

OPTIMASI PERHITUNGAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL MENGGUNAKAN SOLVER

Henny Sutjiono

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil
dan Perencanaan
Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131
Surabaya
Tlp. 031-2983392
hennysutjiono@gmail.com

Rudy Setiawan

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil
dan Perencanaan
Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131
Surabaya
Tlp. 031-2983392
rudy@petra.ac.id

Abstract

To obtain several parameters of signalized intersection, such as green time, width of Left Turn on Red (LTOR) lane, and number of lane, which comply with the specific value of degree of saturation, the manually calculation procedure with or without software Indonesian Highway Capacity Manual (IHCM) must be iterative several times. By using Microsoft Excel Solver, the process of calculation to obtain several parameters of signalized intersection which comply with the specific value of degree of saturation become easier and faster. This simple application 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: signalized intersection, optimization, solver

Abstrak

Dalam perhitungan kinerja simpang bersinyal, untuk mendapatkan alokasi waktu hijau, lebar lajur belok kiri langsung (*Left Turn on Red*, LTOR), dan jumlah lajur, yang memenuhi syarat nilai derajat kejenuhan tertentu, perhitungan dengan maupun tanpa menggunakan software Kapasitas Jalan Indonesia (KAJI) harus diulang dari awal. Tujuan penelitian ini adalah membuat aplikasi *spreadsheet* untuk mempermudah dan mempercepat memperoleh nilai batasan kondisi geometrik jalan serta alokasi waktu hijau pada suatu simpang bersinyal yang memenuhi batas nilai DS tertentu. Aplikasi *spreadsheet* yang dibuat dengan memanfaatkan fasilitas add-in Solver pada Microsoft Excel juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan berbagai batasan optimasi kinerja, antara lain, biaya operasional kendaraan (BOK), nilai waktu, dan lain sebagainya.

Kata Kunci: simpang bersinyal, optimasi, solver

PENDAHULUAN

Kinerja sistem jaringan jalan tidak saja dipengaruhi oleh kinerja ruas jalannya, tetapi juga oleh kinerja setiap persimpangannya. Meskipun kinerja ruas jalan dari suatu sistem jaringan jalan sudah baik, jika kinerja persimpangannya sangat rendah maka kinerja seluruh sistem jaringan jalan tersebut akan menjadi rendah pula (Tamin, 2000). Kinerja ruas jalan dan persimpangan jalan dipengaruhi oleh besarnya arus lalu lintas. Selain itu, kinerja ruas jalan dipengaruhi oleh lebar jalan, pembagian arah, hambatan samping dan ukuran kota. Sedangkan kinerja persimpangan jalan dipengaruhi oleh adanya pergerakan konflik (karena ada kendaraan yang belok kanan), nilai arus jenuh, waktu hijau efektif dan waktu siklus.

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia/MKJI (1997), analisis persimpangan dibagi menjadi tiga, yaitu persimpangan tak bersinyal, bagian jalinan dan persimpangan bersinyal. Fokus penelitian ini adalah perhitungan kinerja simpang bersinyal. Perhitungan harus diulang dari awal apabila nilai Derajat Kejenuhan (DS) tidak memenuhi syarat $DS \leq 0,75$ (MKJI, 1997). Dengan demikian untuk memperoleh hasil perhitungan simpang bersinyal yang memenuhi syarat nilai DS minimum sekaligus batasan kondisi geometrik jalan dan alokasi waktu hijau untuk masing-masing lengan pendekat, perlu dilakukan perhitungan secara berulang, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama bila dilakukan secara manual maupun mempergunakan *software* Kapasitas Jalan Indonesia (KAJI).

Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah membuat aplikasi *spreadsheet* untuk mempermudah dan mempercepat memperoleh nilai batasan kondisi geometrik jalan serta alokasi waktu hijau pada suatu simpang bersinyal yang memenuhi batas nilai DS tertentu. Aplikasi *spreadsheet* yang dibuat mengacu pada perhitungan simpang bersinyal terisolir dengan kendali waktu tetap (MKJI, 1997) dan hanya diperuntukkan bagi simpang bersinyal dengan bentuk geometrik empat lengan, serta untuk pergerakan arus lalu lintas terlindung. Sedangkan untuk mempercepat proses optimasi untuk memperoleh nilai batasan kondisi geometrik jalan dan alokasi waktu hijau untuk masing-masing lengan pendekat yang memenuhi batas nilai DS tertentu, dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas *add-in Solver*

p

TINJAUAN PUSTAKA

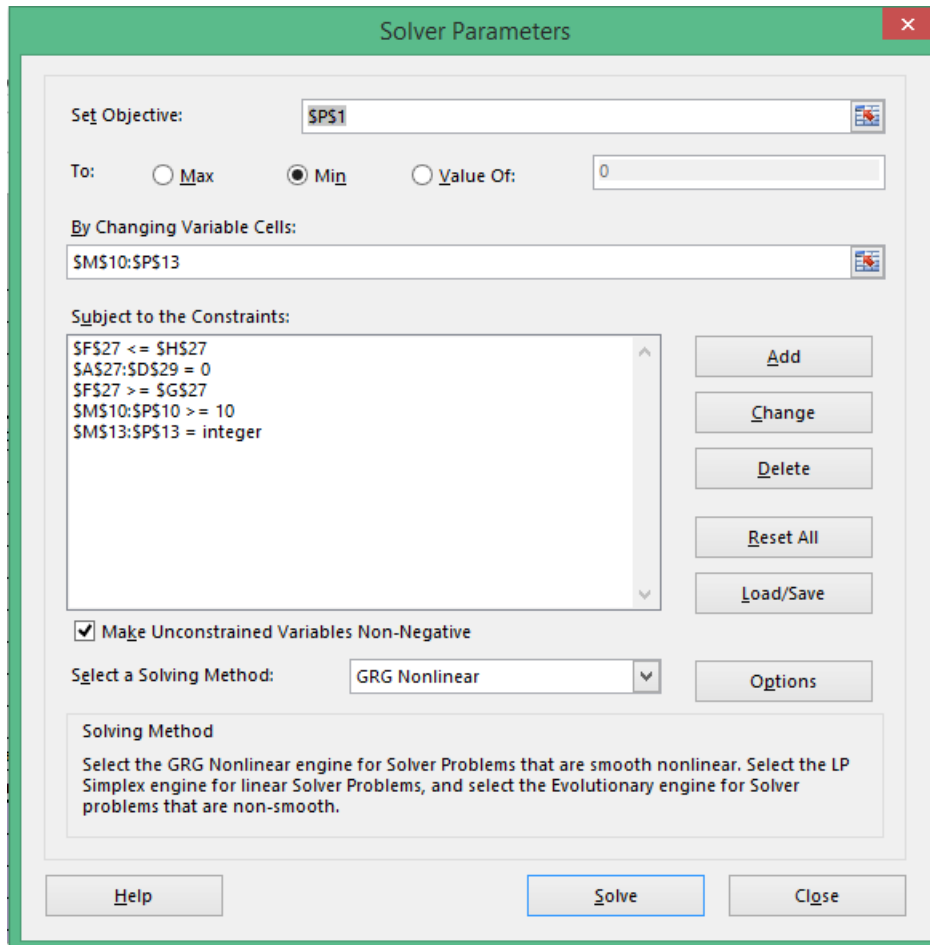
Secara garis besar, perhitungan simpang bersinyal dalam MKJI 1997 terdiri dari tahapan sebagai berikut: (1) memasukkan data awal berupa geometrik, pengaturan lalu lintas dan kondisi lingkungan, (2) memasukkan data awal berupa kondisi lalu lintas, (3) menentukan waktu antar hijau dan waktu hilang, (4) mencari arus jenuh, (5) menentukan waktu siklus dan waktu hijau tiap pendekat, (6) menghitung kapasitas tiap pendekat dan derajat kejenuhannya, dan (7) meninjau kinerja lalu lintas berdasarkan panjang antrian, jumlah kendaraan terhenti dan tundaan.

