

OPTIMASI PERHITUNGAN KINERJA BUNARAN MENGUNAKAN MICROSOFT EXCEL SOLVER

Rudy Setiawan

*Staf Pengajar Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan
Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra*

Jl. Siwalankerto 121-131

Surabaya, 60236

(P):031-2983390 (F):031-8417658

rudy@peter.petra.ac.id

Abstract

A roundabout is a form of canalized intersection in which vehicle is guided onto a one-way circulatory road about a central island. Roundabout are normally used in urban and rural areas for intersections between roads with moderate traffic flows, because of its traffic accident rate is lower than signalized and un-signalized intersection.

Indonesian Highway Capacity Manual (IHCM) provided the calculation methods for weaving sections. Weaving sections are divided into two main types – single weaving sections and roundabout sections. A roundabout is treated as a number of consecutive single weaving sections with the performance measures including capacity, degree of saturation, delay, and queue probability.

To obtain several geometric weaving section parameters which comply with specific value of degree of saturation, the manually calculation procedure (with or without software IHCM) must be iterate several times. By using Microsoft Excel Solver the process of calculation to obtain several geometric weaving section parameters which comply with specific value of degree of saturation become easier and faster.

This simple programming in Microsoft Excel using common function and solver add-in can also modify to comply several others specific performance measures, such as vehicle operation cost, time value, etc.

Keywords: *Weaving sections performance, Solver*

1. PENDAHULUAN

Bundaran (*roundabout*) merupakan salah satu jenis pengendalian persimpangan yang umumnya dipergunakan pada daerah perkotaan dan luar kota sebagai titik pertemuan antara beberapa ruas jalan dengan tingkat arus lalu lintas sedang karena mempunyai tingkat kecelakaan lalu lintas relatif lebih rendah dibandingkan jenis persimpangan bersinyal maupun persimpangan tak bersinyal.

Perhitungan kinerja bundaran termasuk dalam bagian perhitungan kinerja *weaving sections* sebagaimana tercantum dalam Manual Kapasitas Jalan (MKJI) Bab 4. Perhitungan dapat dilakukan secara manual maupun mempergunakan program Kapasitas Jalan Indosia (KAJI)

Salah satu kendala dalam perhitungan baik secara manual maupun dengan mempergunakan software KAJI adalah untuk memperoleh nilai optimum dari berbagai nilai parameter geometrik (lebar lajur masuk, lebar lajur *weaving*, dan panjang segmen *weaving*) terhadap suatu nilai derajat kejenuhan (DS) tertentu diperlukan perhitungan secara berulang secara manual.

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah memberikan alternatif metode untuk optimasi perhitungan kinerja bundaran dengan menggunakan fasilitas add-in Solver pada Microsoft Excel.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Jenis Bundaran

Rotary dan *roundabout* adalah dua jenis persimpangan kanalisasi yang terdiri dari sebuah lingkaran pusat yang dikelilingi oleh jalan satu arah atau yang umumnya lebih dikenal dengan istilah bundaran. Perbedaan mendasar antara *rotary* dan *roundabout* adalah bahwa *rotary* umumnya menggunakan lampu lalu lintas, sedangkan *roundabout* tidak.

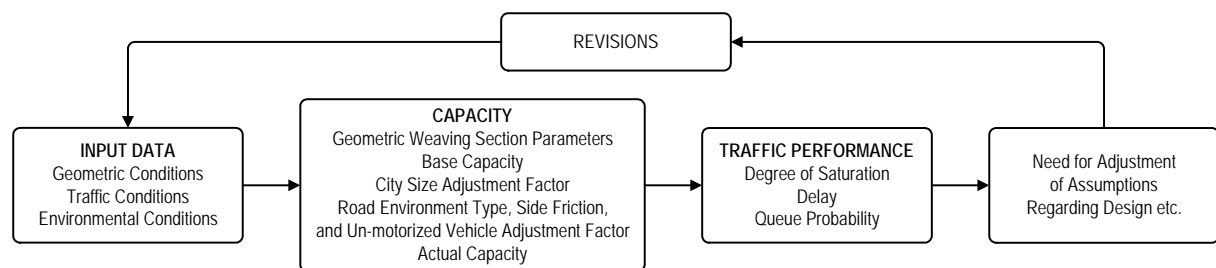
Bundaran umumnya mempunyai tingkat keselamatan yang lebih baik dibanding jenis pengendalian persimpangan yang lain, tingkat kecelakaan lalu lintas bundaran sekitar 0,3 kejadian per 1 juta kendaraan (tingkat kecelakaan lalu lintas pada persimpangan bersinyal 0,43 dan simpang tak bersinyal 0,6) karena rendahnya kecepatan lalu lintas (maksimum 50km/jam) dan kecilnya sudut pertemuan titik konflik, dan pada saat melewati bundaran kendaraan tidak harus berhenti saat volume lalu lintas rendah, (MKJI 1997, Khisty 2002, dan Pedoman Bundaran Pd T-20-2004-B)

