

**PERBANDINGAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL
BERDASARKAN PKJI 2014 DAN PENGAMATAN LANGSUNG
(Studi Kasus : Simpang Jl. Brigjend Sudiarto/ Jl. Gajah Raya/ Jl. Lamper
Tengah Kota Semarang)**

Setio Budi, Gonzales Sihite, Amelia Kusuma Indriastuti^{*)}, Yuli Priyono^{*)}

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50275,
Telp. : (024) 7474770, Fax. : (024) 7460060

ABSTRAK

Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia atau PKJI merupakan pemutakhiran Manual Kapasitas Jalan Indonesia atau MKJI. Studi pra-penelitian mengindikasikan hasil analisis PKJI lebih mendekati pengamatan lapangan dibandingkan hasil analisis MKJI, namun masih ada perbedaan yang signifikan. Lebih lanjut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik antrian pada simpang bersinyal hasil analisis PKJI terhadap hasil pengamatan di lapangan, dan untuk memberikan rekomendasi faktor penyesuaian terhadap PKJI. Kajian ini diterapkan pada Simpang Gajah di Kota Semarang dengan parameter analisis jumlah antrian (N_{Q1} dan N_{Q2}), panjang antrian (PA), dan rasio kendaraan henti (R_{KH}). Hasil analisis menunjukkan bahwa antara analisis PKJI dan pengamatan lapangan terdapat perbedaan N_{Q1} sebesar 2,26 – 305,22 skr, perbedaan N_{Q2} sebesar 0,28 – 9,60 skr, perbedaan PA sebesar 8,63 – 1913,34 meter, dan perbedaan R_{KH} sebesar 0,66 – 6,08 stop/skr. Perbedaan ini dapat diminimalkan dengan faktor koreksi (FK) meliputi faktor koreksi jumlah antrian ($FK_{N_{Q1}}$ dan $FK_{N_{Q2}}$), faktor koreksi panjang antrian (FK_{PA}), dan faktor koreksi rasio kendaraan henti ($FK_{R_{KH}}$). Faktor koreksi digunakan dengan perumusan : nilai parameter (N_{Q1} , N_{Q2} , PA, R_{KH}) PKJI terkoreksi = nilai parameter (N_{Q1} , N_{Q2} , PA, R_{KH}) PKJI Hitungan \times (1-FK). Luasan rata-rata per skr pada $DJ < 0,85$ disesuaikan dari 20 m^2 menjadi $\pm 12 m^2$.

Kata kunci: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI), jumlah antrian (N_{Q1} dan N_{Q2}), panjang antrian (PA), rasio kendaraan henti (R_{KH}), faktor koreksi (FK)

ABSTRACT

Indonesian Highway Capacity Guidance or IHCG is an update of Indonesian Highway Capacity Manual or IHCM. A pre-study assessment indicates that the result of IHCG analysis is closer to direct observation than IHCM's, but some significant differences were still exist. Therefore, This research aims to compare the characteristic of queueing on signalized intersection from the result of IHCG to empirical data, and to recommend adjustment factors of IHCG. This research was applied on Gajah intersection in Semarang City. Some IHCG parameter analyzed were the number of queueing vehicles (N_{Q1} and N_{Q2}), queue length (QL), and stop rate (R_{KH}). The results showed that between the result of IHCG and empirical data, difference of N_{Q1} is 2,26 – 305,22 pcu, difference of N_{Q2} is 0,28 – 9,60 pcu, difference of QL is 8,63 – 1913,34 meter, and difference of R_{KH} is 0,66 – 6,08

stop/pcu. These differences can be minimized using a correction factor (FK), namely the correction factor of number of queueing vehicles (FK_{NQ1} and FK_{NQ2}), correction factor of queue length (FK_{QL}), and correction faktor of stop rate (FK_{RKH}). The application of these correction factors are as follow :value of the corrected IHCG parameter (N_{Q1} , N_{Q2} , QL , R_{KH}) = value of IHCG parameter (N_{Q1} , N_{Q2} , QL , R_{KH}) \times (1-FK). The Average area occupied per lvu for $DS < 0,85$ is corrected from 20 sqm to ± 12 sqm.

Keyword: *Indonesian Highway Capacity Guidance (IHCG), number of queueing vehicles (N_{Q1} and N_{Q2}), queue length (QL), stop rate (R_{KH}) and correction factor (FK)*

PENDAHULUAN

Peningkatan volume arus lalu lintas yang akan menyebabkan perubahan perilaku lalu lintas yang mungkin tidak selaras lagi dengan asumsi yang digunakan dalam penyusunan manual dan pedoman kapasitas yang selama ini digunakan dalam perencanaan jalan di Indonesia, salah satunya Manual Kapasitas Jalan Indonesia (dalam pembahasan selanjutnya disebut sebagai MKJI).

Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) diterbitkan tahun 1997, dan sejak saat itu digunakan sebagai acuan dalam kegiatan perencanaan, perancangan, dan operasi fasilitas lalu lintas jalan. Manual ini merupakan hasil penelitian empiris di beberapa tempat yang dianggap mewakili karakteristik lalu lintas di Indonesia pada masa itu. Nilai parameter yang ditampilkan dalam manual ini tidak mutlak harus digunakan, namun dapat disesuaikan dengan lokasi dan waktu kajian yang dilakukan. Penggunaan nilai parameter MKJI untuk kondisi saat ini seringkali menghasilkan hasil analisis yang kurang sesuai dengan kondisi di lapangan. Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (dalam pembahasan selanjutnya disebut PKJI) merupakan upaya pemutakhiran Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yang dilakukan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi dan Rekayasa Sipil (Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan) melalui Gugus Kerja Teknik Lalu Lintas dan Lingkungan Jalan. Secara umum, pemutakhiran ini terfokus pada modifikasi nilai-nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) atau ekivalen kendaraan ringan (ekr), dan kapasitas dasar (C_0), serta penyesuaian istilah dan notasi parameter.

Penggunaan PKJI sebagai manual pengganti MKJI sampai saat ini belum diharuskan. Beberapa penelitian mencoba mengevaluasi nilai-nilai parameter yang diberikan dalam PKJI ini. Penelitian mengenai perbandingan kinerja ruas jalan berdasarkan MKJI dan PKJI telah dilakukan oleh Lalenoh dkk (2015). Menindaklanjuti saran dalam penelitian tersebut, pada tanggal 22 November 2016 dilakukan kajian pra-penelitian pada Simpang Gajah di Kota Semarang, dalam rangka membandingkan kinerja dan indikasi pergeseran nilai dari formulasi MKJI dan PKJI dengan kondisi lapangan.

Simpang Gajah merupakan simpang bersinyal empat lengan, dengan pendekat Jalan Brigjend Sudiarto (Semarang - Purwodadi), Jalan Gajah Raya dan Jalan Lamper Tengah Raya. Pengamatan dilakukan pada waktu sibuk di luar pengaturan ATCS (*Area Traffic Control System*) untuk mendapatkan data arus dan perilaku lalu lintas pada waktu siklus yang tidak berubah-ubah. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara hasil perhitungan teoritis (baik MKJI maupun PKJI) dengan kondisi di lapangan, seperti pada panjang antrian dan rasio kendaraan terhenti (kendaraan yang terkena fase merah terulang). Dengan MKJI, diperoleh panjang antrian (QL) adalah sebesar 76,67 meter, dengan angka henti (NS) sebesar 0,852 stop/smp. Berdasarkan PKJI, panjang antrian (PA) adalah sebesar

61,00 meter, dengan rasio kendaraan henti (R_{KH}) sebesar 0,832 stop/skr. Sementara, berdasarkan pengamatan langsung, panjang antrian adalah sebesar 42,00 meter, tanpa ada kendaraan terhenti (lolos semua). Metode MKJI dan PKJI memberikan nilai kinerja yang hampir sama, tetapi PKJI memberikan hasil yang lebih mendekati kondisi di lapangan. Hal ini mengindikasikan bahwa upaya pemutakhiran dalam PKJI ini memberikan hasil analisis yang lebih baik, namun masih tetap dibutuhkan perbaikan karena masih ditemukan perbedaan antara PKJI dengan kondisi di lapangan.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja simpang bersinyal (Simpang APILL) berdasarkan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia dan pengamatan langsung di lapangan, serta menganalisis perbedaan yang terjadi antara PKJI dan pengamatan langsung untuk merekomendasikan penyesuaian/ koreksi yang diperlukan dalam pendekatan PKJI.

BATASAN MASALAH

1. Pengamatan dilakukan pada Simpang Gajah Kota Semarang;
2. Parameter yang di analisis adalah jumlah kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{Q1}), jumlah kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah (N_{Q2}), panjang antrian (PA) dan rasio kendaraan henti (R_{KH});
3. Pengamatan dilakukan pada Simpang Gajah Kota Semarang, pada waktu puncak di luar pengaturan *ATCS* (*Area Traffic Control System*) dan rekayasa lalu lintas dari Kepolisian.