Spreadsheet Solvers adalah salah satu contoh penggunaan komputer sebagai alat bantu dalam proses pengambilan keputusan. *Solver* adalah sebuah *spreadsheet optimizer* dan *goal-seeking* yang merupakan *add-in program* dalam *Microsoft Excel* (Setiawan, 2007). Dalam *solver* terdapat tiga macam fungsi optimasi (Setiawan, 2007), yaitu: (1) *goal seeking*, 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, (2) *unconstrained optimization*, untuk memaksimalkan atau meminimalkan suatu nilai dalam *target cell*. Aplikasinya berupa penyelesaian terhadap permasalahan dalam *inventory problem*, dan (3) *constrained optimization*, *solver* memperkenankan penentuan beberapa *constraint* bersama-sama dengan satu *target cell* agar nilainya dioptimumkan.

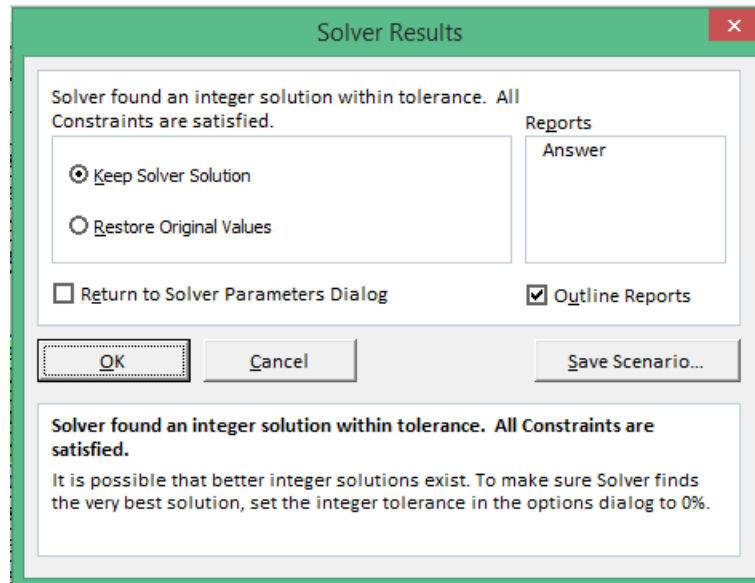
Menurut Setiawan (2007) secara umum terdapat dua metode dalam *solver* untuk mendapatkan solusi, yaitu: (1) *gradient search*, metode ini menelusuri nilai yang lebih besar atau lebih kecil disekitar nilai awal berdasarkan batasan yang telah ditentukan, jika

perubahan nilai sudah tidak dapat memperbaiki pencapaian *objective function* maka prosedur perhitungan akan dihentikan. Pakar 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, dan (2) *simplex algorithm*, metode ini merupakan suatu prosedur perhitungan 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*. Aplikasi *spreadsheet* dalam penelitian ini menggunakan metode *gradient search* karena permasalahan yang akan dioptimasi, yaitu perhitungan kinerja simpang bersinyal, tidak dapat diselesaikan dengan pendekatan linear.

Gambar 1 menunjukkan tampilan menu *solver parameters* untuk menentukan lokasi *target cell*, *objective function (max, min, equal with/value of)*, sel referensi yang dapat dirubah nilainya serta berbagai *constraint* yang hendak diberlakukan. Gambar 2 memperlihatkan tampilan informasi apakah *solver* berhasil (atau tidak berhasil) mendapatkan solusi yang memenuhi semua persyaratan yang ditentukan. Dalam pembuatan aplikasi *spreadsheet* untuk perhitungan simpang bersinyal, variabel yang dapat dirubah antara lain adalah lebar lajur, jumlah lajur dan waktu hijau, dengan diberi batasan nilai minimum dan maksimum. Sedangkan variabel targetnya adalah selisih nilai DS maksimum dari keempat pendekat.



