

Pemanfaatan Software Aplikasi Excel, Maple dan MATLAB untuk Pengajaran Matakuliah Optimisasi dengan Studi Kasus Penyelesaian Masalah Pemrograman Linear Integer pada Bidang Industri

Diah Chaerani*, Stanley P Dewanto, dan Eman Lesmana

Abstrak

Dalam makalah ini dipaparkan mengenai pemanfaatan software aplikasi dalam pengajaran rumpun matakuliah Matematika Industri di Program Studi Matematika FMIPA Universitas Padjadjaran khususnya untuk matakuliah Optimisasi: Pemrograman Linear Integer. Secara khusus penggunaan Microsoft Excel, Maple dan MATLAB dibahas untuk mempermudah tingkat pemahaman mahasiswa dalam pencarian solusi optimal dari masalah Pemrograman Linear Integer. Hasil pengamatan pada tugas mandiri maupun kelompok, menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan kedalaman penyelesaian masalah dengan menggunakan bantuan software aplikasi ini.

Kata-kata kunci: software aplikasi, excel, maple, MATLAB, pemrograman linear integer.

Pendahuluan

Dalam makalah ini dipaparkan mengenai pemanfaatan software aplikasi dalam pengajaran rumpun matakuliah Matematika Industri di Program Studi Matematika FMIPA Universitas Padjadjaran khususnya untuk matakuliah Optimisasi: Pemrograman Linear Integer. Secara khusus penggunaan Microsoft Excel (lihat McDonalds [1]), Maple (lihat Fishback [2]) dan MATLAB (lihat Andersen [3] dan Grant [4]) dibahas untuk mempermudah tingkat pemahaman mahasiswa dalam pencarian solusi optimal dari masalah Pemrograman Linear Integer.

Terdapat dua permasalahan penting dalam pembahasan pemanfaatan software aplikasi ini, yang pertama adalah bagaimana menguasai semua software aplikasi yang dianjurkan untuk digunakan dan kedua bagaimana menggunakan semua software aplikasi tersebut dalam penentuan solusi dari kasus-kasus yang diberikan di kelas. Dalam makalah ini diberikan pembahasan penggunaan praktis dan interaktif software aplikasi tersebut dalam pengajaran di kelas, serta pembahasan aspek pedagogik mengenai penggunaan software aplikasi tersebut.

Di Laboratorium Matematika Terapan dan Pemodelan Simulasi Departemen Matematika FMIPA Unpad, telah diperkenalkan secara terus menerus penggunaan software aplikasi tersebut di atas dalam penyelesaian berbagai masalah dan kasus pemodelan riset operasi dan optimisasi. Pengalaman mengampu rumpun matakuliah Matematika Industri selama tujuh tahun yang meliputi matakuliah Pemrograman Linear, Pemrograman Nonlinear, Pemrograman Dinamik dan Optimisasi (yang secara khusus

membahas Pemrograman Linear Integer) menunjukkan perlunya pengembangan dan peningkatan keterampilan mahasiswa untuk menguasai dan menggunakan software aplikasi Excel, Maple dan MATLAB.

Pemodelan Optimisasi Linear Integer

Menurut Rao [5], Optimisasi adalah suatu proses pencapaian kondisi terbaik yang memberikan nilai minimum atau maksimum dari suatu fungsi yang dibatasi oleh suatu keadaan tertentu. Dalam mendisain, mengkonstruksi dan memelihara suatu sistem, berbagai keputusan baik secara teknis maupun manajerial harus diambil pada beberapa tahap. Tujuan utama dari tahap pengambilan keputusan tersebut secara alami adalah meminimumkan usaha yang diperlukan atau memaksimumkan keuntungan yang diharapkan. Karena usaha yang diperlukan atau keuntungan yang diharapkan dalam berbagai situasi praktis dapat dinyatakan dalam suatu fungsi atas variabel keputusan tertentu, maka tanpa mengurangi keumuman optimisasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses dalam penentuan kondisi yang memberikan nilai maksimum atau minimum dari suatu fungsi.

