ditambah dengan satu pembolehubah lalai supaya kekangan dapat diubah kepada bentuk persamaan. s_1 akan ditambah kepada kekangan pertama, s_2 akan ditambah kepada kekangan kedua, kekangan ketiga ditambah dengan s_3 dan akhir sekali, kekangan keempat ditambah dengan s_4. Maka, penyataan matematik masalah ini menjadi:-

Memaksimumkan

$$z = 8418x_1 + 4209x_2 + 0s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 \qquad (3.41)$$

tertakluk kepada

$$x_1 + x_2 + s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 = 6 \qquad (3.42)$$

$$8418x_1 + 4209x_2 + 0s_1 + s_2 + 0s_3 + 0s_4 = 39162 \qquad (3.43)$$

$$366x_1 + 183x_2 + 0s_1 + 0s_2 + s_3 + 0s_4 = 1702 \qquad (3.44)$$

$$x_1 - x_2 + 0s_1 + 0s_2 + s_3 + 0s_4 = 0 \qquad (3.45)$$

$$x_1, x_2, s_1, s_2, s_3, s_4 > 0 \qquad (3.46)$$

Langkah 3 : *Memasukkan nilai ke dalam jadual*

Daripada langkah dua, didapati jumlah pembolehubah lalai adalah empat. Oleh itu, penyelesaian dalam jadual simpleks akan melibatkan matriks identiti 4×4. Setelah memasukkan nilai ke dalam jadual simpleks , jadual di bawah terhasil :-

Jadual 3.5a Jadual simpleks awal bagi masalah kajian

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	penyelesaian
z	1	-8148	-4209	0	0	0	0	0
s_1	0	1	1	1	0	0	0	6
s_2	0	8418	4209	0	1	0	0	39162
s_3	0	366	183	0	0	1	0	1702
s_4	0	1	-1	0	0	0	1	0

Lelaran 1

Langkah 4 : *Menentukan lajur pivot*

Dengan menggunakan petua pekali terbesar, lajur x_1 dipilih sebagai lajur pivot kerana nilai $x_1 = -8418$ dalam baris z merupakan nilai yang paling negatif jika dibandingkan dengan nilai-nilai lain dalam baris z .

Langkah 5 : *Mencari nilai nisbah setiap baris*

Nilai nisbah bagi setiap baris dikira dengan membahagikan nilai pada lajur penyelesaian dengan nilai pada lajur x_1 dalam baris yang sama.

Baris z : $\frac{0}{-8418} = -0$

Baris s_1 : $\frac{6}{1} = 6$

Baris s_2 : $\frac{39162}{8418} = 4.652$

Baris s_3 : $\frac{1702}{366} = 4.650$

Baris s_4 : $\frac{0}{1} = +0$

Langkah 6 : *Menentukan baris pivot*

Lajur s_4 merupakan lajur pivot kerana nilai nisbahnya yang bersamaan dengan sifar merupakan nisbah paling minimum. Melalui kaedah empat hingga kaedah enam, dapat ditentukan nilai unsur pivot iaitu 1.

Jadual 3.5b Pengiraan nisbah beserta pemilihan lajur pivot, baris pivot dan unsur pivot bagi masalah kajian

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	penyelesaian	nisbah
z	1	-8148	-4209	0	0	0	0	0	0
s_1	0	1	1	1	0	0	0	6	6
s_2	0	8418	4209	0	1	0	0	39162	4.652
s_3	0	366	183	0	0	1	0	1702	4.650
s_4	0	1	-1	0	0	0	1	0	+0

Langkah 7 : *Menentukan pembolehubah masuk dan pembolehubah keluar*

Unsur pivot terdapat pada lajur x_1 dan baris s_4, maka pembolehubah masuk ialah x_1 manakala pembolehubah keluar ialah s_4.

Langkah 8 : *Membina jadual simpleks baru*

Berdasarkan maklumat dalam langkah tujuh, pembolehubah s_4 dalam lajur asas akan digantikan dengan x_1. Jadual simpleks baru yang dibina adalah seperti berikut:-

Jadual 3.5c Pembinaan jadual simpleks kedua bagi masalah kajian

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	penyelesaian
z	1	?	?	?	?	?	?	?
s_1	0	?	?	?	?	?	?	?
s_2	0	?	?	?	?	?	?	?
s_3	0	?	?	?	?	?	?	?
x_1	0	?	?	?	?	?	?	?

Untuk mendapatkan nilai-nilai yang perlu diisi dalam jadual di atas, cara pengiraan akan ditunjukkan satu persatu. Pengiraan dimulakan dengan mencari nilai yang akan diisi pada baris yang menjadi baris pivot dalam jadual simpleks awal, iaitu baris x_1 dengan menggunakan persamaan (3.24).

Baris x_1

Lajur x_1: $\frac{1}{1} = 1$

Lajur x_2: $\frac{-1}{1} = -1$

Lajur s_1: $\frac{0}{1} = 0$

Lajur s_2: $\frac{0}{1} = 0$

Lajur s_3: $\frac{0}{1} = 0$

Lajur s_4: $\frac{1}{1} = 1$

Lajur penyelesaian : $\frac{0}{1} = 0$

Pengiraan diteruskan dengan mencari nilai yang akan diisi pada baris yang selain baris pivot dalam jadual simpleks awal, iaitu baris z, s_1, s_2 dan s_3 dengan menggunakan persamaan (3.25).

Baris z

Lajur x_1:	$-8418-(-8418)(1)=0$
Lajur x_2:	$-4209-(-8418)(-1)=-12627$
Lajur s_1:	$0-(-8418)(0)=0$
Lajur s_2:	$0-(-8418)(0)=0$
Lajur s_3:	$0-(-8418)(0)=0$
Lajur s_4:	$0-(-8418)(1)=8418$
Lajur penyelesaian :	$0-(-8418)(0)=0$

Baris s_1

Lajur x_1:	$1-(1)(1)=0$
Lajur x_2:	$1-(1)(-1)=2$
Lajur s_1:	$1-(1)(0)=1$
Lajur s_2:	$0-(1)(0)=0$
Lajur s_3:	$0-(1)(0)=0$
Lajur s_4:	$0-(1)(1)=-1$
Lajur penyelesaian :	$6-(1)(0)=6$

Baris s_2

Lajur x_1:	$8418-(8418)(1)=0$
Lajur x_2:	$4209-(8418)(-1)=12627$
Lajur s_1:	$0-(8418)(0)=0$
Lajur s_2:	$1-(8418)(0)=1$

Lajur s_3: $0-(8418)(0)=0$

Lajur s_4: $0-(8418)(1)=-8418$

Lajur penyelesaian : $39162-(8418)(0)=39162$

Baris s_3

Lajur x_1: $366-(366)(1)=0$

Lajur x_2: $183-(366)(-1)=549$

Lajur s_1: $0-(366)(0)=0$

Lajur s_2: $0-(366)(0)=0$

Lajur s_3: $1-(366)(0)=1$

Lajur s_4: $0-(366)(1)=-366$

Lajur penyelesaian : $1702-(366)(0)=1702$

Jadual 3.5d Pengisian nilai dalam jadual simpleks kedua bagi masalah kajian

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	penyelesaian
z	1	0	-12627	0	0	0	8418	0
s_1	0	0	2	1	0	0	-1	6
s_2	0	0	12627	0	1	0	-8418	39162
s_3	0	0	549	0	0	1	-366	1702
x_1	0	1	-1	0	0	0	1	0

Langkah 9 : *Mengenalpasti penyelesaian optimum*

Merujuk jadual di atas, masih terdapat nilai negatif dalam baris z, maka langkah empat hingga langkah sembilan diulang.

Lelaran 2

Langkah 4 : *Menentukan lajur pivot*

Dengan menggunakan petua pekali terbesar, lajur x_2 dipilih sebagai lajur pivot kerana nilai $x_2 = -12627$ dalam baris z merupakan nilai yang paling negatif jika dibandingkan dengan nilai-nilai lain dalam baris z.

Langkah 5 : *Mencari nilai nisbah setiap baris*

Nilai nisbah bagi setiap baris dikira dengan membahagikan nilai pada lajur penyelesaian dengan nilai pada lajur x_2 dalam baris yang sama.

Baris z : $\frac{0}{-12627} = -0$

Baris s_1 : $\frac{6}{2} = 3$

Baris s_2 : $\frac{39162}{12627} = 3.101$

Baris s_3 : $\frac{1702}{549} = 3.100$

Baris x_1 : $\frac{0}{-1} = -0$

Langkah 6 : *Menentukan baris pivot*

Lajur s_1 merupakan lajur pivot kerana nilai nisbahnya yang bersamaan dengan 3 merupakan nisbah paling minimum. Melalui kaedah empat hingga kaedah enam, dapat ditentukan unsur pivot iaitu 2.