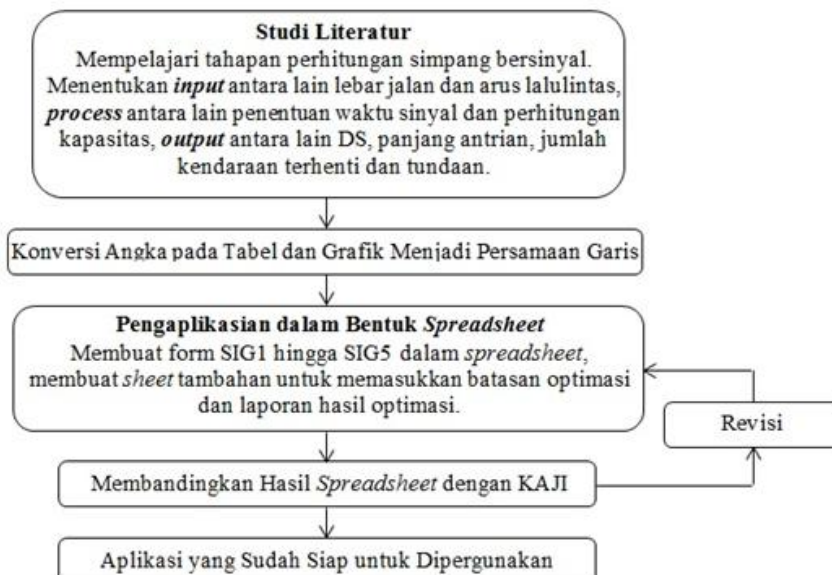
Gambar 1 Menu Solver Parameters dalam Microsoft Excel



Gambar 2 Tampilan Pernyataan Solver Berhasil Memperoleh Solusi

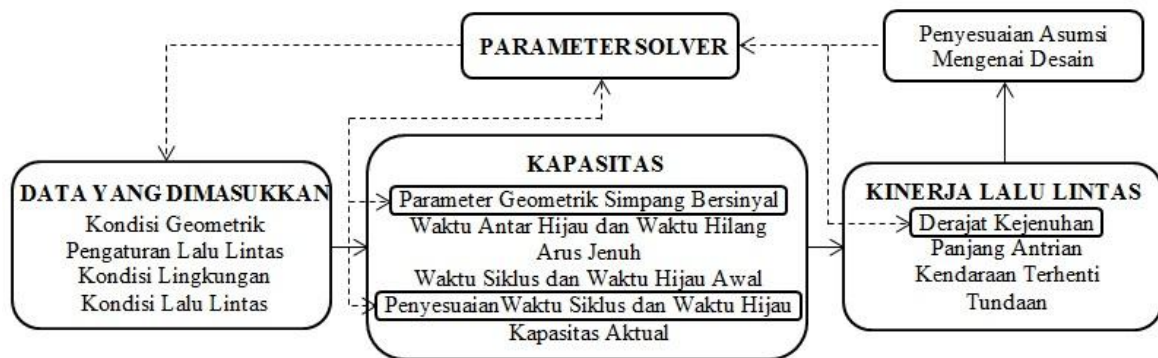
METODOLOGI

Gambar 3 memperlihatkan tahapan pembuatan aplikasi *spreadsheet*, yang dimulai dengan mempelajari tahapan perhitungan kinerja simpang bersinyal berdasarkan MKJI 1997 dan cara penggunaan fasilitas *add-in Solver* pada *Microsoft Excel*. Selanjutnya mengubah gambar dan tabel yang dipergunakan dalam setiap tahapan analisis simpang bersinyal menjadi persamaan garis, agar pengguna aplikasi *spreadsheet* tidak perlu lagi membaca tabel atau grafik pada MKJI 1997 dan memasukkan angkanya dalam aplikasi *spreadsheet*.