Menurut O' Flaherty (1997) bundaran sangat efektif dipergunakan sebagai suatu pengendalian persimpangan di daerah perkotaan dan luar kota yang memiliki beberapa karakteristik antara lain:

- Persentase volume lalu lintas yang belok kanan sangat banyak,
- Tidak memungkinkan untuk membuat persimpangan dengan prioritas dari berbagai arah lengan pendekat,
- Tidak seimbang jumlah kejadian kecelakaan yang melibatkan pergerakan bersilangan maupun menikung,
- Mengurangi tundaan jika dibandingkan penggunaan persimpangan bersinyal,
- Terdapat perubahan dari jalan dua arah menjadi jalan satu arah.

2.2 Analisa Kinerja Bundaran

Secara garis besar prosedur perhitungan kinerja bundaran yang termasuk masuk dalam kategori *weaving sections* dalam MKJI Bab 4 seperti terlihat pada Gambar 1



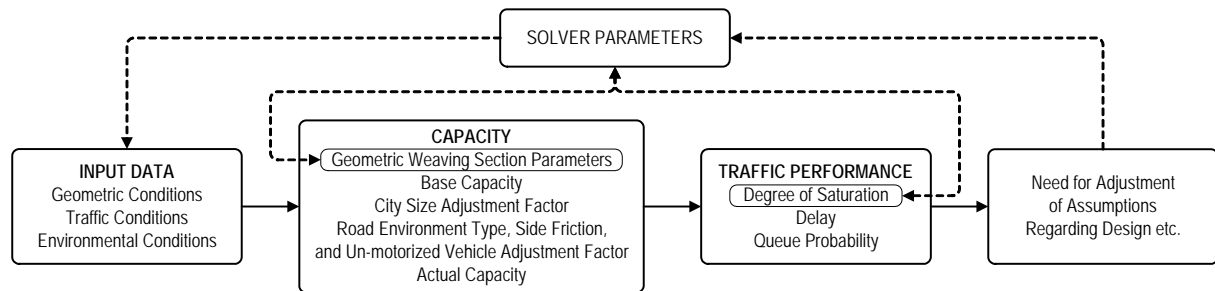
Gambar 1 Prosedur Perhitungan Kinerja Bundaran Berdasarkan MKJI

Menurut MKJI (1997) ukuran kinerja persimpangan bundaran dinyatakan dalam *Capacity*, *Degree of Saturation* (DS), *Delay* dan *Queue Probability*.

Perhitungan *delay* dan *queue probability* dipengaruhi oleh nilai variabel DS dimana terdapat suatu hubungan non linier jika nilai DS semakin rendah maka nilai *delay* dan *queue probability* juga cenderung lebih rendah, jika nilai DS semakin tinggi maka nilai *delay* dan *queue probability* juga cenderung lebih tinggi.

Berdasarkan hubungan tersebut dapat dilakukan optimasi terhadap parameter geometrik bundaran hanya berdasarkan suatu nilai DS tertentu dengan garis besar prosedur seperti

terlihat pada Gambar 2. Dalam proses optimasi nilai DS dipergunakan sebagai salah satu *constraint* untuk memeriksa apakah perhitungan masih perlu diulang dengan merubah nilai parameter geometrik.



Gambar 2 Prosedur Optimasi Perhitungan Kinerja Bundaran dengan Menggunakan Solver

2.3 Add-In Solver Pada Microsoft Excel

Salah satu penggunaan komputer sebagai alat bantu dalam proses pengambilan keputusan adalah penggunaan berbagai jenis *Spreadsheet Solvers*. Solver adalah sebuah *spreadsheet optimizer* dan *goal-seeking* yang merupakan program add-in dalam software Microsoft Excel (Frontline Systems).

Dalam solver terdapat beberapa tahap (Hesse, 1997), yaitu:

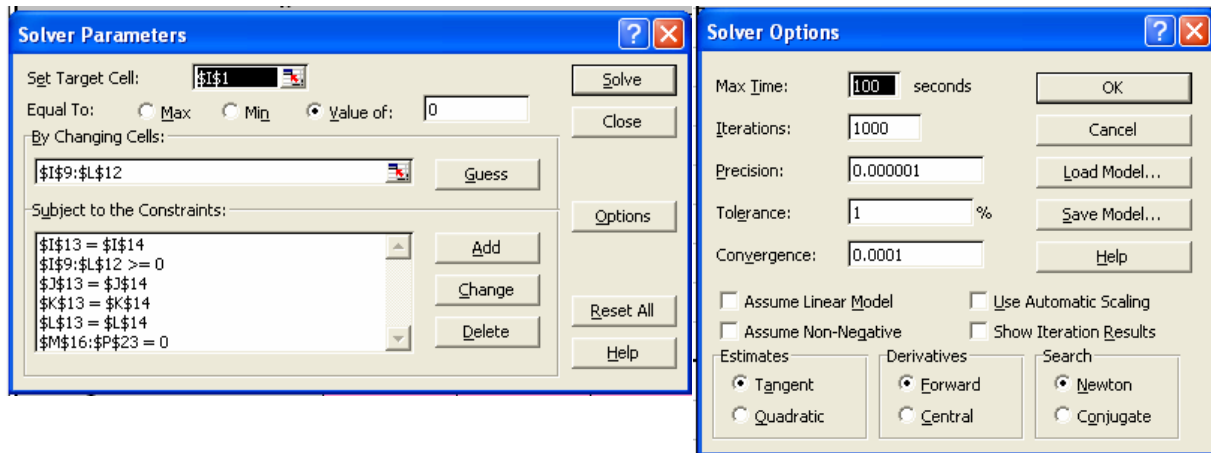
- **Goal Seeking**, pada tahap ini solver berfungsi untuk mendapatkan suatu nilai dalam *target cell* yang harus sama dengan suatu nilai tertentu. Aplikasinya berupa penyelesaian terhadap permasalahan dalam *break-even analysis* atau *internal rate of return* atau persamaan simultan.
- **Unconstrained Optimization**, pada tahap ini solver berfungsi untuk mendapatkan suatu nilai dalam satu *target cell* untuk dimaksimalkan atau diminimalkan. Aplikasinya berupa penyelesaian terhadap permasalahan dalam *inventory problem*.
- **Constrained Optimization**, pada tahap ini solver memperbolehkan penetapan beberapa *constraint* bersama-sama dengan satu *target cell* untuk dioptimumkan nilainya.

Menurut Hesse (1997) terdapat dua metode dalam solver untuk mendapatkan solusi, yaitu:

- **Gradient Search**, metode ini bekerja dengan cara menelusuri nilai yang lebih besar atau lebih kecil disekitar nilai awal berdasarkan atas batasan yang telah ditentukan, jika semua arah perubahan nilai sudah tidak dapat memperbaiki pencapaian *objective function* maka prosedur perhitungan akan dihentikan. Ahli matematik menyebutkan hasil dari metode ini dengan istilah *local optimum*, suatu titik yang mempunyai nilai lebih optimum dibandingkan titik lain disekitarnya. Hanya metode ini yang dapat dipergunakan pada permasalahan non-linear.
- **Simplex Algorithm**, metode ini merupakan suatu prosedur perhitungan yang sangat cepat untuk permasalahan linear dengan menggunakan algoritma matematika yang memungkinkan solver untuk mencari solusi optimum hanya dengan melihat beberapa kemungkinan. Metode ini hanya dapat dipergunakan untuk permasalahan dengan *linear constraints* dan *linear objective function*.

Gambar 3a memperlihatkan tampilan menu solver parameters untuk menentukan lokasi *target cell*, *objective function*(max, min, equal with/value of), sel referensi yang boleh dirubah nilainya serta berbagai *constraint* yang hendak diberlakukan.

Tersedia pula menu solver option untuk merubah berbagai parameter optimasi sebagaimana terlihat pada Gambar 3b.



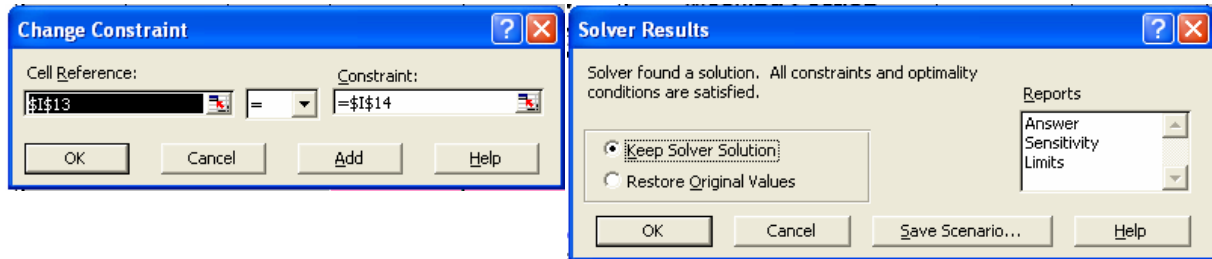
Gambar 3. Menu Input Solver Parameter dan Solver Option Dalam Microsoft Excel

Berikut penjelasan dari masing-masing opsi:

- **Max Time**, batas waktu untuk mendapatkan solusi optimum (*default 100 seconds*),
- **Iterations**, batas pengulangan perhitungan untuk mendapatkan solusi (*default 100 iterations*),
- **Precision**, mengatur tingkat presisi solusi (0,0001 lebih tinggi dari 0,01),
- **Tolerance**, opsi ini hanya digunakan dalam *integer programming* yang menyatakan persentase nilai solusi optimum pada *target cell* seberapa besar menyimpang dari *integer constraint* (default 5% dari nilai optimum).
- **Assume Linear Model**, jika bagian ini dipilih dapat mempercepat proses mendapatkan solusi, hanya jika semua hubungan dalam model adalah linear dan yang hendak dicari solusinya adalah permasalahan optimasi linear,
- **Assume Non-Negative**, jika bagian ini dipilih solver menggunakan asumsi batas bawah nilai sel yang boleh dirubah adalah 0 (selain sel yang belum ditentukan batas bawah dalam *constraint*),
- **Show Iteration Results**, jika bagian ini dipilih setiap proses pengulangan akan dihentikan oleh solver untuk memberikan kesempatan melihat hasil sementara,
- **Use Automatic Scalling**, digunakan jika terdapat perbedaan yang besar antara input dan output,
- **Estimate Tangent**, metode estimasi awal menggunakan *linear extrapolation* dari suatu *tangent vector*,
- **Estimate Quadratic**, metode estimasi awal menggunakan *quadratic extrapolation*, yang dapat meningkatkan kualitas hasil pada permasalahan non-linear.
- **Derivatives Forward**, digunakan jika perubahan nilai *constraint* relatif lebih lambat,
- **Derivatives Central**, digunakan jika perubahan nilai *constraint* relatif lebih cepat, terutama disekitar batas (limit)
- **Search Newton**, menggunakan metode *quasi-Newton* yang membutuhkan memory lebih besar namun jumlah pengulangan (iterasi) lebih sedikit.
- **Search Conjugate**, menggunakan metode yang membutuhkan memory lebih sedikit namun jumlah pengulangan (iterasi) lebih besar, digunakan untuk permasalahan yang besar dan ketersediaan memory yang terbatas.
- **Load Model**, menampilkan referensi model yang pernah disimpan,

- **Save Model**, menyimpan referensi model, dilakukan jika ingin menyimpan lebih dari satu model dalam suatu worksheet.

Gambar 4a memperlihatkan menu *change constraint* untuk merubah persyaratan sel referensi, pilihan yang tersedia adalah (\leq , \geq , $=$, integer, dan binary). Setelah semua menu telah terisi dan tombol **solve** ditekan, maka jika proses optimasi berhasil akan muncul menu sebagaimana terlihat pada Gambar 4b yaitu informasi bahwa solver telah berhasil mendapatkan solusi yang paling optimum dan semua constraint dipenuhi.



Gambar 4. Menu Input Solver Constraint dan Solver Results Dalam Microsoft Excel

3. CONTOH PENGGUNAAN SOLVER

Untuk memperjelas penggunaan solver dalam optimasi perhitungan kinerja bundaran, pada bagian ini akan diperlihatkan contoh perhitungan kinerja suatu bundaran. Tabel 1 memperlihatkan berbagai informasi umum berkaitan dengan perhitungan kinerja bundaran. Input pada bagian *Road Environment Type Class* dan *Side Friction Class* mempengaruhi perhitungan F_{RSU} dengan pendekatan regresi linier sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Tampilan Input *General Informations*

Date	: Monday, July 02, 2007
Handled by	: Rudy Setiawan
City	: Surabaya
City Size (M)	: 3
Province	: East Java
Road A - C	: Jl. Raya Kertajaya Indah
Road B - D	: Jl. Kertajaya Indah Timur
Road Environment Type Class	: RES
	COM (Commercial), RES (Residential), RA (Restricted Access)
Side Friction Class	: LOW
	HIGH, MED (Medium), LOW
Case	: Example
Period	: 08.00 - 09.00 AM

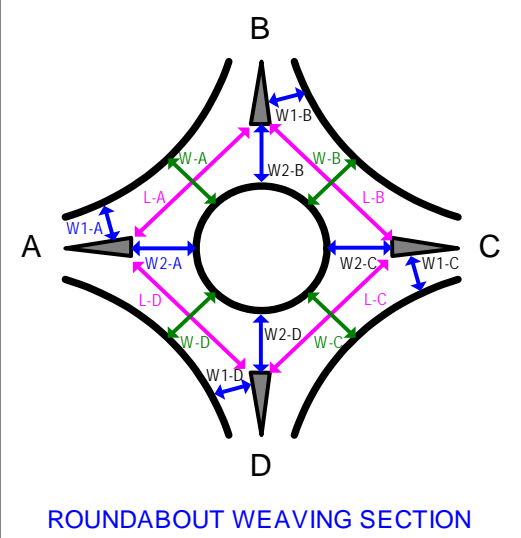
Tabel 3 memperlihatkan tampilan input *geometric conditions*, dimana terlihat skets parameter geometrik dan tabel bagian atas yang merupakan petunjuk (*legend*) untuk pengisian tabel parameter geometrik setiap *weaving sections* dibawahnya.