Jadual 3.5e Pengiraan nisbah beserta pemilihan lajur pivot, baris pivot dan unsur pivot jadual simpleks kedua

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	penyelesaian	nisbah
z	1	0	-12627	0	0	0	8418	0	-0
s_1	0	0	2	1	0	0	-1	6	3
s_2	0	0	12627	0	1	0	-8418	39162	3.101
s_3	0	0	549	0	0	1	-366	1702	3.1
x_1	0	1	-1	0	0	0	1	0	-0

Langkah 7 : *Menentukan pembolehubah masuk dan pembolehubah keluar*

Unsur pivot terdapat pada lajur x_2 dan baris s_1, maka pembolehubah masuk ialah x_2 manakala pembolehubah keluar ialah s_1.

Langkah 8 : *Membina jadual simpleks baru*

Berdasarkan maklumat dalam langkah tujuh, pembolehubah s_1 dalam lajur asas akan digantikan dengan x_2. Dengan menggunakan rumus yang ditetapkan, jadual baru yang dibina adalah seperti berikut:-

Jadual 3.5f Pembinaan jadual simpleks ketiga bagi masalah kajian

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	penyelesaian
z	1	?	?	?	?	?	?	?
x_2	0	?	?	?	?	?	?	?
n s_2	0	?	?	?	?	?	?	?
t s_3	0	?	?	?	?	?	?	?
x_1	0	?	?	?	?	?	?	?

Untuk mendapatkan nilai-nilai yang perlu diisi dalam jadual di atas, cara pengiraan akan ditunjukkan satu persatu. Pengiraan dimulakan dengan mencari nilai yang akan diisi pada baris yang menjadi baris pivot dalam jadual sebelum ini, iaitu baris x_2.

Baris x_2

Lajur x_1: $\frac{0}{2} = 0$

Lajur x_2: $\frac{2}{2} = 1$

Lajur s_1: $\frac{1}{2} = 0.5$

Lajur s_2: $\frac{0}{2} = 0$

Lajur s_3: $\frac{0}{2} = 0$

Lajur s_4: $\frac{-1}{2} = -0.5$

Lajur penyelesaian : $\frac{6}{2} = 3$

Baris z

Lajur x_1: $0-(-12627)(0) = 0$

Lajur x_2: $-12627-(-12627)(1) = 0$

Lajur s_1: $0-(-12627)(0.5) = 6313.5$

Lajur s_2: $0-(-12627)(0) = 0$

Lajur s_3: $0-(-12627)(0) = 0$

Lajur s_4: $8418-(-12627)(-0.5) = 2104.5$

Lajur penyelesaian : $0-(-12627)(3) = 37881$

Baris s_2

Lajur x_1: $0-(12627)(0) = 0$

Lajur x_2: $12627-(12627)(1) = 0$

Lajur s_1: $0-(12627)(0.5) = -6313.5$

Lajur s_2: $1-(12627)(0) = 1$

Lajur s_3: $0-(12627)(0) = 0$

Lajur s_4: $-8418-(12627)(-0.5) = -2104.5$

Lajur penyelesaian : $39162-(12627)(3)=1281$

Baris s_3

Lajur x_1 : $0-(549)(0)=0$

Lajur x_2 : $549-(549)(1)=0$

Lajur s_1 : $0-(549)(0.5)=-274.5$

Lajur s_2 : $0-(549)(0)=0$

Lajur s_3 : $1-(549)(0)=1$

Lajur s_4 : $-366-(549)(-0.5)=-91.5$

Lajur penyelesaian : $1702-(549)(3)=55$

Baris x_1

Lajur x_1 : $1-(-1)(0)=0$

Lajur x_2 : $-1-(-1)(1)=0$

Lajur s_1 : $0-(-1)(0.5)=0$

Lajur s_2 : $0-(-1)(0)=0$

Lajur s_3 : $0-(-1)(0)=0$

Lajur s_4 : $1-(-1)(-0.5)=0.5$

Lajur penyelesaian : $0-(-1)(3)=3$

Jadual 3.5g Pengiraan nisbah beserta pemilihan lajur pivot, baris pivot dan unsur pivot jadual simpleks ketiga

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	penyelesaian
z	1	0	0	6313.5	0	0	2104.5	37881
x_2	0	0	1	0.5	0	0	-0.5	3
s_2	0	0	0	-6313.5	1	0	-2104.5	1281
s_3	0	0	0	-274.5	0	1	-91.5	55
x_1	0	1	0	0.5	0	0	0.5	3

Langkah 9 : *Mengenalpasti penyelesaian optimum*

Merujuk jadual di atas, semua nilai dalam baris z sudah menjadi nilai bukan negatif, penyelesaian optimum telah dicapai. Pengiraan berakhir pada lelaran ini.

Berdasarkan pengiraan yang dibuat secara manual tanpa bantuan sebarang perisian, penyelesaian optimum dicapai pada jadual yang ketiga kerana semua nilai pada pada baris z sudah menjadi nilai bukan negatif. Nilai penyelesaian optimum bagi masalah ini ialah $z = 37\,881$, manakala nilai penyelesaian tersaur yang diperolehi ialah $x_1 = 3$ dan $x_2 = 3$.

3.4.3 Pengaplikasian Kaedah Bergraf

Masalah pengaturcaraan linear dalam kajian ini hanya melibatkan dua jenis pembolehubah sahaja iaitu x_1 dan x_2. Oleh yang demikian, kita dapat menganggarkan nilai-nilai yang mungkin bagi x_1 dan x_2 dengan menggunakan kaedah bergraf (*graphical method*) yang mana kaedah ini hanya sesuai untuk masalah pengaturcaraan linear yang melibatkan dua pembolehubah sahaja. Bagi masalah PL yang mempunyai tiga atau lebih pembolehubah, kaedah ini amat tidak sesuai untuk diaplikasikan.

Langkah 1 : Tanda '$\leq$' pada kekangan ditukarkan menjadi '='

$$
\begin{array}{rcr}
x_1 + x_2 \leq 6 & & x_1 + x_2 = 6 \\
8418x_1 + 4209x_2 \leq 39162 & & 8418x_1 + 4209x_2 = 39162 \\
366x_1 + 183x_2 \leq 1702 & & 366x_1 + 183x_2 = 1702 \\
x_1 - x_2 \leq 0 & \Longrightarrow & x_1 - x_2 = 0 \\
x_1 \geq 0 & & x_1 = 0 \\
x_2 \geq 0 & & x_2 = 0
\end{array}
$$