Secara umum, masalah Optimisasi Linear (LO) dapat dinyatakan dalam masalah berikut

$$\min \{c^T x : Ax \leq b, x \geq 0\}. \quad (1)$$

dimana $c^T x$ adalah fungsi objektif linear, $Ax \leq b$ adalah fungsi kendala, dan $x \geq 0$ adalah variabel keputusan yang berupa variabel linear. Solusi optimal dari masalah Pemrograman Linear dapat diperoleh dengan menggunakan Metode Simpleks yang ditemukan oleh George Dantzig pada tahun 1947. Pada praktiknya, menyelesaikan masalah optimisasi sangatlah sulit untuk dilakukan, untuk itu sangatlah

menguntungkan untuk dapat menggunakan komputer untuk melakukan hal tersebut. sebelum menyelesaikan masalah optimisasi, data haruslah diperoleh dan dipersiapkan terlebih dahulu. Lebih jauh lagi, data yang telah diperoleh haruslah dapat disesuaikan dengan software optimisasinya. Dalam makalah ini disajikan bagaimana data masalah optimisasi harus disajikan dalam lingkungan software aplikasi Excel, Maple dan MATLAB.

Eksplorasi Excel untuk Penyelesaian Masalah LO

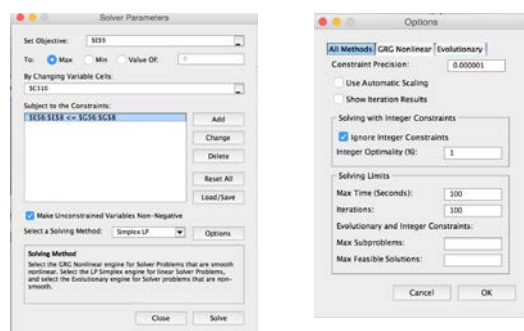
Merujuk pada Mc Donalds [1], untuk menggunakan Excel dalam penyelesaian Masalah Linear Optimisasi, *add-in solver* harus diinstal. Untuk menambahkannya, lakukan langkah berikut (hanya dilakukan satu kali). Pertama, pilih menu option *Tools | Add-Ins*, kemudian dari dialogue box, pilih untuk Solver Add-Ins. Selanjutnya, klik OK, maka Solver option dapat diakses dari menu option Tools yang baru (akan muncul Tools|Scenarios).

Untuk mendemonstrasikan penggunaan Microsoft Excel dalam masalah Optimisasi Linear, dalam makalah ini disajikan penyelesaian masalah Optimisasi Linear kasus sederhana dari The Wyndor Glass Co. problem yang diperkenalkan oleh Hillier & Lieberman [6]. Langkah pertama, sajikan data dalam Excel Worksheet seperti pada Gambar 3.

Plant	Doors	Windows	Totals	Hours Available
Plant 1	1	0	0	4
Plant 2	0	2	0	12
Plant 3	3	2	0	18
Unit Profit (\$thousands)	3	5	0	
Solution	0	0	0	

Gambar 3. Penyajian Data dalam Excel Worksheets

Selanjutnya penentuan solusi optimal dapat ditempuh dengan memilih solver yang sudah tersedia dalam *Add-Ins* Excel seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Solver Parameter pada Excel

Dalam tahap ini, software aplikasi Excel dapat menentukan solusi optimal dengan mengisi sel entri mana pada Excel yang merupakan fungsi objektif, jenis masalah optimisasi (maksimisasi atau minimisasi), sel entri mana yang merupakan data untuk matriks kendala, serta sel entri mana yang merupakan vektor ruas kanan yang menunjukkan ketersediaan sumber daya yang harus dialokasikan. Selanjutnya, tentukan metode penyelesaian apa yang akan digunakan. Dalam hal ini, tersedia tiga pilihan metode yaitu Metode Simpleks, GRG Nonlinear dan Metode Evolusioner. Hasil perhitungan dapat dilihat langsung pada worksheet Excel seperti pada Gambar 5.