Sedangkan Tabel 4 memperlihatkan tampilan input *traffic conditions*, dimana terlihat skets penamaan lengan pendekat yang merupakan petunjuk (*legend*) untuk pengisian volume lalu lintas untuk setiap *weaving sections* pada tabel disampingnya. Data yang perlu dimasukkan hanyalah data *vehicle/hour*, *unmotorised* dan persentase jenis kendaraan.

Tabel 2 Perhitungan Faktor P_{UM} dan F_{RSU} Dengan Pendekatan Regresi Linier

Road Environment Type	Side Friction	Ratio of Unmotorised Vehicles						a	b	R^2	P_{UM}	F_{RSU}
		-	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25					
COM	HIGH	0.93	0.88	0.84	0.79	0.74	0.70	0.9290	(0.9257)	0.9989	0.0335	0.8981
COM	MED	0.94	0.89	0.85	0.80	0.75	0.70	0.9410	(0.9543)	0.9989	0.0335	0.9090
COM	LOW	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.71	0.9510	(0.9543)	0.9989	0.0335	0.9190
RES	HIGH	0.96	0.91	0.86	0.82	0.77	0.72	0.9586	(0.9486)	0.9991	0.0335	0.9268
RES	MED	0.97	0.92	0.87	0.82	0.77	0.73	0.9681	(0.9714)	0.9988	0.0335	0.9356
RES	LOW	0.98	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.9781	(0.9714)	0.9988	0.0335	0.9456
RA	HIGH	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	1.0000	(1.0000)	1.0000	0.0335	0.9665
RA	MED	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	1.0000	(1.0000)	1.0000	0.0335	0.9665
RA	LOW	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	1.0000	(1.0000)	1.0000	0.0335	0.9665

Tabel 3 Tampilan Input *Geometric Conditions*



ROUNDABOUT WEAVING SECTION

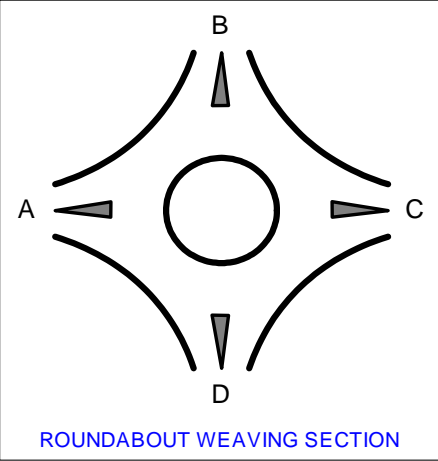
LEGEND

Weaving Section	A - B	B - C	C - D	D - A
W1	W1-A	W1-B	W1-C	W1-D
W2	W2-A	W2-B	W2-C	W2-D
W	W-A	W-B	W-C	W-D
L	L-A	L-B	L-C	L-D

INPUT

Weaving Section	A - B	B - C	C - D	D - A
W1	6.00	6.00	6.00	6.00
W2	6.00	6.00	6.00	6.00
W	9.00	9.00	9.00	9.00
L	21.00	21.00	21.00	21.00

Tabel 4 Tampilan Input *Traffic Conditions*



ROUNDABOUT WEAVING SECTION

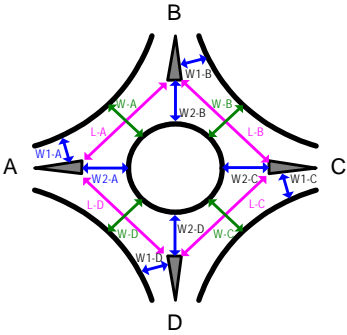
Direction	vehicle/hour	Total	pcu/hr	Total	Unmotorised
A → B	600	2,900	489	2,364	20
A → C	1,800		1,467		60
A → D	500		408		10
A → A	-		-		-
B → C	400	2,250	326	1,834	15
B → D	1,500		1,223		33
B → A	350		285		27
B → B	-		-		-
C → D	250	1,250	204	1,019	11
C → A	850		693		20
C → B	150		122		12
C → C	-		-		-
D → A	300	1,400	245	1,141	16
D → B	900		734		24
D → C	200		163		13
D → D	-		-		-
Total		7,800	Total	6,357	261
LV	55.0%	MC	40.0%	HV	5.0%
k-factor	-	pcu-factor	81.5%	LV+MC+HV	100.0%

Tabel 5 memperlihatkan tampilan input *solver constraints* sebelum optimasi atau hasil perhitungan sementara sebelum dilakukan optimasi.