Gambar 3 Tahapan Pembuatan Aplikasi Spreadsheet (Sutjiono, 2015)

Aplikasi *spreadsheet* yang dibuat terdiri atas beberapa *sheet*, yaitu: pengantar, informasi umum, kondisi lalu lintas, standar, solver, kondisi geometrik, SIG1 hingga SIG5 sesuai format MKJI 1997, dan persamaan garis. Perhitungan kinerja simpang bersinyal dalam aplikasi *spreadsheet* dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas *add-in Solver* pada *Microsoft Excel*. Gambar 4 memperlihatkan tahapan optimasi untuk mendapatkan waktu hijau, lajur belok kiri langsung ($W_{L\text{TOR}}$), lebar lajur lurus dan atau belok kanan, serta jumlah lajur masing-masing lengan pendekat sesuai dengan batasan nilai DS yang diharapkan.

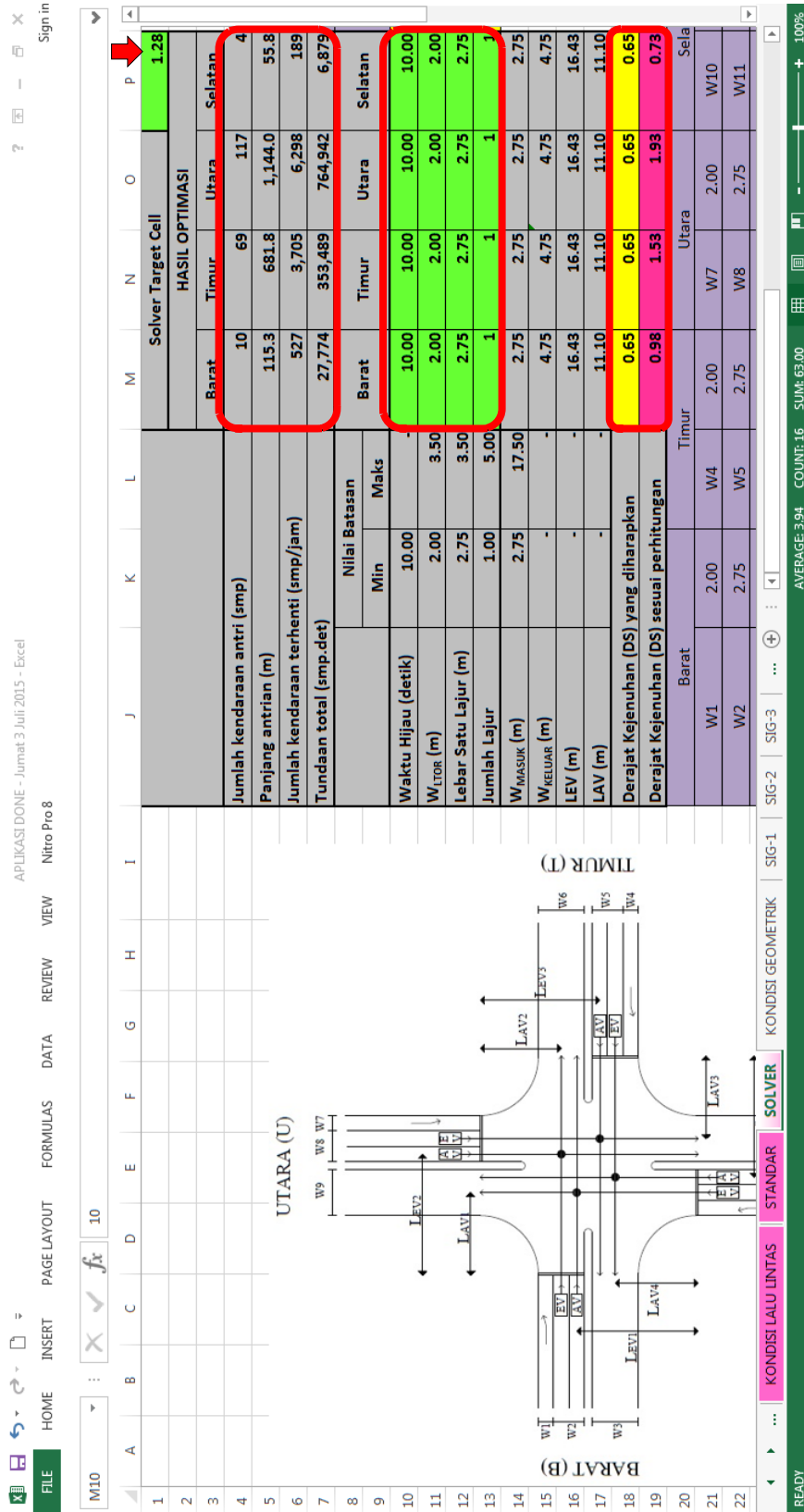


Gambar 4 Tahapan Optimasi Kinerja Simpang Bersinyal (Sutjiono, 2015)