	Doors	Windows	Total	Hours Available
Plant 1	1	0	2	4
Plant 2	0	2	12	12
Plant 3	3	2	18	18
Profit	3	5	36	
Solution	2	6		

Gambar 5. Solusi Optimal Hasil Perhitungan dengan Excel

Eksplorasi Software Aplikasi Maple untuk Masalah Optimisasi Linear

Untuk penentuan solusi optimal dengan menggunakan Maple dapat dilakukan dengan menggunakan paket `> with(simplex)` atau dengan `> with(optimization)`. Perintah perhitungan masalah LP dapat diselesaikan dengan menggunakan perintah

`> LPSolve(FungsiObj, {Himpunan Fungsi Kendala}, Asumsi Variable, 'minimize/maximize');`

```
> restart; with(LinearAlgebra); with(Optimization);
> c := Vector[row]([3,4]); # Enter objective coefficients.
c := [3 4]
> A := Matrix(2,2,[2,1,2,3]); # Enter constraint matrix.
A := [2 1
      2 3]
> b := [6,9]; # Enter constraint bounds.
b := [6
      9]
> x := ci; # Create vector of decision variables.
x := [x1
      x2]
> Constraints := seq(ConstraintMatrix[i]=b[i], i=1..2);
# Form constraints by extracting components of A*x as a sequence
and setting each component less than or equal to b.
constraints := 2*x1 + x2 - 6 <= 0, 2*x1 + 3*x2 - 9 <= 0
> LPSolve(c, {constraints}, assume="nonnegative", "maximize"); #
Solve problem.
[12.7500000000000, [x1 = 2.25000000000000, x2 = 1.50000000000000]]
> LPSolve(c, {constraints, x1=1}, assume="nonnegative", "maximize");
# Add an inequality to form a new list of constraints. Then solve
the resulting LP.
[x1 = 1, x2 = 0]
```

Gambar 6. Contoh sintaks Maple untuk LO

Sebagai contoh soal merujuk pada Fisher [2] dapat dilihat di pada Gambar 6.

Eksplorasi MATLAB Optimization Software (MOSEK) untuk Masalah Optimisasi Linear

Merujuk pada Andersen [3], MOSEK secara khusus, menyelesaikan masalah *sparse-large-scale* sangat memakan waktu jika tidak

memungkinkan untuk menggunakan MATLAB. Untuk itu, toolbox Optimisasi MOSEK dibuat yang memungkinkan untuk menggunakan MOSEK optimizers dari MATLAB environment. Tentu saja MOSEK optimizers dapat digunakan sebagaimana fungsi MATLAB biasa dimana perbedaan utamanya adalah masalah optimisasi dapat diselesaikan dengan lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan fungsi MATLAB yang biasa.

MOSEK dapat menyelesaikan masalah-masalah optimisasi antara lain Masalah linear optimization dengan menggunakan pengoptimisasi metode *interior point* atau metode simplex, Masalah Convex quadratic optimization, mengatasi Convex quadratic constraints, Masalah Conic quadratic optimization, Masalah Mixed integer linear optimization, Masalah linear least squares., Masalah norm minimization, Masalah linearly constrained entropy optimization, Masalah geometric programming (posynomial case), Masalah separable convex optimization, serta Membaca dan menulis file standar industri MPS.

MathWorks pembuat MATLAB juga menawarkan toolbox optimisasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa toolbox optimisasi MOSEK dan toolbox optimisasi MATLAB dapat dibandingkan dalam hal jenis masalah dan algoritma. Secara umum, MOSEK *optimization toolbox* hanya dapat menyelesaikan masalah convex optimization, sedangkan the MATLAB toolbox dapat juga mengatasi masalah nonconvex.

Di sisi lain, MOSEK optimization dapat menyelesaikan masalah *mixed integer linear optimization* yang tidak dapat dilakukan oleh MATLAB *optimization toolbox*.