Pada tabel tersebut terlihat bahwa target nilai DS yang menjadi target dalam perhitungan ini adalah 0,75; sedangkan nilai DS pada masing-masing *weaving sections* semuanya berada diatas nilai 0,75 dengan kondisi nilai parameter geometrik sama dengan batas minimum untuk semua *weaving sections* sesuai dengan ketentuan dalam MKJI 1997.

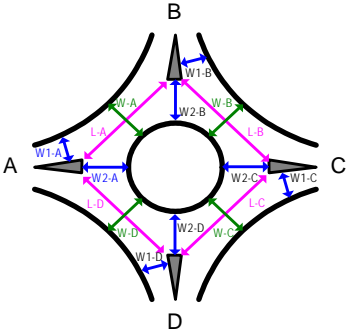
Berdasarkan kondisi tersebut diperoleh pula bahwa nilai DS secara keseluruhan adalah 1,72. Selain itu juga diperlihatkan nilai *average roundabout delay* dan *queue probability*.

Tabel 5 Tampilan Input Solver Constraints Sebelum Optimasi

Solver Target Cell		1	DS Target Value		0.75			
SUMMARY OF WEAVING SECTION PERFORMANCE & GEOMETRIC PARAMETERS								
 <p>ROUNDABOUT WEAVING SECTION</p>		DS of roundabouts DS_R			1.72			
		Average roundabouts traffic delay DT_R sec/pcu			(2.6)			
		Average roundabouts delay $D_R = (DTR + 4)$ sec/pcu			1.4			
		Max Queue Probability			379.3 430.9			
		Weaving Section		A - B	B - C	C - D	D - A	
			min					max
		W1	6.0	11.0	6.00	6.00	6.00	6.00
		W2	6.0	11.0	6.00	6.00	6.00	6.00
		W	9.0	20.0	9.00	9.00	9.00	9.00
		L	21.0	50.0	21.00	21.00	21.00	21.00
		Degree of Saturation		1.50	1.72	1.31	1.00	
		Degree of Saturation		0.75	0.75	0.75	0.75	

Selanjutnya dilakukan optimasi perhitungan dengan menjalankan fasilitas add-in solver sehingga diperoleh hasil sebagaimana terlihat pada Tabel 6. Pada tabel tersebut terlihat bahwa nilai DS untuk semua *weaving sections* sudah memenuhi target nilai DS yang ditentukan yaitu 0,75 dan diperlihatkan pula besaran nilai parameter geometrik untuk setiap *weaving sections*.

Tabel 6 Tampilan Input Solver Constraints Setelah Optimasi

Solver Target Cell		0	DS Target Value		0.75			
SUMMARY OF WEAVING SECTION PERFORMANCE & GEOMETRIC PARAMETERS								
 <p>ROUNDABOUT WEAVING SECTION</p>		DS of roundabouts DS_R				0.75		
		Average roundabouts traffic delay DT_R sec/pcu				8.9		
		Average roundabouts delay $D_R = (DTR + 4)$ sec/pcu				12.9		
		Max Queue Probability				15.034.5		
		Weaving Section		A - B	B - C	C - D	D - A	
			min					max
		W1	6.0	11.0	11.00	11.00	11.00	8.70
		W2	6.0	11.0	11.00	11.00	11.00	8.70
		W	9.0	20.0	11.67	16.75	10.03	9.96
		L	21.0	50.0	35.03	41.30	26.84	22.39
		Degree of Saturation		0.75	0.75	0.75	0.75	
		Degree of Saturation		0.75	0.75	0.75	0.75	

Setelah diperoleh hasil paramater geometrik yang optimum, maka dapat dilihat maupun dicetak rangkuman hasil perhitungan kinerja bundaran sesuai dengan format yang ditentukan dalam MKJI 1997 sebagai terlihat pada Lampiran 1 (RWEAV-1) & 2 (RWEAV-2)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan *add-in solver* pada Microsoft Excel dapat mempermudah dan mempercepat perhitungan kinerja bundaran terutama dalam hal menentukan berbagai nilai parameter geometrik (lebar lajur masuk, lebar lajur *weaving*, dan panjang segmen *weaving*) berdasarkan suatu nilai derajat kejenuhan (DS) tertentu.