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Untuk membandingkan hasil perhitungan simpang bersinyal antara *software* KAJI dengan aplikasi *spreadsheet*, dilakukan perhitungan terhadap contoh kasus suatu simpang bersinyal. Gambar 5 memperlihatkan tampilan *sheet solver* sebelum dilakukan optimasi dengan menggunakan *Solver*. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai DS yang diharapkan adalah 0,65; sedangkan untuk nilai waktu hijau = 10 detik, $W_{L\text{TOR}}$ 2 meter, lebar satu lajur lurus dan atau belok kanan = 2,75 meter, dan jumlah lajur = 1, setiap lengan pendekat menghasilkan nilai DS sesuai perhitungan dalam MKJI 1997, masing-masing adalah 0,98 (Barat), 1,53 (Timur), 1,93 (Utara), dan 0,73 (Selatan). Selain itu, dapat pula diketahui jumlah kendaraan antri (smp), panjang antrian (m), jumlah kendaraan terhenti (smp/jam), dan tundaan total (smp.det) untuk setiap lengan pendekat.

Selanjutnya dilakukan optimasi perhitungan kinerja simpang bersinyal dengan menjalankan fasilitas *add-in Solver* sehingga diperoleh hasil sebagaimana terlihat pada Gambar 6. Pada gambar tersebut terlihat bahwa nilai DS untuk setiap lengan pendekat sudah sesuai dengan nilai DS yang diharapkan. Namun masih perlu dilakukan pembulatan terhadap nilai waktu hijau, $W_{L\text{TOR}}$, dan jumlah lajur untuk setiap lengan pendekat dengan hasil akhir sebagaimana terlihat pada Gambar 7. Setelah dilakukan pembulatan, terdapat sedikit perbedaan antara nilai DS yang diharapkan (0,65) dengan nilai DS sesuai perhitungan (0,62 hingga 0,66).



Gambar 5 Tampilan Sheet Solver Sebelum Optimasi

APLIKASIDONE - Jumat 3 Juli 2015 - Excel
Nitro Pro 8

30.3928157149472

M		N	O	P
Solver Target Cell				
HASIL OPTIMASI				
Barat		Timur	Utara	Selatan
7	12	14	6	0.00
72.2	52.5	62.4	68.8	
191	304	373	149	
11,299	19,357	22,430	9,071	
Barat		Timur	Utara	Selatan
30.39	20.35	26.34	27.05	
2.11	2.08	2.00	2.03	
3.50	3.50	3.50	3.05	
1	2	2	1	
3.50	7.00	7.00	3.05	
9.08	5.61	5.07	9.00	
21.13	17.66	17.12	20.82	
11.55	11.58	11.27	11.47	
0.65	0.65	0.65	0.65	
0.65	0.65	0.65	0.65	
Barat		Timur	Utara	Selatan
W1	W4	W7	W10	
2.11	2.08	2.00	2.00	
W2	W5	W8	W11	
3.50	7.00	7.00	7.00	

UTARA (U)