METODOLOGI

Pengumpulan Data

Data primer yang dibutuhkan berupa data geometrik simpang (lebar pendekat, lebar masuk, dan lebar keluar), data durasi sinyal lalu lintas, data arah pergerakan lalu lintas, data arus lalu lintas, data kondisi lingkungan jalan, dan data perilaku lalu lintas di lapangan (jumlah antrian, panjang antrian, dan rasio kendaraan henti) pada setiap pendekat simpang. Sedangkan data sekunder yang digunakan berupa data kependudukan Kota Semarang, peta jaringan jalan Kota Semarang, dan data waktu siklus dari *ATCS* Kota Semarang.

Analisis Kinerja Simpang APILL berdasarkan PKJI

Data geometrik simpang (lebar pendekat, lebar masuk, dan lebar keluar), data durasi sinyal lalu lintas, data arah pergerakan lalu lintas, data arus lalu lintas, data kondisi lingkungan jalan, serta data sekunder yang didapat dari hasil survei kemudian diolah untuk menganalisis kinerja Simpang Gajah Kota Semarang dengan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia. Parameter yang ditinjau adalah jumlah kendaraan tertinggal dari fase hijau sebelumnya (N_{Q1}), jumlah kendaraan data dan terhenti pada fase merah (N_{Q2}), panjang antrian (PA), dan rasio kendaraan henti (R_{KH}) pada masing-masing pendekat simpang. Nilai parameter ini akan dibandingkan dengan nilai parameter hasil pengamatan langsung.

Analisis Kinerja Simpang APILL berdasarkan Pengamatan Langsung

Data pengamatan langsung meliputi jumlah antrian, panjang antrian, dan rasio kendaraan henti diperoleh dengan melakukan pencatatan saat survei lapangan yaitu jumlah kendaraan tertinggal dari fase hijau sebelumnya (N_{Q1}), jumlah kendaraan datang dan terhenti pada fase merah (N_{Q2}), panjang antrian (PA) dan rasio kendaraan henti (R_{KH}) pada masing-masing pendekatan simpang. Data jumlah kendaraan tertinggal dan terhenti harus diubah ke dalam satuan kendaraan ringan (skr) dengan menggunakan nilai ekuivalen kendaraan ringan (ekr) sehingga didapatkan nilai N_{Q1} dan N_{Q2} lapangan.

Uji Perbedaan

Hasil dari perhitungan jumlah antrian (N_{Q1} dan N_{Q2}), panjang antrian (PA) dan rasio kendaraan henti (R_{KH}) dari metode PKJI kemudian dibandingkan dengan hasil N_{Q1} , N_{Q2} , panjang antrian dan rasio kendaraan henti dari hasil pengamatan langsung. Perbandingan dilakukan menggunakan metode *Paired Sample T-Test* untuk data berdistribusi normal dan dengan uji *wilcoxon* untuk data tidak berdistribusi normal dengan bantuan *software SPSS*.

Penyesuaian Parameter Perilaku Lalu lintas Simpang

Jika uji perbedaan menunjukkan bahwa hasil perhitungan PKJI berbeda secara signifikan dengan hasil pengamatan langsung, perlu adanya penyesuaian berupa faktor koreksi dalam formula-formula tertentu pada PKJI agar mendekati hasil pengamatan di lapangan, dengan tahapan berikut:

1. Hitung faktor koreksi yang merupakan perbandingan antara nilai parameter PKJI terhadap nilai parameter lapangan, untuk setiap parameter N_{Q1} , N_{Q2} , PA, dan R_{KH} .
2. Tampilkan hubungan antara faktor koreksi dengan nilai Derajat Kejenuhan (DJ) secara grafis untuk melihat pola kecenderungan perubahan nilai koreksi tersebut.
3. Buat persamaan regresi untuk memperlihatkan pengaruh DJ terhadap faktor koreksi menjadi variabel bebas dan nilai faktor koreksi menjadi variabel terikat. Nilai batas faktor koreksi ditentukan berdasarkan pola perbedaan nilai parameter berdasarkan PKJI dan pengamatan langsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geometrik dan Lingkungan

Data yang dikumpulkan meliputi kondisi geometrik, kondisi lingkungan dan jenis kendaraan yang melintasi ruas jalan tersebut. Pendekat utara adalah Jalan Gajah Raya, pendekat selatan adalah Jalan Lamper Tengah, pendekat timur adalah Jalan Brigjend Sudiarto (arah Purwodadi – Semarang) dan pendekat barat adalah Jalan Brigjend Sudiarto (arah Semarang – Purwodadi). Kondisi geometrik dan lingkungan Simpang Gajah ditampilkan pada Tabel 1. Kondisi geometrik dan lingkungan meliputi tipe lingkungan jalan, kelas hambatan samping (KHS), ketersediaan median, kelandaian, ketersediaan lajur belok kiri jalan terus, jarak ke kendaraan parkir, lebar awal (L), lebar masuk (L_M), lebar belok kiri jalan terus (L_{BKijT}), dan lebar keluar (L_K). Kode pendekat dipisahkan berdasarkan fase yang ditetapkan pada simpang.