Program masih dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memasukkan berbagai *constraint* yang lain semisal Biaya Operasional Kendaraan, Nilai Waktu dan parameter lain sesuai kebutuhan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- ♦ Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004, *Perencanaan Bundaran untuk Persimpangan Sebidang*. Pd T-20-2004-B.
- ♦ Frontline Systems, Inc. <http://www.solver.com>
- ♦ Hesse, R., 1997, *Managerial Spreadsheet Modeling and Analysis*. Chicago: Irwin.
- ♦ Indonesian Highway Capacity Manual (IHCM), 1997. Jakarta: Directorate General Bina Marga Directorate of Urban Development (BINKOT).
- ♦ Khisty, C.J., and Lall, K.B., 2002, *Transportation Engineering An Introduction*, New Jersey: Prentice Hall.
- ♦ O' Flaherty, C.A., 1997, *Transport Planning and Traffic Engineering*, New York: John Wiley & Sons, Inc.

6. LAMPIRAN

Lampiran 1: Tampilan Hasil Perhitungan dalam Formulir RWEAV-1

INDONESIAN HIGHWAY CAPACITY MANUAL (IHCM) February 1997																																																																																																	
ROUNDABOUT WEAVING SECTION Form RWEAV-II: ANALYSIS										Handled by: Rudy Setiawan City: Surabaya Road A-C: Jl. Raya Kertajaya Indah Road B-D: Jl. Kertajaya Indah Timur		Date: 2-Jul-07 City Size: 3 Case: Example Period: 08.00 - 09.00 AM																																																																																					
1. WEAVING SECTION GEOMETRY										2. TRAFFIC FLOW SKETCH																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Section A - B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W1 - A</td> <td>11.00</td> </tr> <tr> <td>W2 - A</td> <td>11.00</td> </tr> <tr> <td>W - A</td> <td>11.67</td> </tr> <tr> <td>L - A</td> <td>35.03</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Section B - C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W1 - B</td> <td>11.00</td> </tr> <tr> <td>W2 - B</td> <td>11.00</td> </tr> <tr> <td>W - B</td> <td>16.75</td> </tr> <tr> <td>L - B</td> <td>41.30</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Section D - A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W1 - D</td> <td>8.70</td> </tr> <tr> <td>W2 - D</td> <td>8.70</td> </tr> <tr> <td>W - D</td> <td>9.96</td> </tr> <tr> <td>L - D</td> <td>22.39</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Section C - D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W1 - C</td> <td>11.00</td> </tr> <tr> <td>W2 - C</td> <td>11.00</td> </tr> <tr> <td>W - C</td> <td>10.03</td> </tr> <tr> <td>L - C</td> <td>26.84</td> </tr> </tbody> </table>										Section A - B		W1 - A	11.00	W2 - A	11.00	W - A	11.67	L - A	35.03	Section B - C		W1 - B	11.00	W2 - B	11.00	W - B	16.75	L - B	41.30	Section D - A		W1 - D	8.70	W2 - D	8.70	W - D	9.96	L - D	22.39	Section C - D		W1 - C	11.00	W2 - C	11.00	W - C	10.03	L - C	26.84	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Section A - B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A → B</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>A → C</td> <td>1,800</td> </tr> <tr> <td>A → D</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>A → A</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Section B - C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B → C</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>B → D</td> <td>1,500</td> </tr> <tr> <td>B → A</td> <td>350</td> </tr> <tr> <td>B → B</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Section D - A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D → A</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>D → B</td> <td>900</td> </tr> <tr> <td>D → C</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>D → D</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Section C - D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C → D</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>C → A</td> <td>850</td> </tr> <tr> <td>C → B</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>C → C</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>								Section A - B		A → B	600	A → C	1,800	A → D	500	A → A	-	Section B - C		B → C	400	B → D	1,500	B → A	350	B → B	-	Section D - A		D → A	300	D → B	900	D → C	200	D → D	-	Section C - D		C → D	250	C → A	850	C → B	150	C → C	-
Section A - B																																																																																																	
W1 - A	11.00																																																																																																
W2 - A	11.00																																																																																																
W - A	11.67																																																																																																
L - A	35.03																																																																																																
Section B - C																																																																																																	
W1 - B	11.00																																																																																																
W2 - B	11.00																																																																																																
W - B	16.75																																																																																																
L - B	41.30																																																																																																
Section D - A																																																																																																	
W1 - D	8.70																																																																																																
W2 - D	8.70																																																																																																
W - D	9.96																																																																																																
L - D	22.39																																																																																																
Section C - D																																																																																																	
W1 - C	11.00																																																																																																
W2 - C	11.00																																																																																																
W - C	10.03																																																																																																
L - C	26.84																																																																																																
Section A - B																																																																																																	
A → B	600																																																																																																
A → C	1,800																																																																																																
A → D	500																																																																																																
A → A	-																																																																																																
Section B - C																																																																																																	
B → C	400																																																																																																
B → D	1,500																																																																																																
B → A	350																																																																																																
B → B	-																																																																																																
Section D - A																																																																																																	
D → A	300																																																																																																
D → B	900																																																																																																
D → C	200																																																																																																
D → D	-																																																																																																
Section C - D																																																																																																	
C → D	250																																																																																																
C → A	850																																																																																																
C → B	150																																																																																																
C → C	-																																																																																																
3. TRAFFIC FLOW																																																																																																	
Composition	LV%	55%	HV%	5%	MC%	40%	PCU - Factor		81.5%	K - Factor																																																																																							
Vehicle Type	Light Vehicle LV		Heavy Vehicle HV		Motor Cycle MC		Total Motor Vehicles					Weaving Section				Unmotorised																																																																																	
	pce =	1.0	pce =	1.30	pce =	0.50	MV									Flow UM																																																																																	
Approach/Movement	veh/h	pcu/h	veh/h	pcu/h	veh/h	pcu/h	veh/h	pcu/h	Weaving Flow	Total Flow	Weaving Flow	Total Flow	Weaving Flow	Total Flow	Weaving Flow	Total Flow																																																																																	
A LT							600	489									20																																																																																
A ST							1,800	1,467	1,467		1,467	1,467					60																																																																																
A RT							500	408	408			408	408	408			10																																																																																
A UT							-	-	-			-	-	-	-	-	-																																																																																
A TOTAL							2,900	2,364		2,364							90																																																																																
B LT							400	326									15																																																																																
B ST							1,500	1,223			1,223		1,223	1,223			33																																																																																
B RT							350	285			285			285	285	285	27																																																																																
B UT							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																
B TOTAL							2,250	1,834			1,834						75																																																																																
C LT							250	204									11																																																																																
C ST							850	693					693		693	693	20																																																																																
C RT							150	122	122	122			122			122	12																																																																																
C UT							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																
C TOTAL							1,250	1,019					1,019				43																																																																																
D LT							300	245									16																																																																																
D ST							900	734	734	734					734		24																																																																																
D RT							200	163		163	163	163			163		13																																																																																
D UT							-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																
D TOTAL							1,400	1,141							1,141		53																																																																																
TOTAL							7,800	6,357	2,730	3,382	3,138	3,871	2,445	2,934	1,875	2,241	261																																																																																
WEAVING RATIO									0.807		0.811		0.833		0.836																																																																																		
UNMOTORISED / MOTORISED RATIO																	0.033																																																																																
Traffic Engineering & Transportation Planning Laboratory - Petra Christian University																																																																																																	