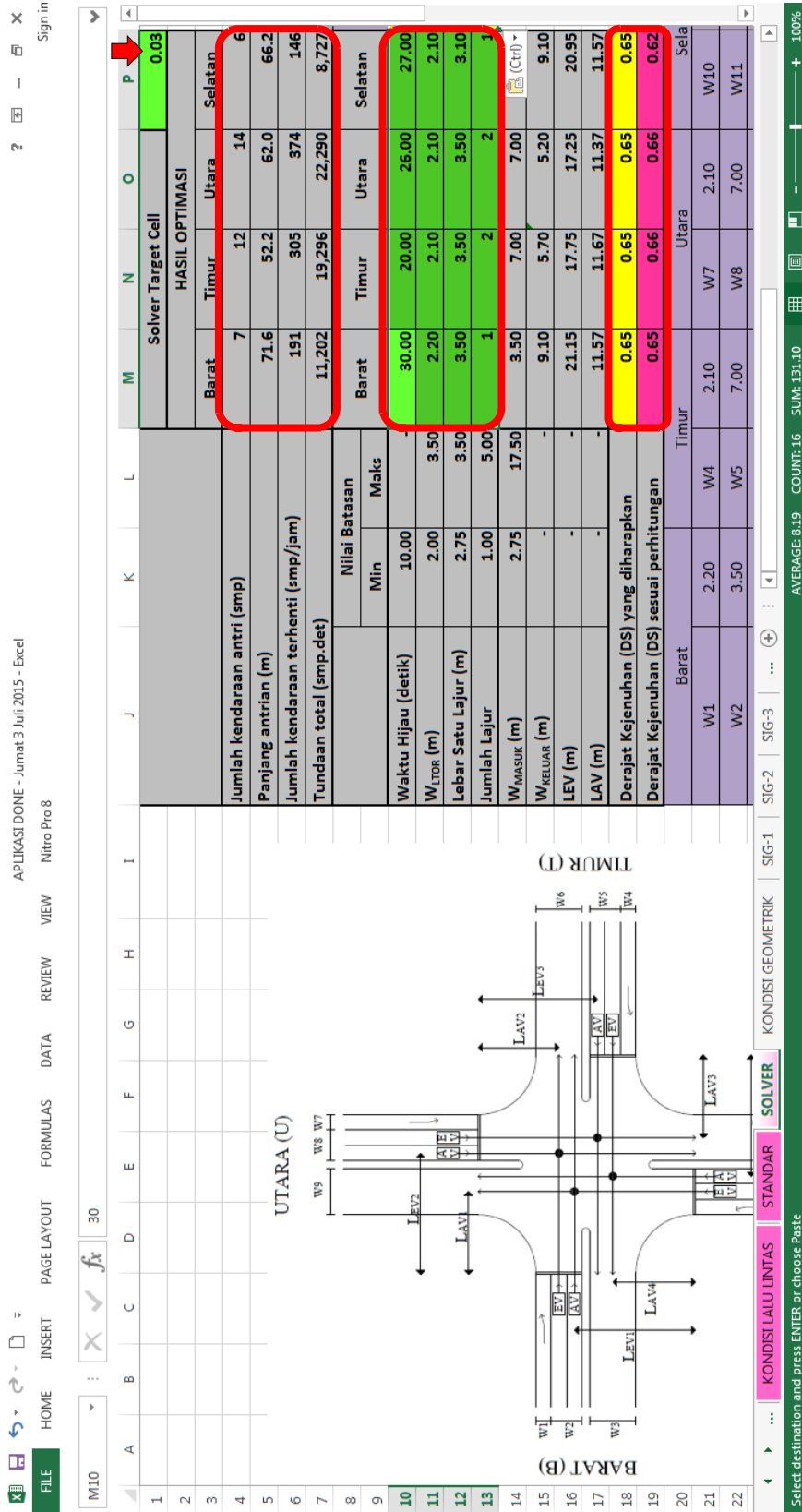
BARAT (B)

TIMUR (T)

SELATAN (S)

KONDISI LALU LINTAS | STANDAR | SOLVER | KONDISI GEOMETRIK | SIG-1 | SIG-2 | SIG-3 | ... | AVERAGE: 6.24 | COUNT: 16 | SUM: 131.89 | 100%