Langkah 2 : Semua persamaan ditukarkan kepada bentuk $x_2 = mx_1 + c$

Persamaan 1 : $x_1 + x_2 = 6$

$$x_2 = -x_1 + 6 \tag{3.47}$$

Persamaan 2 : $8418x_1 + 4209x_2 = 39162$

$$4209x_2 = -8418x_1 + 39162$$

$$x_2 = -x_1 + 9.3043 \tag{3.48}$$

Persamaan 3 : $366x_1 + 183x_2 = 1702$

$$183x_2 = -366x_1 + 1702$$

$$x_2 = -2x_1 + 9.3005 \tag{3.49}$$

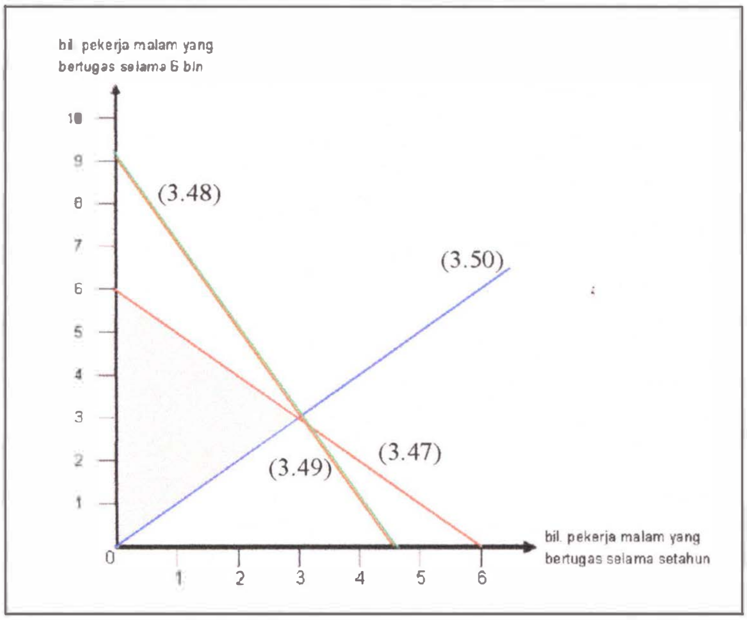
Persamaan 4 : $x_1 - x_2 = 0$

$$-x_2 = -x_1$$

$$x_2 = x_1 \tag{3.50}$$

Langkah 3 : Graf bagi setiap persamaan dilakarkan

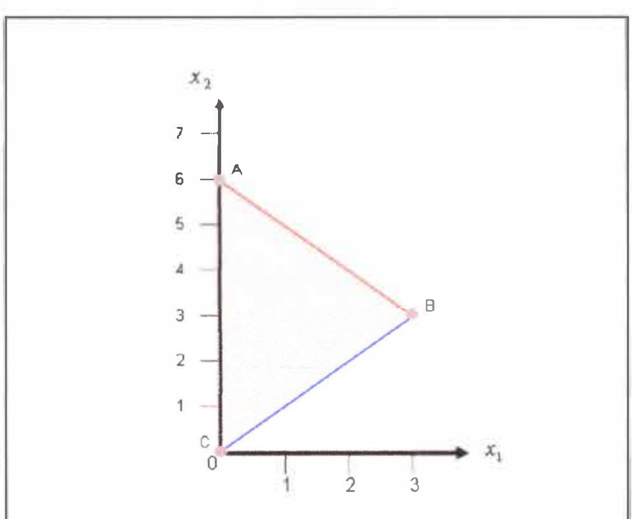
Kita akan melakar graf di atas satu satah sahaja berdasarkan empat persamaan garis yang kita perolehi daripada kekangan masalah ini. Dalam langkah dua, kita dapat lihat nilai c dan m. c adalah pintasan-x_2, manakala m adalah kecerunan bagi graf tersebut. Paksi x mewakili bilangan pekerja malam yang bertugas selama setahun manakala paksi y mewakili bilangan pekerja malam yang bertugas selama enam bulan sahaja.



Rajah 3.2: Lakaran graf persamaan (3.47) hingga (3.50)

Langkah 4 : Menentukan titik-titik ekstrima

Daripada graf di atas, kita akan tentukan semua titik ekstrima (*extreme point*). Terdapat tiga titik ekstrima dan kita wakilkan ia sebagai A, B dan C. Titik-titik ini berkemungkinan menjadi penyelesaian tersaur. Rantau ABC disebut sebagai rantau tersaur yang memuatkan semua titik $(x_1, x_2)^T$ yang memenuhi kekangan dan syarat ketaknegatifan bagi masalah (3.32) hingga (3.37).



Rajah 3.3: Rantau tersaur masalah kajian

Titik A : $(0,6)$

Titik B : Titik hasil persilangan persamaan (3.47) dan persamaan (3.50)

$$x_2 = -x_1 + 6 \text{ dan } x_2 = x_1$$

$$\begin{aligned} x_1 &= -x_1 + 6 \\ 2x_1 &= 6 \\ x_1 &= 3 \\ x_2 &= 3 \end{aligned}$$

A : $(3,3)$

Titik C : $(0,0)$

Langkah 5 : Menentukan penyelesaian tersaur (*feasible solution*)

Pertama sekali, masukkan semua nilai bagi titik eksrima ke dalam fungsi objektif iaitu $z = 8418x_1 + 4109x_2$.

Jadual 3.6 Pengiraan z, bagi titik A, B dan C

Titik ekstrima	x_1	x_2	$z = 8418x_1 + 4109x_2$
A (0,6)	0	6	24654
B (3,3)	3	3	37881
C(0,0)	0	0	0

Berdasarkan jadual di atas, titik B menghasilkan nilai z yang paling maksimum. Maka, penyelesaiannya ialah $x_1 = 3$ dan $x_2 = 3$ menghasilkan $z = 37\,881$.

BAB 4

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Dalam bab ini, perkara yang akan dikupas ialah berkenaan keputusan yang diperoleh setelah mengaplikasikan kaedah yang dipilih iaitu kaedah simpleks dan juga perbincangan tentang keputusan tersebut.

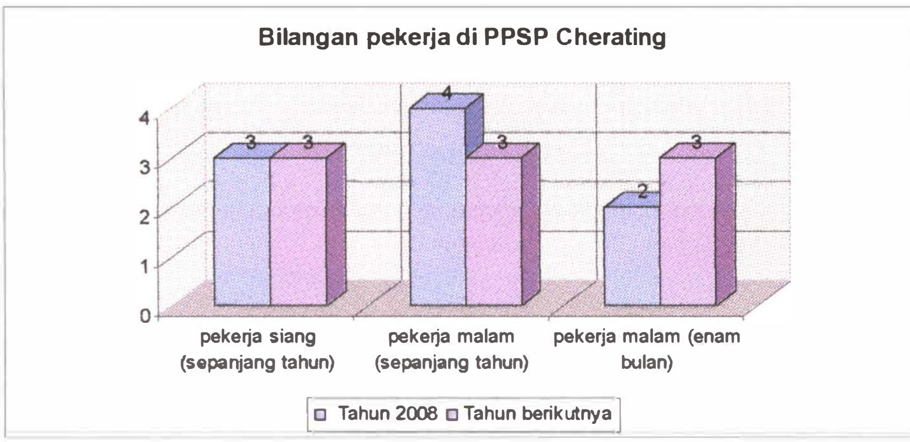
4.1 Keputusan

Setelah membuat pengiraan manual dengan mengaplikasikan kaedah simpleks kepada masalah kajian untuk memaksimumkan penggunaan peruntukan gaji, jadual simpleks terakhir yang mengandungi penyelesaian tersaur dan penyelesaian optimum adalah seperti di bawah:-

Jadual 4.1 Jadual simpleks ketiga

asas	z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	penyelesaian
z	1	0	0	6313.5	0	0	2104.5	37881
x_2	0	0	1	0.5	0	0	-0.5	3
s_2	0	0	0	-6313.5	1	0	-2104.5	1281
s_3	0	0	0	-274.5	0	1	-91.5	55
x_1	0	1	0	0.5	0	0	0.5	3

Berdasarkan jadual yang terhasil, penyelesaian optimum dicapai pada lelaran kedua, jadual simpleks ketiga yang mana $z = 37\,881$, manakala penyelesaian tersaur yang diperolehi pula ialah $x_1 = 3$ dan $x_2 = 3$. Maklumat ini menunjukkan tiga orang akan bekerja pada waktu malam selama setahun dan tiga orang lagi hanya akan bekerja pada waktu malam selama enam bulan sahaja. Selain itu, pihak pengurusan akan memperuntukkan wang berjumlah RM37 881 untuk bayaran semua pekerja malam pada tahun berikutnya. Jadual berikut menunjukkan perbezaan jumlah pekerja pada tahun 2008 dan jumlah pekerja yang dicadangkan untuk tahun berikutnya.



Rajah 4.1: Perbezaan jumlah pekerja tahun 2008 dengan tahun berikutnya

Berdasarkan keputusan diperolehi, salah seorang pekerja yang biasanya bekerja selama setahun terpaksa bekerja selama enam bulan sahaja dan jumlah gaji tahunan pekerja tersebut juga akan berkurang. Ini bermakna bilangan pekerja yang bertugas pada musim tiada penyu akan berkurang seorang manakala bilangan pekerja yang bertugas pada musim penyu mendarat kekal seramai enam orang.

Secara keseluruhannya, wang peruntukan untuk gaji pada tahun berikutnya berjumlah RM58 719. Jumlah ini diperolehi dengan menambahkan nilai penyelesaian optimum bersamaan jumlah peruntukan untuk pekerja malam yang berjumlah RM37 881 dan jumlah peruntukan pekerja siang yang berjumlah RM20 838. Pengiraan diringkaskan seperti berikut:-

$$\text{Jumlah peruntukan tahun berikutnya} = \text{Peruntukan tahunan pekerja malam} + \text{Peruntukan tahunan pekerja siang} \quad (4.1)$$

$$= \text{RM}37\,881 + \text{RM}20\,838$$

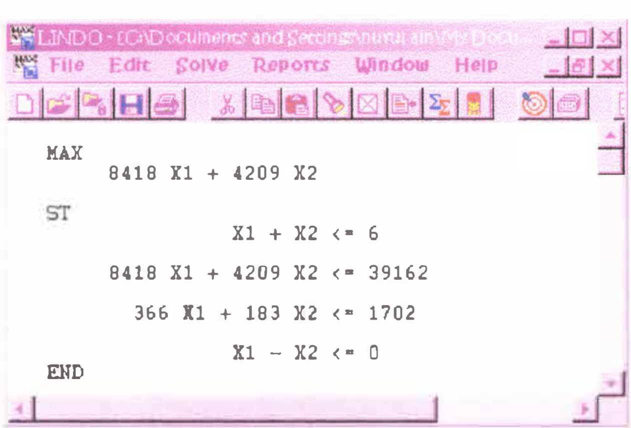
$$= \text{RM}58\,719$$

4.2 Penggunaan LINDO

LINDO adalah sebuah perisian komputer yang dicipta untuk membantu menyelesaikan semua masalah pengaturcaraan linear, kuadratik dan juga integer. Nama LINDO merupakan singkatan kepada perkataan '*Linear, **In**teractive, **D**iscrete **O**ptimizer*' yang bermaksud 'linear, interaktif, pengoptimum berasingan". LINDO boleh digunakan untuk menyelesaikan masalah linear interaktif, kuadratik, integer general juga masalah pengaturcaraan integer sifar-satu yang melibatkan sehingga 10 000 kekangan dan 100 000 pembolehubah. Selain itu, LINDO juga boleh melaksanakan analisis kepekaan dan pengaturcaraan parametrik.