Secara algoritma, penekanan dari MOSEK *optimization toolbox* adalah pada masalah *large-scale* dan masalah *sparse*. Dengan demikian, MOSEK hanya menawarkan algoritma *large-scale*. Namun demikian, algoritma ini performanya sangat baik untuk masalah dengan ukuran kecil dan sedang. Mesin penghitung utama dalam MOSEK optimization toolbox adalah suatu algoritma interior point primal- dual, yang telah didemonstrasikan dengan sangat baik untuk masalah large-scale.

Secara khusus, ketika algoritma diimplementasikan dengan menggunakan *state of the art (sparse) linear algebra* seperti dalam kasus untuk MOSEK optimization toolbox. Juga dapat disebutkan bahwa a primal simplex optimizer dapat digunakan untuk masalah-masalah linier.

Satu-satunya perbedaan antara fungsionalitas dari MOSEK and MATLAB adalah MOSEK

version tidak menggunakan seluruh opsi MATLAB, tidak juga menggunakan opsi starting point, dan versi MOSEK dari quadprog hanya untuk masalah convex.

Secara umum, masalah LO harus dapat ditulis kembali dalam format formulasi toolbox Optimisasi MATLAB berikut

$$\min \{c^T x : Ax \leq b, A_{eq} x = b_{eq}, lb \leq x \leq ub\} \quad (2)$$

dan dieksekusi dengan perintah berikut.

`x=linprog(c,A,b,Aeq,beg,lb,ub,options).`
Sementara untuk penyelesaian masalah LO dengan menggunakan MOSEK, format formulasi dalam MOSEK adalah sebagai berikut.

$$\min \{c^T x : l^c \leq Ax \leq u^c, l^x \leq x \leq u^x\} \quad (3)$$

dan dieksekusi dengan perintah berikut.

$$[res]=msklpopt(c,a,l^c,u^c,l^x,u^x).$$

Eksplorasi MATLAB Toolbox CVX untuk Masalah Optimisasi Linear

Khusus untuk masalah Optimisasi dengan fungsi objektif dan kendala berupa irisan fungsi konveks dan himpunan affine, terdapat toolbox khusus untuk menyelesaikan masalah optimisasi yaitu toolbox CVX yang diperkenalkan oleh Grant dan Boyd [4].

Beberapa hal mengenai CVX adalah bahwa CVX toolbox merupakan sistem pemodelan untuk mengkonstruksikan dan menyelesaikan Disciplined Convex Programs (DCPs). CVX mendukung beberapa tipe masalah standar, termasuk pemrograman linear dan kuadratik. CVX juga dapat menyelesaikan masalah convex optimization yang lebih rumit, termasuk fungsi kendala yang nondiferensiabel, seperti norm. Untuk mengenal bagaimana sintaks dalam CVX, dibahas mengenai masalah paling sederhana dalam Optimisasi Konveks yaitu masalah minimisasi Masalah Kuadrat Terkecil, yaitu dicari

$$\min_{x \in \mathbb{R}^n} \|Ax - b\|_2, A \in \mathbb{R}^{m \times n} \quad (4)$$

Sintaks dalam CVX untuk masalah (4) adalah

```
cvx_begin
    variable x(n);
    minimize (norm(A*x-b))
cvx_end
```

Untuk Masalah Minimisasi Kuadrat Terkecil Dengan Kendala Batas

$$\min_{x \in \mathbb{R}^n} \{ \|Ax - b\|_2 : l \leq x \leq u, A \in \mathbb{R}^{m \times n} \} \quad (5)$$

Sintaks dalam CVX untuk masalah (4) adalah

```
cvx_begin
    variable x(n);
```

```

minimize (norm(A*x-b));
subject to
x>=l;
x<=u;
cvx_end

```

Hasil dan Diskusi

Pada Tabel 1 disajikan hasil kuosioner mahasiswa untuk Matakuliah Optimisasi pada Semester Genap 2013/2014 dan Semester Genap 2014/2015 ([7]) yang menunjukkan minat, pemahaman serta motivasi terhadap matakuliah Optimisasi setelah diperkenalkan penggunaan software aplikasi Excel, Maple dan Matlab.