Tabel 1. Kondisi Geometrik dan Lingkungan

Kode pendekat	Tipe lingkungan jalan	KHS: Tinggi/Rendah	Median, Ada/Tidak	Kelandaian +/- (%)	BKJT, Ya/Tidak	Jarak ke kendaraan parkir	Lebar pendekat, m			
							L	L _M	L _{BKJT}	L _K
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
U	KOM	Rendah	Tidak ada	0	Ya	0	6,5	6	1	5
S	KOM	Rendah	Tidak ada	0	Ya	0	4	6	0	5,5
T	KOM	Rendah	Ada	0	Ya	0	9,5	7	2,5	10
T-Bka	KOM	Rendah	Ada	0	Ya	0	5,5	3	2,5	5,5
B	KOM	Rendah	Ada	0	Ya	0	7,5	7,5	0	11
B-Bka	KOM	Rendah	Ada	0	Ya	0	3	3	0	4,5

Sumber: Survei Primer (2016)

Karakteristik Isyarat Lampu dan Pola Pergerakan Lalu Lintas

Simpang Gajah memiliki empat fase pergerakan lalu lintas. Pada fase pertama, kendaraan dari pendekat timur dan pendekat barat arah lurus bergerak bersamaan. Pada fase kedua, pergerakan belok kanan dari pendekat timur dan pendekat barat diijinkan berjalan. Pada fase ketiga, pergerakan dari pendekat utara memperoleh hak berjalan. Sementara, pada fase terakhir, pergerakan dari pendekat selatan yang memperoleh hak jalan. Pergerakan belok kiri pada pendekat utara, timur dan barat mendapat hak berjalan sepanjang fase (BK_iJT = Belok Kiri Jalan Terus). Pergantian isyarat secara berurutan memiliki pola hijau – kuning – merah – kuning, dengan waktu siklus 150 detik. Pengaturan waktu siklus/ isyarat Simpang Gajah diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu Isyarat pada Simpang Gajah

Fase	Waktu hijau (Green time)	Waktu kuning (Amber time)	Waktu merah semua (All red time)	Waktu merah (Red time)	Waktu siklus (Cycle time)
1	60	2	2	82	150
2	20	2	2	122	150
3	25	2	2	117	150
4	25	2	2	117	150

Sumber: Survei Primer (2016)

Arus Lalu Lintas

Data arus lalu lintas yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tingkat arus (*flow rate*) yang selanjutnya disebut arus. Pencacahan kendaraan dilakukan pada setiap kendaraan yang memasuki pendekat sebelum titik antrian dan pergerakan kendaraan tersebut saat melewati simpang (belok kanan, lurus, ataupun belok kiri). Kegiatan ini dilakukan setiap periode lima menit dalam waktu dua jam (pukul 12.00 – 14.00). Dengan demikian, didapatkan dua puluh empat set data lalu lintas dengan periode lima menit untuk masing-masing pendekat. Selanjutnya setiap set data lima menit tersebut dikalikan dengan dua belas untuk mendapatkan tingkat arus (*flow rate*) yang mempresentasikan data

volume lalu lintas satu jam. Data tersebut dikelompokkan ke dalam variasi arus satu dan variasi arus dua.

Variasi Arus Satu

Variasi arus satu adalah satu set data arus lalu lintas yang dipilih berdasarkan tinjauan periode puncak pada tiap-tiap pendekat. Pada pendekat utara, arus lalu lintas tertinggi sebesar 729,00 skr/jam terjadi pada menit ke 80-85. Periode tersebut digunakan sebagai acuan untuk penetapan nilai arus yang digunakan untuk pendekat lainnya, yaitu 1101,60 skr/jam (untuk pendekat selatan), 1173,00 skr/jam (untuk pendekat timur), dan 1540,80 skr/jam (untuk pendekat barat). Nilai-nilai tersebut menjadi data dalam variasi arus satu. Periode puncak pada pendekat selatan terjadi pada menit ke 60-65, dengan arus lalu lintas sebesar 1397,40 skr/jam. Pada periode tersebut, arus lalu lintas untuk pendekat lainnya sebesar 519,00 skr/jam (untuk pendekat utara), 1131,00 skr/jam (untuk pendekat timur), dan 1679,46 skr/jam (untuk pendekat barat). Langkah yang sama dilakukan pada pendekat timur dan pendekat barat sehingga diperoleh seluruh set data variasi arus satu.