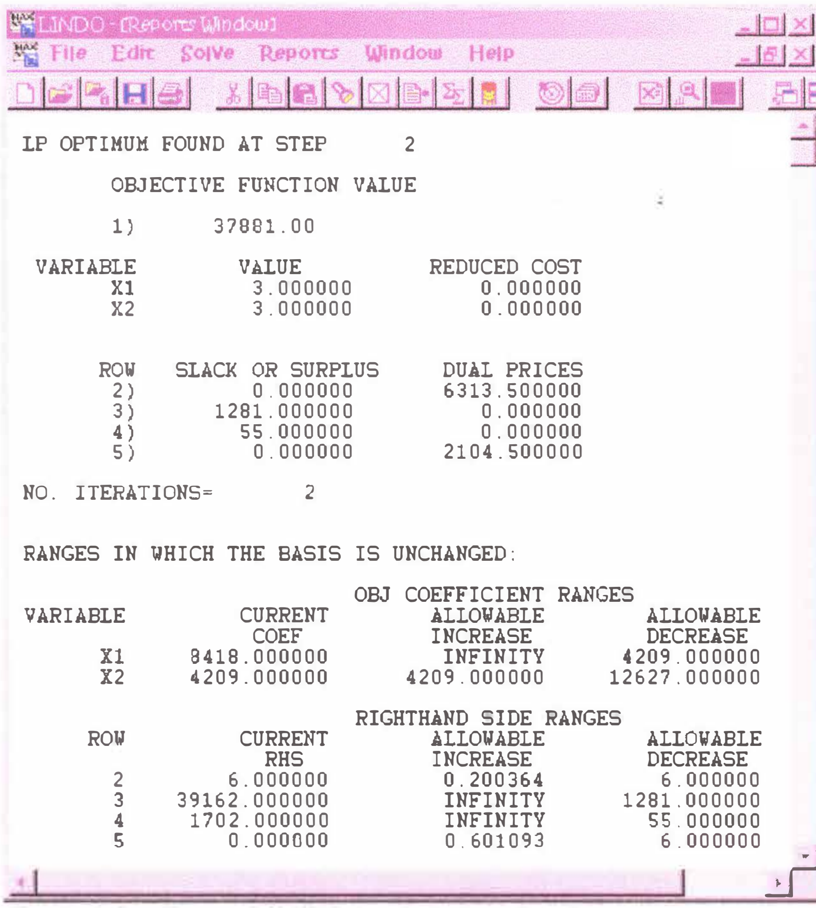
Untuk menggunakan LINDO, terdapat cara penulisan yang ditetapkan. Bagi masalah memaksimumkan, perkataan 'MAX' perlu ditaip sebelum fungsi objektif sebagai mewakili perkataan 'memaksimumkan'. Kemudian, perkataan 'subject to' atau 'ST' perlu ditaip sebelum kekangan sebagai mewakili perkataan 'tertakluk kepada'. Fungsi objektif dan semua kekangan perlu dimasukkan seperti di bawah.

Maklumat yang dimasukkan:-



Rajah 4.2: *Input* LINDO

Hasil yang dipamerkan oleh LINDO:-

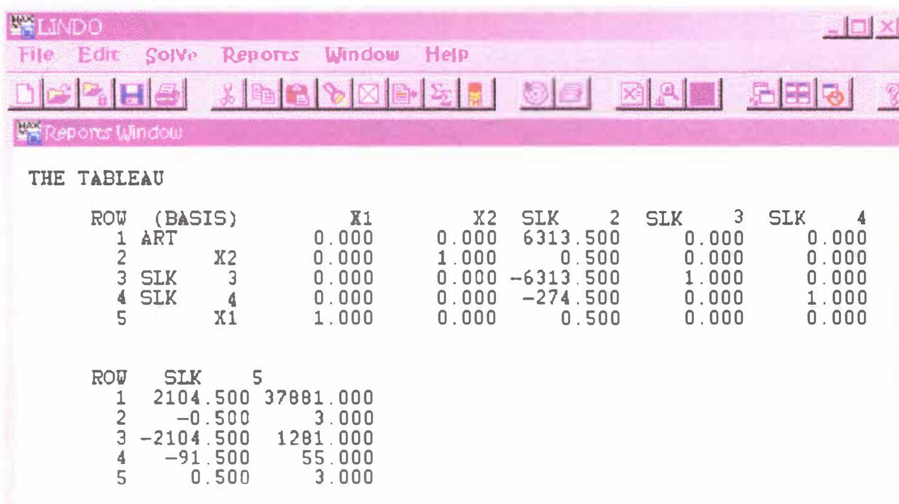


Rajah 4.3a: *Output* LINDO (analisis kepekaan)

Berdasarkan hasil yang dipamerkan oleh LINDO, algoritma kaedah simpleks melalui dua lelaran untuk menghasilkan penyelesaian optimum. Nilai optimum fungsi objektif ialah $z = 37\,881$ manakala nilai tersaur ialah $x_1 = 3$ dan $x_2 = 3$. LINDO secara automatik memperkenalkan pembolehubah lalai atau lebihan (*slack or surplus*) untuk menukarkan kekangan daripada bentuk ketidaksamaan kepada bentuk persamaan. Baris (*ROW*) 1 merujuk kepada fungsi objektif manakala baris dua hingga baris lima merujuk kepada kekangan masalah.

Bagi masalah kajian ini, empat pembolehubah lalai diperkenalkan dan dinamakan sebagai SLK 3, SLK 4, SLK 5 dan SLK 6. LINDO menggunakan 'SLK' untuk mewakili kedua-dua pembolehubah lebihan dan pembolehubah lalai. Dalam pengiraan manual, ia merujuk kepada s_1, s_2, s_3 dan s_4. Oleh yang demikian, penyelesaian optimum ialah $(x_1, x_2, x_3, s_1, s_2, s_3, s_4) = (3,3,0,1281,55,0)$.

Untuk menerangkan lajur di bawah '*REDUCED COST*' dan '*DUAL PRICES*', kita perlu merujuk kepada jadual simpleks terakhir (*final tableau*). Jadual simpleks terakhir yang dipamerkan oleh LINDO adalah seperti berikut:-



THE TABLEAU

ROW	(BASIS)	X1	X2	SLK 2	SLK 3	SLK 4
1	ART	0.000	0.000	6313.500	0.000	0.000
2	X2	0.000	1.000	0.500	0.000	0.000
3	SLK 3	0.000	0.000	-6313.500	1.000	0.000
4	SLK 4	0.000	0.000	-274.500	0.000	1.000
5	X1	1.000	0.000	0.500	0.000	0.000

ROW	SLK 5	
1	2104.500	37881.000
2	-0.500	3.000
3	-2104.500	1281.000
4	-91.500	55.000
5	0.500	3.000

Rajah 4.3b: *Output* LINDO (jadual simpleks terakhir)

Jadual yang dipamerkan adalah dalam bentuk piawai, kecuali pada lajur kedua yang mana pembolehubah 'ART' sebenarnya merujuk kepada z. Lajur terakhir dalam jadual merupakan lajur penyelesaian.

Kita berbalik kepada keputusan LINDO sebelum jadual simpleks terakhir. Nilai yang disenaraikan dalam lajur pengurangan kos (*REDUCED COST*) diambil daripada pekali bagi X1 dan X2 dalam baris 1 (rujuk rajah 4.3b). Dalam kata lain, X1 dan X2 tidak mengalami sebarang pengurangan harga. Secara rasminya, bagi masalah memaksimumkan, pengurangan harga untuk pembolehubah tak asas didefinisikan sebagai jumlah yang mana nilai z akan berkurang sekiranya nilai untuk pembolehubah tak asas ditambah dengan satu. Pengurangan harga bagi pembolehubah asas didefinisikan sebagai sifar. Secara mekanikalnya, ini kerana pembolehubah asas sentiasa mempunyai pekali sifar dalam baris z (fungsi objektif) dan secara konsepnya pula, hal ini disebabkan pembolehubah asas sudah "terlibat" dalam penyelesaian semasa.

Perbincangan seterusnya berkenaan nilai yang disenaraikan dalam lajur harga dual (*DUAL PRICES*). Istilah lain bagi harga dual ialah harga bayangan (*shadow prices*). Harga bayangan ini bercampur dengan pemalar sebelah kanan bagi kekangan asal yang mana nilai z akan meningkat sekiranya nilai pemalar tersebut ditambah dengan satu.