Gambar 6 Tampilan Sheet Solver Setelah Optimasi



Gambar 7 Tampilan Sheet Solver Setelah Pembulatan Hasil Optimasi

Jika nilai waktu hijau, $W_{L\text{TOR}}$, dan jumlah lajur hasil pembulatan pada Gambar 7 dimasukkan dalam *software* KAJI, diperoleh perbedaan nilai DS yang dihasilkan dari aplikasi *spreadsheet* dengan *software* KAJI sebagaimana terlihat pada Tabel 1. Perbedaan tersebut disebabkan oleh karena adanya perbedaan nilai faktor penyesuaian parkir (F_P). Nilai F_P pada *software* KAJI adalah 0,82 untuk semua pendekat, karena *software* KAJI selalu menghitung nilai F_P berdasarkan waktu hijau 26 detik, padahal sesuai dengan persamaan (21) pada bagian simpang bersinyal (MKJI 1997), seharusnya nilai F_P dihitung berdasarkan waktu hijau tiap pendekat. Oleh karena itu pada aplikasi *spreadsheet* tetap digunakan nilai F_P berdasarkan persamaan pada bagian simpang bersinyal.

Tabel 1 Perbandingan Nilai DS pada *Sheet SIG4* Akibat Nilai F_P

	Nilai Derajat Kejenuhan		Selisih Absolut	(%)
	KAJI	Aplikasi <i>Spreadsheet</i>		
Barat	0,726	0,660	0,066	9,09
Timur	0,682	0,666	0,016	2,35
Utara	0,717	0,715	0,002	0,28
Selatan	0,538	0,495	0,043	7,99

Perbedaan nilai DS antara KAJI dan aplikasi *spreadsheet* pada Tabel 1 juga berdampak terhadap perhitungan pada *Sheet SIG5*, yaitu menyebabkan perhitungan nilai jumlah antrian (NQ_1) yang dipengaruhi oleh nilai DS menjadi berbeda juga sehingga berdampak timbulnya perbedaan nilai tundaan total antara KAJI dan aplikasi *spreadsheet* sebagaimana terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Nilai Tundaan Total pada *Sheet SIG5*

	Tundaan Total (smp.det)		Selisih Absolut	(%)
	KAJI	Aplikasi <i>Spreadsheet</i>		
Barat	12.607	11.463	1.144	9,07
Timur	15.464	15.217	247	1,60
Utara	18.493	18.444	49	0,26
Selatan	7.815	7.673	142	1,82

Berdasarkan perbandingan nilai DS dan nilai tundaan total antara hasil perhitungan dengan menggunakan *software* KAJI dan aplikasi *spreadsheet* (Tabel 1 dan Tabel 2), dapat disimpulkan bahwa aplikasi *spreadsheet* dapat digunakan untuk mempermudah dan mempercepat proses penentuan waktu hijau, $W_{L\text{TOR}}$, lebar satu lajur lurus dan atau belok kanan, dan jumlah lajur setiap lengan pendekat yang memenuhi nilai DS tertentu, meskipun masih terdapat perbedaan hasil perhitungan antara *software* KAJI dan aplikasi *spreadsheet* karena adanya perbedaan asumsi dalam perhitungan faktor penyesuaian parkir (F_P).

KESIMPULAN

Penggunaan *add-in solver* pada *Microsoft Excel* dapat mempermudah dan mempercepat perhitungan kinerja simpang bersinyal, terutama dalam hal menentukan waktu hijau, lebar lajur belok kiri, lebar lajur untuk lurus dan atau belok kanan, serta jumlah lajur berdasarkan nilai DS tertentu. Selain itu, aplikasi *spreadsheet* juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan berbagai batasan (*constraint*) optimasi, antara lain, biaya operasional kendaraan (BOK), nilai waktu, dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Bandung: Sweroad & PT. Bina Karya.
- Setiawan, R. 2007, "Optimasi Perhitungan Kinerja Bundaran Menggunakan Microsoft Excel Solver" dalam Simposium X Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi (FSTPT) (Universitas Tarumanagara, Jakarta, 24 November 2007)
- Sutjiyono, H. 2015. Optimasi Kinerja Simpang Bersinyal dengan Menggunakan *Spreadsheet*. Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra (tidak dipublikasikan).
- Tamin, O. Z. 2000. *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*. edisi ke-2. Bandung: Penerbit ITB.