Lampiran 2: Tampilan Hasil Perhitungan dalam Formulir RWEAV-2

INDONESIAN HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM) February 1997								
ROUNDBOUT WEAVING SECTION	Handled by:	Rudy Setiawan		Date:	2-Jul-07			
Form RWEAV-I:	City	Surabaya		City Size:	3			
GEOMETRY	Road A-C:	Jl. Raya Kertajaya Indah		Case:	Example			
TRAFFIC FLOW	Road B-D:	Jl. Kertajaya Indah Timur		Period:	08.00 - 09.00 AM			
1. GEOMETRIC WEAVING SECTION PARAMETERS								
Weaving Section	Entry Width		Average Entry Width	Weaving Width	We/Ww	Weaving Length	Ww/Lw	
	Approach 1	Approach 2						
AB	11.00	11.00	11.00	11.67	0.942	35.03	0.333	
BC	11.00	11.00	11.00	16.75	0.657	41.30	0.406	
CD	11.00	11.00	11.00	10.03	1.096	26.84	0.374	
DE	8.70	8.70	8.70	9.96	0.874	22.39	0.445	
2. CAPACITY								
Weaving Section	Ww Factor	We/Ww Factor	pw Factor	Ww/Lw Factor	Base Capacity	Adjustment Factor		Actual Capacity
						City Size	Road Env	
AB	3,294	2.707	0.855	0.596	4,542	1.050	0.946	4,510
BC	5,268	2.132	0.854	0.542	5,199	1.050	0.946	5,162
CD	2,705	3.035	0.850	0.565	3,940	1.050	0.946	3,912
DE	2,680	2.565	0.849	0.516	3,010	1.050	0.946	2,988
3. TRAFFIC PERFORMANCE								
Weaving Section	Weaving Section Flow	Degree of Saturation	Traffic Delay	Total Traffic Delay	Queue Probability			
AB	3,382	0.750	4.552	15,398	15.0	34.5		
BC	3,871	0.750	4.552	17,624	15.0	34.5		
CD	2,934	0.750	4.552	13,357	15.0	34.5		
DE	2,241	0.750	4.552	10,203	15.0	34.5		
DS of roundabouts DS _R		0.750	Total	56,582				
Average roundabouts traffic delay DT _R sec/pcu				8.9				
Average roundabouts delay D _R = (DT _R + 4) sec/pcu				12.9				
Roundabouts queue probability QP _R %					15.0	34.5		
Traffic Engineering & Transportation Planning Laboratory - Petra Christian University								