4.3 Perbandingan Keputusan

Setelah membuat perbandingan keputusan antara pengiraan manual kaedah simpleks, kaedah bergraf, serta perisian LINDO, didapati nilai penyelesaian tersaur dan nilai penyelesaian optimum yang diperolehi adalah sama, yang mana $x_1 = 3$, $x_2 = 3$ dan $z = 37\,881$. Ini menunjukkan pengiraan manual yang dibuat adalah tepat.

4.4 Analisis Kepekaan

Analisis kepekaan merupakan kajian bagaimana penyelesaian optimum dan nilai bagi penyelesaian optimum kepada pengaturcaraan linear berubah sekiranya berlaku perubahan kepada nilai pekali dalam fungsi objektif. Analisis ini dibuat setelah mendapatkan penyelesaian optimum bagi suatu masalah.

Sebelum memulakan analisis, kita perlu memahami istilah pembolehubah dual. Jumlah nilai pembolehubah dual dalam sesuatu masalah adalah bergantung kepada jumlah pembolehubah lalai bagi masalah tersebut. Satu pembolehubah dual akan ditetapkan untuk setiap satu pembolehubah lalai. Dalam masalah kajian ini, terdapat empat pembolehubah lalai, maka pembolehubah dual bagi masalah ini juga empat. Kita labelkan pembolehubah-pembolehubah ini sebagai y_1, y_2, y_3 dan y_4. Nilai pembolehubah dual diperolehi daripada jadual terakhir yang terhasil daripada pengaplikasian kaedah simpleks sebelum ini. Nilai-nilai ini menunjukkan perubahan wang peruntukan ke atas setiap seorang pekerja dalam nilai kekangan sebelah kanan. Berdasarkan jadual simpleks terakhir yang diperolehi dengan menggunakan kaedah simpleks dan LINDO, nilai bagi pembolehubah dual bagi masalah kajian adalah seperti berikut:

$y_1 = 6316.5$	Untuk setiap unit perubahan dalam bilangan pekerja yang ditetapkan, penggunaan wang peruntukan akan berubah sebanyak RM6313.50
$y_2 = 0$	Tidak akan berlaku sebarang perubahan kepada penggunaan wang peruntukan sekiranya had wang peruntukan berubah.
$y_3 = 0$	Tidak akan berlaku sebarang perubahan kepada penggunaan wang peruntukan sekiranya had jumlah maksimum hari bekerja berubah.
$y_4 = 2104.5$	Untuk setiap unit perubahan dalam bilangan perbezaan antara pekerja malam dan siang, penggunaan wang peruntukan akan berubah sebanyak RM2104.50

Analisis kepekaan dibahagikan kepada dua bahagian. Bahagian pertama ialah analisis yang dibuat terhadap perubahan pekali dalam fungsi objektif dan kedua ialah analisis yang dibuat terhadap perubahan nilai sebelah kanan bagi semua kekangan.

4.4.1 Perubahan Terhadap Nilai Pekali dalam Fungsi Objektif

Analisis akan menunjukkan jumlah maksimum bagi penambahan dan pengurangan yang boleh dibuat terhadap pekali bagi setiap pembolehubah yang mana diungkapkan dalam bentuk selang (a,b). a mewakili jumlah pengurangan yang maksimum manakala b mewakili jumlah penambahan maksimum. Analisis kepekaan bagi masalah kajian ini adalah seperti berikut.

Pembolehubah asas pertama, x_1.

Pekali bagi pembolehubah x_1 adalah jumlah gaji tahunan bagi individu yang bertugas penuh selama setahun. Maka kita akan menentukan pengurangan dan penambahan maksimum bagi pekali ini. Untuk menentukan selang (a,b), prosedur pengiraan adalah seperti berikut :-

Pertama sekali, fungsi objektif berubah menjadi:

Memaksimumkan

$$(8418+\delta_1)x_1 + 4209x_2 \tag{4.2}$$

Seterusnya, jadual simpleks terakhir dirujuk. Untuk menentukan baris z yang optimum, kita hanya perlu mengambil kira baris z dan baris x_1 sahaja.

Jadual 4.2a Baris z dan x_1

asas	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4
z	0	0	6313.5	0	0	2104.5
x_1	1	0	0.5	0	0	0.5

Maka, baris z terhasil seperti berikut :-

Jadual 4.2b Perubahan pada baris z

asas	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4
z	0	0	$6313.5+0.5\delta_1$	0	0	$2104.5+0.5\delta_1$

Penyelesaian optimum hanya boleh dicapai jika semua nilai dalam baris z adalah bukan negatif. Oleh itu:-

$$6313.5 + 0.5\delta_1 \geq 0$$

$$0.5\delta_1 \geq -6313.5$$

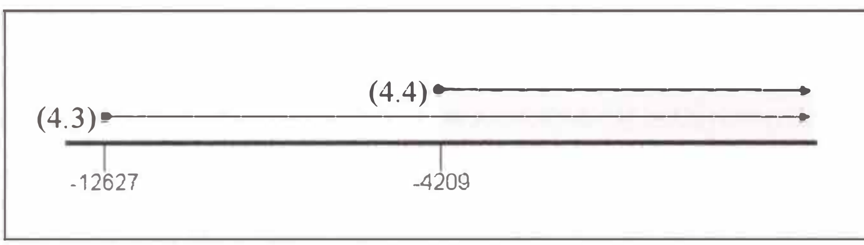
$$\delta_1 \geq -12627 \qquad (4.3)$$

$$2104.5 + 0.5\delta_1 \geq 0$$

$$0.5\delta_1 \geq -2104.5$$

$$\delta_1 \geq -4209 \qquad (4.4)$$

Dengan mengambil kira ketaksamaan (4.3) dan (4.4), nilai selang ditentukan dengan menggunakan garis nombor seperti berikut:-



Rajah 4.4: Garis nombor

Daripada garis nombor yang terhasil, nilai selang adalah di kawasan berlorek sahaja iaitu $(-4209, \infty)$ atau boleh diungkapkan seperti berikut:-

$$-4209 \leq \delta_1 \leq \infty \qquad (4.5)$$

$$4209 \leftarrow 8418 \rightarrow \infty$$

Berdasarkan nilai selang yang diperolehi, dapat dikatakan bahawa pengurangan terhadap jumlah gaji tahunan bagi setiap individu mestilah tidak melebihi RM4209. Walaubagaimanapun penambahan boleh dilakukan tanpa sebarang had. Dalam kata lain, nilai pekali bagi x_1 dalam fungsi objektif mestilah di antara 4209 dan infiniti.

Pembolehubah asas pertama, x_2.

Pekali bagi pembolehubah x_2 adalah jumlah gaji tahunan bagi individu yang bertugas penuh selama enam bulan. Maka kita akan menentukan pengurangan dan penambahan maksimum bagi pekali ini. Untuk menentukan selang (a,b), prosedur pengiraan adalah seperti berikut.

Pertama sekali, fungsi objektif berubah menjadi:-

Memaksimumkan

$$8418x_1 + (4209 + \delta_2)x_2 \tag{4.6}$$

Seterusnya, jadual simpleks terakhir dirujuk. Untuk menentukan baris z yang optimum, kita hanya perlu mengambil kira baris z dan baris x_2 sahaja.

Jadual 4.3a Baris z dan x_2

asas	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4
z	0	0	6313.5	0	0	2104.5
x_2	1	0	0.5	0	0	-0.5

Maka, baris z terhasil seperti berikut :-

Jadual 4.3b Perubahan pada baris z

asas	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4
z	0	0	$6313.5 + 0.5\delta_2$	0	0	$2104.5 - 0.5\delta_2$

Penyelesaian optimum hanya boleh dicapai jika semua nilai dalam baris z adalah bukan negatif. Oleh itu:-

$$6313.5 + 0.5\delta_2 \geq 0$$

$$0.5\delta_2 \geq -6313.5$$

$$\delta_2 \geq -12627 \qquad (4.7)$$

$$2104.5 - 0.5\delta_2 \geq 0$$

$$-0.5\delta_2 \geq -2104.5$$

$$\delta_2 \leq 4209 \qquad (4.8)$$

Dengan menggabungkan kedua-dua ketaksamaan (4.7) dan (4.8), nilai selang ialah $(-12627, 4209)$ atau boleh diungkapkan sebagai:-

$$-12627 \leq \delta_2 \leq 4209 \qquad (4.9)$$

$$-8418 \leftarrow 4209 \rightarrow 8418$$

Berdasarkan nilai selang yang diperolehi, dapat dikatakan bahawa pengurangan terhadap jumlah gaji tahunan bagi setiap individu mestilah tidak melebihi RM12 627, manakala penambahan maksimum berjumlah RM4209. Dalam kata lain, nilai pekali bagi x_2 dalam fungsi objektif mestilah di antara -8418 dan 8418.