Variasi Arus Dua

Variasi arus dua adalah satu set data arus lalu lintas yang dipilih berdasarkan tinjauan periode puncak pada seluruh pendekat secara bersamaan. Nilai arus lalu lintas pada tiap pendekat untuk setiap periode pengamatan dijumlahkan. Dari hasil pengolahan data, diketahui total arus lalu lintas tertinggi terjadi pada menit 5 – 10, dengan nilai 4861,80 skr/jam. Pada periode tersebut, arus lalu lintas untuk masing-masing pendekat yaitu 712,20 skr/jam (untuk pendekat utara), 606,00 skr/jam (untuk pendekat selatan), 1999,80 skr/jam (untuk pendekat timur), dan 1543,80 skr/jam (untuk pendekat barat). Nilai-nilai tersebut menjadi set data dalam variasi arus dua.

Kinerja Simpang APILL Berdasarkan PKJI

Data arus lalu lintas yang telah dikelompokkan berdasarkan variasi arus satu kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan PKJI. Perhitungan berdasarkan PKJI meliputi perhitungan waktu isyarat dan kapasitas, serta perhitungan perilaku lalu lintas Simpang APILL. Hasil perhitungan kinerja Simpang APILL berdasarkan PKJI untuk variasi arus satu dan variasi arus dua meliputi derajat kejenuhan (DJ), jumlah kendaraan tertinggal fase hijau sebelumnya (N_{Q1}), jumlah kendaraan yang datang dan terhenti fase merah (N_{Q2}), panjang antrian (PA), dan rasio kendaraan henti (R_{KH}) ditampilkan dalam Tabel 3.

Kinerja Simpang APILL Berdasarkan Pengamatan Lapangan

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan didapatkan data panjang antrian (PA), rasio kendaraan terhenti (R_{KH}), jumlah kendaraan terhenti yang tersisa dari fase hijau sebelumnya (N_{Q1}), dan jumlah kendaraan yang datang dan terhenti dalam antrian selama fase merah (N_{Q2}) pada variasi arus satu dan variasi arus dua. Data kendaraan terhenti yang didapatkan dalam satuan kendaraan kemudian diubah ke dalam satuan skr dengan menggunakan nilai ekr yang terdapat dalam PKJI sesuai dengan jenis kendaraannya untuk jenis pendekat terlindung.

Tabel 3. Kinerja Simpang metode PKJI dan lapangan dengan variasi arus satu dan dua