Tabel 1. Rata-rata Hasil Penilaian Dosen Matakuliah Optimisasi Semester Genap 2013/2014 dan 2014/2015

Pertanyaan dalam Kuosioner	Hasil Penilaian		
	Semester Genap 2014/2015	Semester Genap 2013/2014	Rata-rata
Kesesuaian Materi Kuliah dengan Silabus	8.04	8.80	8.42
Penyampaian Materi oleh dosen menarik dan mudah dipahami	7.70	8.30	8.00
Contoh kasus mutakhir dan jumlahnya cukup	7.81	8.70	8.26
Dosen memberi waktu untuk bertanya dan mendorong partisipasi kelas	7.93	8.80	8.37
Tugas dan Kuis jumlahnya cukup	7.96	8.90	8.43
Dosen mulai kelas dengan tepat waktu	8.15	8.70	8.43
Dosen mengakhiri kelas dengan tepat waktu	8.04	8.70	8.37
Dosen mematuhi jadwal kuliah (jarang mengubah/mengganti waktu)	7.74	8.10	7.92
Dosen Secara umum kompeten dalam matakuliah ini	8.22	8.80	8.51
Total Nilai	7.95	8.64	8.30
Response rate	87.1%	100%	93.55%
Jumlah Mahasiswa	31	10	21

Dapat dilihat hasil nilai penilaian mahasiswa terhadap performansi dosen pengampu Matakuliah Optimisasi. Pada pertanyaan kedua terkait dengan penyampaian materi dengan cara menarik dan mudah dipahami diperoleh nilai rata-rata 8.00 dan pada pertanyaan contoh masalah yang diberikan merupakan contoh masalah mutakhir, mahasiswa memberi nilai dengan rata-rata 8.26. Jumlah mahasiswa pada kelas yang lebih kecil menunjukkan performa dosen yang lebih baik.

Kesimpulan

Pengenalan Software Aplikasi Excel, Maple dan MATLAB dalam pengajaran matakuliah

Optimisasi dipandang penting mengingat mahasiswa memerlukan pengalaman melakukan eksperimen numerik dengan menggunakan alat bantu. Minat, pemahaman serta motivasi terhadap matakuliah Optimisasi dapat disimpulkan meningkat dengan signifikan setelah diperkenalkan penggunaan software aplikasi ini. Tugas individu maupun kelompok dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Ucapan terima kasih

Penelitian ini didanai oleh Peneltian Kompetensi DIKTI Tahun Anggaran 2015 Nomor 393/UN6.R/PL/2015.

Referensi

- [1] Z. MacDonald, Teaching Linear Programming using Microsoft Excel Solver, Computer in Higher Education Economic Review, Volume 9, Issue 3.
- [2] P. E. Fishback, Linear and Nonlinear Programming with Maple: An Interactive, Applications-Based Approach, Chapman and Hall/CRC (December 9, 2009)
- [3] E. Andersen., MOSEK. (2014). *The MOSEK optimization toolbox for MATLAB Manual Version 7.0 (Revision 141)*. Diakses pada 22 Januari 2015, dari <http://docs.mosek.com/7.0/toolbox/Introduction.html>
- [4] C.M Grant and S.P Boyd (2014). *The CVX Users, Guide release 2.1*. CVX Research Inc.
- [5] S.S Rao, Engineering Optimization: Theory and Practise, Fourth Edition., John Wiley & Sons, 2009.
- [6] F.S Hillier, G.J Lieberman, Introduction to Operations Research (2009), McGraw Hill-International Edition.
- [7] Rekapitulasi Penilaian Dosen per Matakuliah, <http://siat.unpad.ac.id/index.php/akademik/kuosionerdosen/D1A10020>.

Diah Chaerani*,
Program Studi S1 Matematika
FMIPA Universitas Padjadjaran
d.chaerani@unpad.ac.id,

Stanley P Dewanto,
Program Studi S1 Matematika
FMIPA Universitas Padjadjaran
stanley@bdg.centrin.net.id,

Eman Lesmana
Program Studi S1 Matematika
FMIPA Universitas Padjadjaran
man.msie@gmail.com

*Corresponding author