4.4.2 Perubahan Terhadap Nilai Sebelah Kanan bagi Kekangan

Analisis akan menunjukkan jumlah maksimum bagi penambahan dan pengurangan yang boleh dibuat terhadap nilai sebelah kanan bagi semua atau kekangan yang mana diungkapkan dalam bentuk selang (a, b). a mewakili jumlah pengurangan yang maksimum manakala b mewakili jumlah penambahan maksimum. Analisis kepekaan bagi masalah kajian ini adalah seperti berikut.

Kekangan pertama

Nilai sebelah kanan bagi kekangan pertama merupakan jumlah maksimum pekerja malam yang diambil. Analisis dibuat bagi melihat perubahan yang dibenarkan ke atas nilai tersebut.

Lajur penyelesaian dalam jadual simpleks awal ditunjukkan dalam bentuk vektor. Oleh kerana kita menganggap perubahan berlaku kepada had jumlah pengambilan pekerja, maka vektor tersebut menjadi

$$\begin{bmatrix} 6+\Delta_1 \\ 39162 \\ 1702 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Seterusnya, vektor penyelesaian dalam jadual simpleks terakhir menjadi

$$\begin{bmatrix} 3+0.5\Delta_1 \\ 1281-6313.5\Delta_1 \\ 55-274.5\Delta_1 \\ 3-0.5\Delta_1 \end{bmatrix}$$

Nilai dalam lajur penyelesaian tidak boleh negatif, maka vektor tersebut mestilah lebih besar atau sama dengan sifar . Pengiraan selang bagi had jumlah pengambilan pekerja malam adalah seperti berikut:-

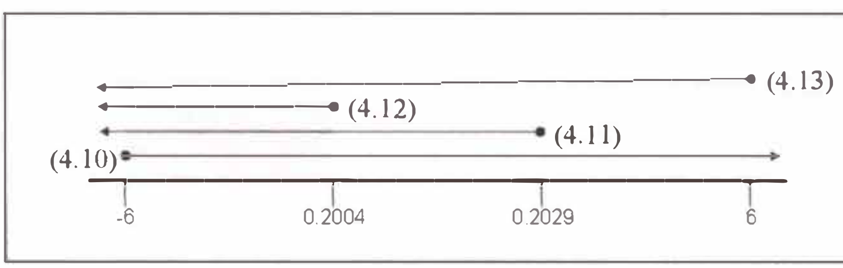
$$\begin{aligned} 3+0.5\Delta_1 &\geq 0 \\ 0.5\Delta_1 &\geq -3 \\ \Delta_1 &\geq -6 \end{aligned} \tag{4.10}$$

$$1281 - 6313.5\Delta_1 \geq 0$$
$$-6313.5\Delta_1 \geq -1281$$
$$\Delta_1 \leq 0.2029 \tag{4.11}$$

$$55 - 274.5\Delta_1 \geq 0$$
$$-274.5\Delta_1 \geq -55$$
$$\Delta_1 \leq 0.2004 \tag{4.12}$$

$$3 - 0.5\Delta_1 \geq 0$$
$$-0.5\Delta_1 \geq -3$$
$$\Delta_1 \leq 6 \tag{4.13}$$

Selang ditentukan dengan melukis garis nombor bagi (4.10), (4.11), (4.12) dan (4.13).



Rajah 4.5: Garis nombor

Maka, selang ialah $(-6, 0.2004)$ atau boleh diungkapkan dalam bentuk

$$-6 \leq \Delta_1 \leq 0.2004 \tag{4.14}$$
$$0 \leftarrow 6 \rightarrow 6.2004$$

Berdasarkan nilai selang yang diperolehi, dapat dikatakan bahawa jumlah pekerja yang diambil mestilah tidak lebih daripada enam orang. Dalam kata lain, nilai sebelah kanan bagi kekangan pertama mestilah di antara sifar hingga enam.

Kekangan kedua

Nilai sebelah kanan bagi kekangan kedua merupakan jumlah peruntukan yang diberi. Analisis dibuat bagi melihat perubahan yang dibenarkan ke atas nilai tersebut.

Lajur penyelesaian dalam jadual simpleks awal ditunjukkan dalam bentuk vektor. Oleh kerana kita menganggap perubahan berlaku kepada jumlah peruntukan yang diberi, maka vektor tersebut menjadi

$$\begin{bmatrix} 6 \\ 39162+\Delta_2 \\ 1702 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Seterusnya vektor penyelesaian dalam jadual simpleks terakhir menjadi

$$\begin{bmatrix} 3+0\Delta_2 \\ 1281+\Delta_2 \\ 55+0\Delta_2 \\ 3+0\Delta_2 \end{bmatrix}.$$

Nilai dalam lajur penyelesaian tidak boleh negatif, maka vektor tersebut mestilah lebih besar atau sama dengan sifar . Pengiraan selang bagi jumlah peruntukan yang diberi adalah seperti berikut:-

$$1281+\Delta_2 \geq 0$$

$$\Delta_2 \geq -1281 \tag{4.15}$$

Maka, nilai selang ialah $(-1281, \infty)$ atau boleh diungkapkan dalam bentuk

$$-1281 \leq \Delta_2 \leq \infty \tag{4.16}$$

$$37881 \leftarrow 39162 \rightarrow \infty$$

Berdasarkan nilai selang yang diperolehi, dapat dikatakan bahawa pengurangan yang boleh dibuat terhadap jumlah peruntukan mestilah tidak melebihi RM1281, manakala bagi penambahan, tiada had yang ditetapkan. Dalam kata lain, nilai sebelah kanan bagi kekangan kedua mestilah di antara 37 881 hingga infiniti.

Kekangan ketiga

Nilai sebelah kanan bagi kekangan ketiga merupakan jumlah maksimum hari bekerja. Analisis dibuat bagi melihat perubahan yang dibenarkan ke atas nilai tersebut.

Lajur penyelesaian dalam jadual simpleks awal ditunjukkan dalam bentuk vektor. Oleh kerana kita menganggap perubahan berlaku kepada jumlah maksimum hari bekerja, maka vektor tersebut menjadi

$$\begin{bmatrix} 6 \\ 39162 \\ 1702+\Delta_3 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Seterusnya vektor penyelesaian dalam jadual simpleks terakhir menjadi

$$\begin{bmatrix} 3+0\Delta_3 \\ 1281+0\Delta_3 \\ 55+\Delta_3 \\ 3+0\Delta_3 \end{bmatrix}.$$

Nilai dalam lajur penyelesaian tidak boleh negatif, maka vektor tersebut mestilah lebih besar atau sama dengan sifar . Pengiraan selang bagi jumlah maksimum hari bekerja adalah seperti berikut:-

$$\begin{aligned} 55+\Delta_3 &\geq 0 \\ \Delta_3 &\geq -55 \end{aligned} \tag{4.17}$$

Maka, nilai selang ialah $(-55, \infty)$ atau boleh diungkapkan sebagai

$$-55 \leq \Delta_3 \leq \infty \tag{4.18}$$

$$0 \leftarrow 55 \rightarrow \infty$$

Berdasarkan nilai selang yang diperolehi, dapat dikatakan bahawa pengurangan yang boleh dibuat terhadap jumlah maksimum hari bekerja tidak melebihi 55 hari, manakala bagi penambahan, tiada had yang ditetapkan. Dalam kata lain, nilai sebelah kanan bagi kekangan kedua mestilah di antara sifar hingga infiniti.

Kekangan terakhir

Nilai sebelah kanan bagi kekangan terakhir merupakan perbezaan bilangan pekerja malam mengikut kategori. Analisis dibuat bagi melihat perubahan yang dibenarkan ke atas nilai tersebut.