VARIASI ARUS	PENDEKAT	Perbandingan									
		Arus	DJ	N _{Q1}		N _{Q2}		Panjang Antrian (PA)		Rasio Kendaraan Terhenti (R _{KH})	
				PKJI	Lap.	PKJI	Lap.	PKJI	Lap.	PKJI	Lap.
		skr/jam		(skr)	(skr)	(skr)	(skr)	(meter)	(meter)	(LS/TLS)	(LS/TLS)
SATU	UTARA	428	0,680	0,56	0,00	16,75	16,05	80,77	67,50	LS	LS
SATU	UTARA	492	0,791	1,36	0,00	19,69	19,70	98,23	47,00	LS	LS
SATU	UTARA	342	0,552	0,12	0,00	13,07	13,08	61,52	25,00	LS	LS
SATU	UTARA	541	0,860	2,44	0,00	21,94	14,53	113,79	41,00	LS	LS
SATU	SELATAN	421	0,665	0,49	0,00	16,43	9,25	78,95	33,50	LS	LS
SATU	SELATAN	1271	2,003	319,70	17,73	66,24	44,03	1801,04	166,50	TLS	TLS
SATU	SELATAN	1397	2,194	381,72	16,00	76,50	49,95	2138,34	175,00	TLS	TLS
SATU	SELATAN	1102	1,734	234,79	16,50	53,80	37,63	1346,74	177,50	TLS	TLS
SATU	TIMUR	1617	1,013	26,08	22,65	67,95	66,90	376,13	225,00	TLS	TLS
SATU	TIMUR	729	0,457	0,00	0,00	22,31	24,33	89,25	92,50	LS	LS
SATU	TIMUR	853	0,535	0,07	0,00	27,13	29,85	108,81	80,00	LS	LS
SATU	TIMUR	885	0,554	0,12	0,00	28,43	30,33	114,20	75,00	LS	LS
SATU	TIMUR-Bka	118	0,518	0,04	0,00	4,58	6,90	43,10	25,00	LS	LS
SATU	TIMUR-Bka	60	0,265	0,00	0,00	2,26	2,75	21,13	12,50	LS	LS
SATU	TIMUR-Bka	68	0,300	0,00	0,00	2,57	3,13	23,99	17,50	LS	LS
SATU	TIMUR-Bka	71	0,313	0,00	0,00	2,69	4,40	25,09	17,50	LS	LS
SATU	BARAT	1094	0,640	0,39	0,00	36,76	34,33	138,70	90,00	LS	LS
SATU	BARAT	1331	0,778	1,24	0,00	48,29	29,80	184,94	102,50	LS	LS
SATU	BARAT	1281	0,749	0,99	0,00	45,73	27,40	174,40	110,00	LS	LS
SATU	BARAT	1166	0,682	0,57	0,00	40,08	22,55	151,76	65,00	LS	LS
SATU	BARAT-Bka	110	0,482	0,00	0,00	4,24	5,35	39,59	67,50	LS	LS
SATU	BARAT-Bka	156	0,685	0,58	0,00	6,21	6,70	63,32	47,00	LS	LS
SATU	BARAT-Bka	125	0,550	0,11	0,00	4,89	5,85	46,64	25,00	LS	LS
SATU	BARAT-Bka	129	0,564	0,15	0,00	5,02	4,93	48,25	41,00	LS	LS
DUA	UTARA	464	0,737	0,89	0,00	18,36	16,38	89,83	45,00	LS	LS
DUA	SELATAN	606	0,964	7,69	1,75	25,05	16,98	152,78	68,00	TLS	TLS
DUA	TIMUR	1429	0,895	3,61	2,70	55,64	51,58	237,00	147,50	LS	TLS
DUA	TIMUR-BKA	183	0,801	1,42	0,00	7,38	3,13	82,18	12,50	TLS	LS
DUA	BARAT	1174	0,687	0,59	0,00	40,47	20,13	153,32	70,00	LS	LS
DUA	BARAT-BKA	171	0,752	0,98	0,00	6,88	3,95	73,36	45,00	LS	LS

Ket:

LS = Lolos Semua

TLS = Tidak Lolos Semua

Sumber: Pengolahan Data (2016)

Uji Perbedaan Hasil PKJI dan Pengamatan Lapangan

Uji perbedaan atau analisis komparasi ini dilakukan pada setiap pendekat simpang dengan Uji t Dua Sampel Berpasangan (*Paired Sample t-Test*) untuk data berdistribusi normal dan dengan uji *wilcoxon* untuk data tidak berdistribusi normal. *Confidence Interval of the Difference* atau selang kepercayaan yang digunakan adalah 95%.

Hasil uji *paired sample t-test* maupun uji *wilcoxon* dinyatakan menerima hipotesis H_0 apabila nilai Sig (2-tailed) hasil uji lebih besar dari 0,05 dan dinyatakan menerima hipotesis H_1 apabila nilai Sig (2-tailed) hasil uji lebih kecil dari 0,05.

Hasil pengujian perbedaan pada parameter N_{Q1} dua belas (75%) set data menerima hipotesis H_0 (tidak terdapat perbedaan signifikan) dan empat (25%) set data menolaknya (terdapat perbedaan signifikan). Pengujian perbedaan pada parameter N_{Q2} menunjukkan sepuluh (59%) set data menerima hipotesis H_0 dan tujuh (41%) set data menerima hipotesis H_1 . Pengujian perbedaan PA menunjukkan delapan (50%) set data menerima hipotesis H_0 dan delapan (50%) set data menerima hipotesis H_1 . Sedangkan pengujian perbedaan R_{KH} menunjukkan tiga (19%) set data menerima hipotesis H_0 dan tiga belas (81%) set data menolaknya.