Lajur penyelesaian dalam jadual simpleks awal ditunjukkan dalam bentuk vektor. Oleh kerana kita menganggap perubahan berlaku kepada perbezaan bilangan pekerja malam, maka vektor tersebut menjadi

$$\begin{bmatrix} 6 \\ 39162 \\ 1702 \\ 0+\Delta_4 \end{bmatrix}.$$

Seterusnya vektor penyelesaian dalam jadual simpleks terakhir menjadi

$$\begin{bmatrix} 3-0.5\Delta_4 \\ 1281-2104.5\Delta_4 \\ 55-91.5\Delta_4 \\ 3+0.5\Delta_4 \end{bmatrix}.$$

Nilai dalam lajur penyelesaian tidak boleh negatif, maka vektor tersebut mestilah lebih besar atau sama dengan sifar . Pengiraan selang bagi had perbezaan bilangan pekerja malam adalah seperti berikut:-

$$3-0.5\Delta_4 \geq 0$$

$$-0.5\Delta_4 \geq -3$$

$$\Delta_4 \leq 6 \tag{4.19}$$

$$1281-2104.5\Delta_4 \geq 0$$

$$-2104.5\Delta_4 \geq -1281$$

$$\Delta_4 \leq 0.6087 \tag{4.20}$$

$$55-91.5\Delta_4 \geq 0$$

$$-91.5\Delta_4 \geq -55$$

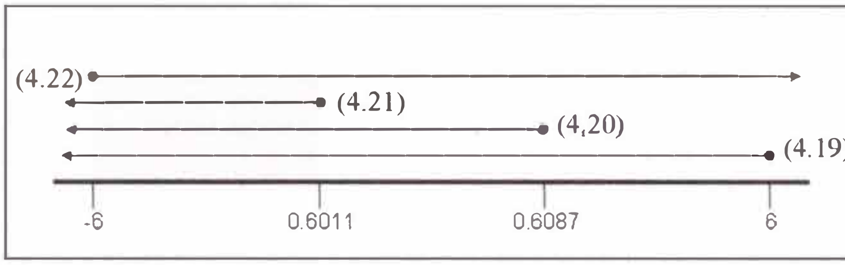
$$\Delta_4 \leq 0.6011 \tag{4.21}$$

$$3+0.5\Delta_4 \geq 0$$

$$0.5\Delta_4 \geq -3$$

$$\Delta_4 \geq -6 \tag{4.22}$$

Selang ditentukan dengan melukis garis nombor bagi (4.19), (4.20), (4.21) dan (4.22).



Rajah 4.6: Garis nombor

Maka, nilai selang ialah $(-6, 0.6011)$ atau boleh diungkapkan sebagai

$$-6 \leq \Delta_4 \leq 0.6011 \qquad (4.23)$$

$$0 \leftarrow 0 \rightarrow 0.6011$$

Berdasarkan nilai selang yang diperolehi, dapat dikatakan bahawa nilai sebelah kanan bagi kekangan terakhir mestilah di antara sifar hingga 0.6011.

4.5 Perbincangan

Seperti yang dinyatakan sejak dari awal, pihak Jabatan Perikanan Negeri memperuntukkan sebanyak RM60 000 untuk bayaran gaji pekerja di PPSP Cherating. Namun begitu, mengikut kajian yang dijalankan, peruntukan yang akan digunakan hanyalah berjumlah RM58 719. Ini bermakna wang peruntukan tersebut masih mempunyai baki sebanyak RM1281. Nilai ini diperolehi dengan mencari beza antara jumlah peruntukan sebenar dengan jumlah yang bakal digunakan. Pengiraan diringkaskan seperti berikut:-

$$\text{Baki peruntukan} = \text{Jumlah peruntukan yang sebenar} - \text{Jumlah peruntukan yang bakal digunakan} \qquad (4.24)$$

$$= \text{RM60 000} + \text{RM58 719}$$

$$= \text{RM1281}$$

Berdasarkan pengiraan di atas, didapati masih banyak baki daripada jumlah peruntukan. Sebaiknya jumlah peruntukan digunakan semaksimum yang mungkin. Salah satu cara untuk memaksimumkan lagi penggunaan peruntukan adalah dengan meningkatkan kos upah harian setiap pekerja di PPSP Cherating. Berdasarkan penyelesaian tersaur yang diperolehi dalam bab tiga, dapat ditentukan jumlah maksimum hari bekerja untuk semua pekerja ialah 2553 hari. Untuk mendapatkan jumlah penambahan kos upah harian bagi setiap pekerja, baki peruntukan dibahagikan dengan jumlah maksimum hari bekerja. Pengiraan diringkaskan seperti berikut:-

$$\text{Penambahan kos upah harian} = \frac{\text{Baki peruntukan}}{\text{Jumlah maksimum hari bekerja}} \tag{4.25}$$

$$= \frac{RM1281}{2553}$$

$$= RM0.50$$

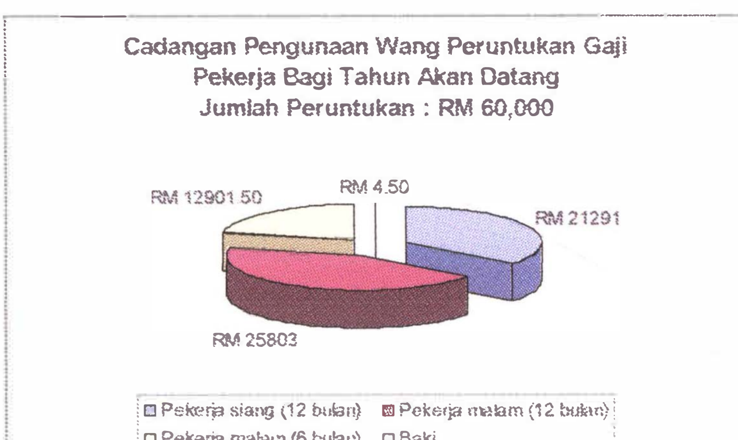
Pengiraan menunjukkan kos upah harian setiap pekerja bertambah sebanyak RM0.50. Maka setiap pekerja bakal menerima kos upah harian sebanyak RM23.50. Pertambahan kos upah harian ini menyebabkan berlakunya juga pertambahan pada peruntukan gaji tahunan setiap pekerja seterusnya menyebabkan jumlah penggunaan peruntukan turut bertambah.

Jumlah gaji tahunan setiap pekerja ditentukan dengan mendarabkan jumlah maksimum hari bekerja setiap individu dalam setahun dengan kos upah harian. Pengiraan ditunjukkan dalam jadual berikut:-

Jadual 4.4 Jumlah gaji tahunan pekerja

	Bekerja siang selama setahun	Bekerja malam selama setahun	Bekerja malam selama 6 bulan
Bilangan pekerja / hari	3	3	3
Bilangan maksimum hari bekerja / tahun	302	366	183
Kos upah harian (RM)	23.50	23.50	23.50
Jumlah gaji tahunan (RM)	$3 \times 302 \times 23.50$ $= 21291$	$3 \times 366 \times 23.50$ $= 25803$	$3 \times 183 \times 23.50$ $= 12901.50$

Berdasarkan jadual di atas, jumlah peruntukan tahunan setiap pekerja didapati bertambah. Peruntukan untuk pekerja siang berjumlah RM21291, manakala peruntukan untuk pekerja malam selama setahun berjumlah RM25803 dan peruntukan untuk pekerja malam selama enam bulan pula berjumlah RM12901.50. Secara keseluruhannya, dengan menambahkan semua nilai berikut, jumlah peruntukan yang bakal digunakan ialah RM59995.50. Oleh itu, baki peruntukan yang tinggal hanyalah RM4.50. Ini menunjukkan penggunaan peruntukan gaji benar-benar dimanfaatkan dan digunakan semaksimum yang mungkin. Carta pai di bawah meringkaskan cadangan penggunaan wang peruntukan gaji bagi tahun akan datang.



Rajah 4.7: Cadangan penggunaan peruntukan gaji

BAB 5

KESIMPULAN DAN CADANGAN

Bab ini merumuskan dapatan kajian secara keseluruhan. Selain itu cadangan atau saranan juga dipaparkan bagi kajian-kajian yang akan datang.

5.1 Kesimpulan

Secara keseluruhannya, hasil kajian yang diperolehi telah berjaya mencapai kedua-dua objektif kajian ini iaitu mengelakkan masalah perbelanjaan melebihi peruntukan dan memaksimumkan penggunaan peruntukan gaji di PPSP Cherating. Masalah perbelanjaan melebihi peruntukan dapat dielakkan dengan mengurangkan hari bekerja salah seorang kakitangan, manakala untuk memaksimumkan penggunaan peruntukan, pihak pengurusan PPSP Cherating mengambil langkah meningkatkan upah harian setiap pekerja di tempat tersebut. Ketepatan hasil kajian ini telah diperkuatkan lagi dengan menggunakan bantuan perisian LINDO. Selain itu, pemilihan kaedah simpleks untuk menyelesaikan masalah dalam kajian merupakan pilihan yang amat tepat. Melalui pengaplikasian kaedah simpleks, beberapa perkara penting telah dikenalpasti. Pertama, kita perlu memahami masalah dengan teliti dan boleh menukarkan masalah dalam kehidupan ini kepada bentuk penyataan matematik. Kedua, kemahiran untuk memilih kekangan adalah amat penting kerana kesilapan dalam proses ini boleh menyebabkan keputusan yang tepat gagal dicapai.

5.2 Cadangan

Bagi kajian-kajian akan datang, diharapkan kaedah ini dapat membantu menyelesaikan masalah yang seakan-akan sama bukan sahaja di PPSP Cherating, malahan juga di organisasi-organisasi lain yang terdapat di negara kita ini. Dengan menyelesaikan masalah yang berlaku di organisasi yang lebih besar, kita dapat melihat keberkesanan kaedah ini. Selain itu, terdapat banyak lagi perisian yang dapat membantu menyelesaikan masalah pengaturcaraan linear, disarankan agar penggunaan perisian lain seperti MATLAB, dan C++ dapat diperluaskan dalam kajian akan datang.

RUJUKAN

Anon. Sensitivity analysis: a sample Lindo output. http://www.utd.ude/~scniu/OPRE-6201/documents/LP-13-LINDO-Analysis.pdf [16 Mac 2009]

Chinneck, J.W. 2000. Practical optimization: a gentle introduction. 8. http://www.sce.carleton.ca/faculty/chinneck/po.htm [16 Mac 2009]

Dantzig, G.B., Orden, A. & Wolfe, P. 1953. The generalized simplex method for minimizing a linear form under inequality restraints.

Eiselt, H.A. & Marianov, V. 2008. Employee positioning and workload allocation. *Journal of Computer & Operation Research* 35: 513-524.

Haji Ismail bin Mohd. 1991. *Teori dan penggunaan Pengaturcaraan Linear*. Kuala Lumpur: Penerbit Dewan Bahasa dan Pustaka.

Heckman, C.C. 2006. Linear Programming: Beyond 4.2 (The Simplex Method). Arizona State University : 12.

Hillier, F.S. & Lieberman, G.J. 1995. *Introduction to Operation Research*. Sixth edition. McGraw-Hill.

Ladurantaye, D.D., Gendreau, M. & Potvin, J.Y. 2007. Optimizing profits from hydroelectricity production. *Journal of Computer & Operation Research* 36 (2009) : 499-529.

Li, C.L., Mosheiov, G., & Yovel, U. 2008. An efficient algorithm for minimizing earliness, tardiness, and due-date costs for equal-sized jobs. *Journal of Computer & Operation Research* 35: 3612-3619.

Liu, S.S. & Wang, C.J. 2008. Resource-constrained construction project scheduling model for profit maximization considering cash flow. *Journal of Automation in Construction* 17 : 966-974.

Raith, A. & Ehrgott, M. 2008. A two-phase algorithm for the biobjective integer minimum cost flow problem. *Journal of Computer & Operation Research* (2008) : 10.

Reeb, J.E. & Leavengood, S. 1998. Using the simplex method to solve linear programming maximization problem. *Operation Research*. http://owic.oregonstate.edu/pubs/EM8720.pdf [22 September 08]

Winston. 2003. Sensitivity analysis using Lindo. 9. http://www.math.uwo.ca/~heinicke/courses/236_03/winco_03.pdf [16 Mac 2009]

Yang, W.H. 2007. Scheduling jobs on a single machine to maximize the total revenue of jobs. *Journal of Computer & Operation Research* 35 (2009) : 565-583.

Young, R.A. 2000. Cost Allocation and Linear Programming. 18. http://www.cob.ohio-state.edu/~young_53/LPTutorial.pdf [23 September 08]

LAMPIRAN A

BAYARAN GAJI PEKERJA PPSP CHERATING TAHUN 2008

BIL	NAMA	JANUARI		FEBRUARI		MAC		APRIL		MEI		JUN	
		HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)
1	Nor Asmar	25	575	24	552	25	575	26	598	24	552	25	575
2	Zulaikha	25	575	24	552	25	575	26	598	24	552	25	575
3	Ab. Rashid	24	552	24	552	25	575	26	598	24	552	25	575
4	Mohd Azrol	31	713	29	667	31	713	30	690	31	713	30	690
5	Azuan	31	713	29	667	30	690	30	690	31	713	30	690
6	Mohammed Lot	31	713	29	667	31	713	30	690	31	713	30	690
7	Abdul Hamid	31	713	29	667	30	690	30	690	30	690	30	690
8	Hasan							30	690	31	713	30	690
9	Jamil							30	690	31	713	30	690

BIL	NAMA	JULAI		OGOS		SEPTEMBER		OKTOBER		NOVEMBER		DISEMBER	
		HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)	HARI KERJA	AMAUN (RM)
1	Nor Asmar	24	552	25	575	24	552	25	575	26	598	24	552
2	Zulaikha	26	598	26	598	22	506	23	529	26	598	24	552
3	Ab. Rashid	27	621	27	621	23	529	25	575	26	598	24	552
4	Mohd Azrol	29	667	29	667	29	667	30	690	29	667	30	690
5	Azuan	30	690	31	713	30	690	31	713	30	690	30	690
6	Mohammed Lot	30	690	31	713	30	690	31	713	30	690	30	690
7	Abdul Hamid	30	690	31	713	30	690	30	690	30	690	29	667
8	Hasan	30	690	31	713	30	690						
9	Jamil	29	667	31	713	29	667						

LAMPIRAN B

JUMLAH PERBELANJAAN GAJI PEKERJA PPSP TAHUN 2008

	NAMA	OKT	NOV	DIS	JAN	FEB	MAC	APR	MEI	JUN	JUL	OGOS	SEP	JUMLAH
SIANG	A	575	598	552	575	552	575	598	552	575	552	575	552	6831
	B	529	598	552	575	552	575	598	552	575	598	598	506	6808
	C	575	598	552	552	552	575	598	552	575	621	621	529	6900
MALAM	D	690	667	690	713	667	713	690	713	690	667	667	667	8234
	E	713	690	690	713	667	690	690	713	690	690	713	690	8349
	F	713	690	690	713	667	713	690	713	690	690	713	690	8372
	G	690	690	667	713	667	690	690	690	690	690	713	690	8280
	H							690	713	690	690	713	690	4186
	I							690	713	690	667	713	667	4140
	JUMLAH	4485	4531	4393	4554	4324	4531	5934	5911	5865	5865	6026	5681	**62100**

LAMPIRAN C

ANGGARAN MAKSIMUM GAJI PEKERJA TAHUN 2008

	NAMA	OKT	NOV	DIS	JAN	FEB	MAC	APR	MEI	JUN	JUL	OGOS	SEP	JUMLAH
SIANG	A, B, C	575	598	552	575	552	575	598	552	575	621	621	552	**6946**
MALAM	D, E, F, G	713	690	713	713	667	713	690	713	690	713	713	690	**8418**
	H, I							690	713	690	713	713	690	**4209**

Jumlah anggaran maksimum untuk bayaran gaji pekerja tahun 2008

6946 X 3 = 20,838
8418 X 4 = 33,672
4209 X 2 = 8,418

JUMLAH : RM 62,928

LAMPIRAN D

JUMLAH HARI KEDATANGAN PEKERJA PPSP TAHUN 2008

	NAMA	OKT	NOV	DIS	JAN	FEB	MAC	APR	MEI	JUN	JUL	OGOS	SEP	JUMLAH
SIANG	A	25	26	24	25	24	25	26	24	25	24	25	24	297
	B	23	26	24	25	24	25	26	24	25	26	26	22	296
	C	25	26	24	24	24	25	26	24	25	27	27	23	300
MALAM	D	30	29	30	31	29	31	30	31	30	29	29	29	358
	E	31	30	30	31	29	30	30	31	30	30	31	30	363
	F	31	30	30	31	29	31	30	31	30	30	31	30	364
	G	30	30	29	31	29	30	30	30	30	30	31	30	360
	H							30	31	30	30	31	30	182
	I							30	31	30	29	31	29	180
	JUMLAH	195	197	191	198	188	197	258	257	255	255	262	247	**2700**

LAMPIRAN E

ANGGARAN MAKSIMUM HARI BEKERJA TAHUN 2008

	NAMA	OKT	NOV	DIS	JAN	FEB	MAC	APR	MEI	JUN	JUL	OGOS	SEP	JUMLAH
SIANG	A, B, C	25	26	24	25	24	25	26	24	25	27	27	24	**302**
MALAM	D, E, F, G	31	30	31	31	29	31	30	31	30	31	31	30	**366**
	H, I							30	31	30	31	31	30	**183**

Jumlah maksimum keseluruhan hari bekerja tahun 2008,

302 X 3 = 906
366 X 4 = 1464
183 X 2 = 366

JUMLAH : 2736 hari

BIODATA PENULIS

Nama	: Nurul Ain bt Abdul Karim
Alamat Tetap	: No.12, Lorong IM2/42, Indera Mahkota 2, 25200 Kuantan, Pahang darul Makmur.
Nombor Telefon	: 013-9176148
Email	: skyvoice_87@yahoo.com
Tarikh Lahir	: 6 Oktober 1987
Tempat Lahir	: Kg. Telok Melati, Maran, Pahang.
Kewarganegaraan	: Malaysia
Bangsa	: Melayu
Jantina	: Perempuan
Agama	: Islam
Pendidikan	: Sekolah Kebangsaan Indera Mahkota (1994-1996) Sekolah Kebangsaan Paya Pulai (1997-1999) Sek. Men. Agama Persekutuan Labu (2000-2004) Kolej Matrikulasi Pahang, KMPh (2005-2006) Universiti Malaysia Terengganu, UMT (2006-2009)