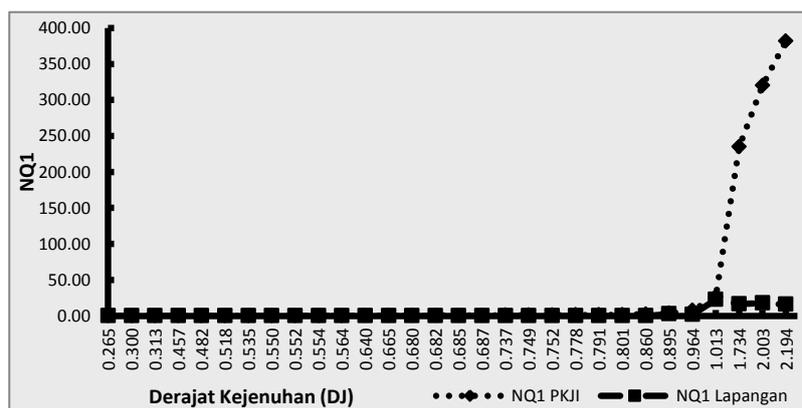
Hasil perbandingan kinerja simpang bersinyal dan pengujian perbedaan menggunakan program SPSS tersebut menunjukkan masih adanya perbedaan antara hasil perhitungan PKJI dan pengamatan lapangan untuk seluruh parameter N_{Q1} , N_{Q2} , PA, dan R_{KH} , meskipun terdapat pengujian yang hasilnya sama. Oleh karena itu, perlu adanya kajian mendalam terkait faktor koreksi penyesuaian terhadap hasil perhitungan PKJI untuk seluruh parameter N_{Q1} , N_{Q2} , PA, dan R_{KH} tersebut.

Penyesuaian Parameter Perilaku Lalu Lintas Simpang

Dalam MKJI maupun PKJI, nilai N_{Q1} dipengaruhi oleh kapasitas (C) dan Derajat Kejenuhan (DJ). Derajat Kejenuhan (DJ) sendiri dipengaruhi oleh besarnya arus lalu lintas (Q) dan kapasitas (C). Jadi, secara teoritis nilai kapasitas (C) sudah diperhitungkan dalam nilai Derajat Kejenuhan (DJ), sehingga untuk menghindari adanya double-counting, hanya DJ saja yang digunakan dalam penetapan faktor koreksi ini. Nilai N_{Q1} dan variabel yang mempengaruhinya (dalam hal ini hanya digunakan variabel Derajat Kejenuhan).

Penyesuaian N_{Q1}

Hubungan derajat kejenuhan terhadap nilai parameter N_{Q1} ditampilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan derajat kejenuhan (DJ) terhadap N_{Q1}
 Sumber: Hasil Analisis (2017)

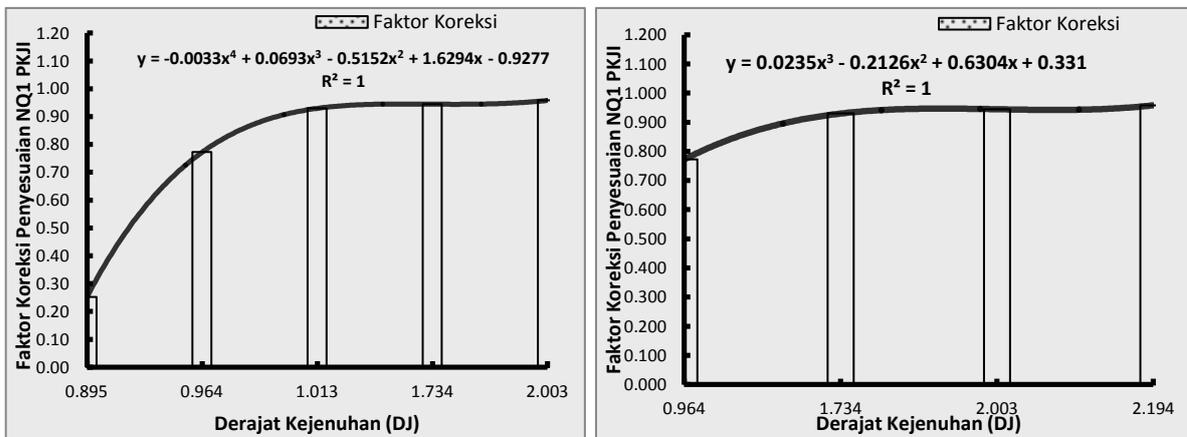
Dari Gambar 1, terlihat bahwa semakin besar DJ, perbedaan antara N_{Q1} PKJI dengan N_{Q1} lapangan akan semakin besar. Pada $DJ < 0,85$ perbedaan yang terjadi cukup kecil, sehingga rumusan N_{Q1} pada PKJI masih dapat digunakan untuk kondisi $DJ < 0,85$. Dengan kata lain,

tidak diperlukan koreksi untuk N_{Q1} PKJI pada kondisi $DJ < 0,85$, atau Faktor Koreksi (FK) = 1, atau N_{Q1} PKJI terkoreksi = N_{Q1} PKJI. Sementara, pada kondisi $DJ \geq 0,85$ terdapat kecenderungan nilai N_{Q1} analisis PKJI lebih tinggi daripada N_{Q1} lapangan, sehingga diperlukan penyesuaian terhadap PKJI.

Untuk memperoleh nilai N_{Q1} PKJI yang mendekati kondisi lapangan, dilakukan pendekatan dengan cara mengalikan nilai N_{Q1} PKJI dengan presentase selisih antara N_{Q1} PKJI dan N_{Q1} lapangan. Presentase selisih antara N_{Q1} PKJI dan N_{Q1} lapangan ini menjadi faktor koreksi untuk memperoleh nilai N_{Q1} PKJI terkoreksi yang mendekati nilai N_{Q1} lapangan.

$$\text{Faktor Koreksi } N_{Q1} (\text{FK}_{N_{Q1}}) = \frac{(N_{Q1} \text{PKJI} - N_{Q1} \text{Lapangan})}{N_{Q1} \text{PKJI}}$$

Hubungan antara DJ dengan $\text{FK}_{N_{Q1}}$ diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan derajat kejenuhan (DJ) terhadap faktor koreksi N_{Q1}
 Sumber: Hasil Analisis (2017)

Dari Gambar 2, terlihat bahwa semakin besar DJ, nilai $\text{FK}_{N_{Q1}}$ akan semakin besar. Hal ini sejalan dengan fakta yang ditampilkan dalam Gambar 1. Pengaruh perubahan DJ terhadap perubahan nilai $\text{FK}_{N_{Q1}}$ dapat dilihat dari persamaan regresi berikut :

Untuk kondisi $0,85 \leq DJ < 1,00$,

$$\text{Faktor Koreksi} = -0,0033DJ^4 + 0,0693DJ^3 - 0,5152DJ^2 + 1,6294DJ - 0,9277$$

Untuk kondisi $DJ \geq 1,00$,

$$\text{Faktor Koreksi} = 0,0235DJ^3 - 0,2126DJ^2 + 0,6304DJ + 0,331$$

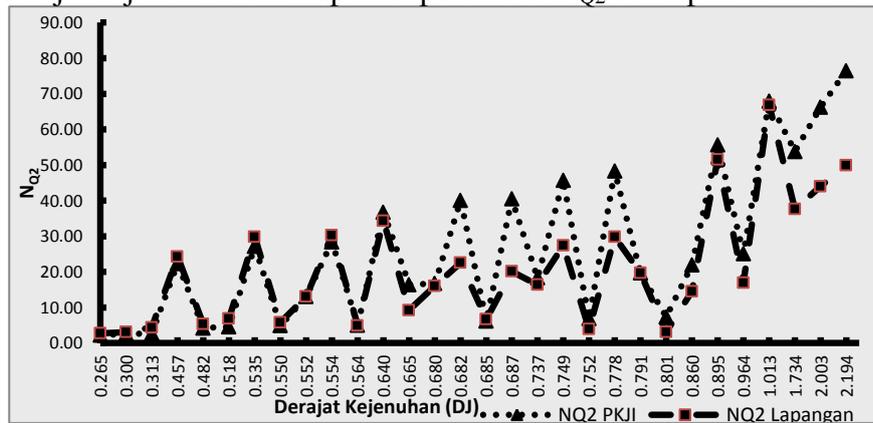
Faktor koreksi di atas digunakan untuk menurunkan nilai N_{Q1} hasil analisis PKJI agar lebih mendekati nilai N_{Q1} di lapangan dengan rumusan sebagai berikut:

$$N_{Q1} \text{ terkoreksi} = N_{Q1} \text{ PKJI} * (1 - \text{FK}_{N_{Q1}})$$

Penyesuaian N_{Q2}

Dalam MKJI maupun PKJI, nilai N_{Q2} dipengaruhi oleh waktu siklus (c), Rasio Hijau (RH), Derajat Kejenuhan (DJ), dan arus (Q). Derajat Kejenuhan (DJ) sendiri dipengaruhi oleh besarnya arus lalu lintas (Q) dan kapasitas (C). Sedangkan kapasitas (C) dipengaruhi oleh Rasio Hijau (RH) dan waktu siklus (c). Jadi secara teoritis nilai waktu siklus (c), Rasio Hijau (RH), dan arus (Q) sudah diperhitungkan dalam nilai Derajat Kejenuhan (DJ), sehingga untuk menghindari adanya double-counting, hanya DJ saja yang digunakan dalam penetapan faktor koreksi ini.

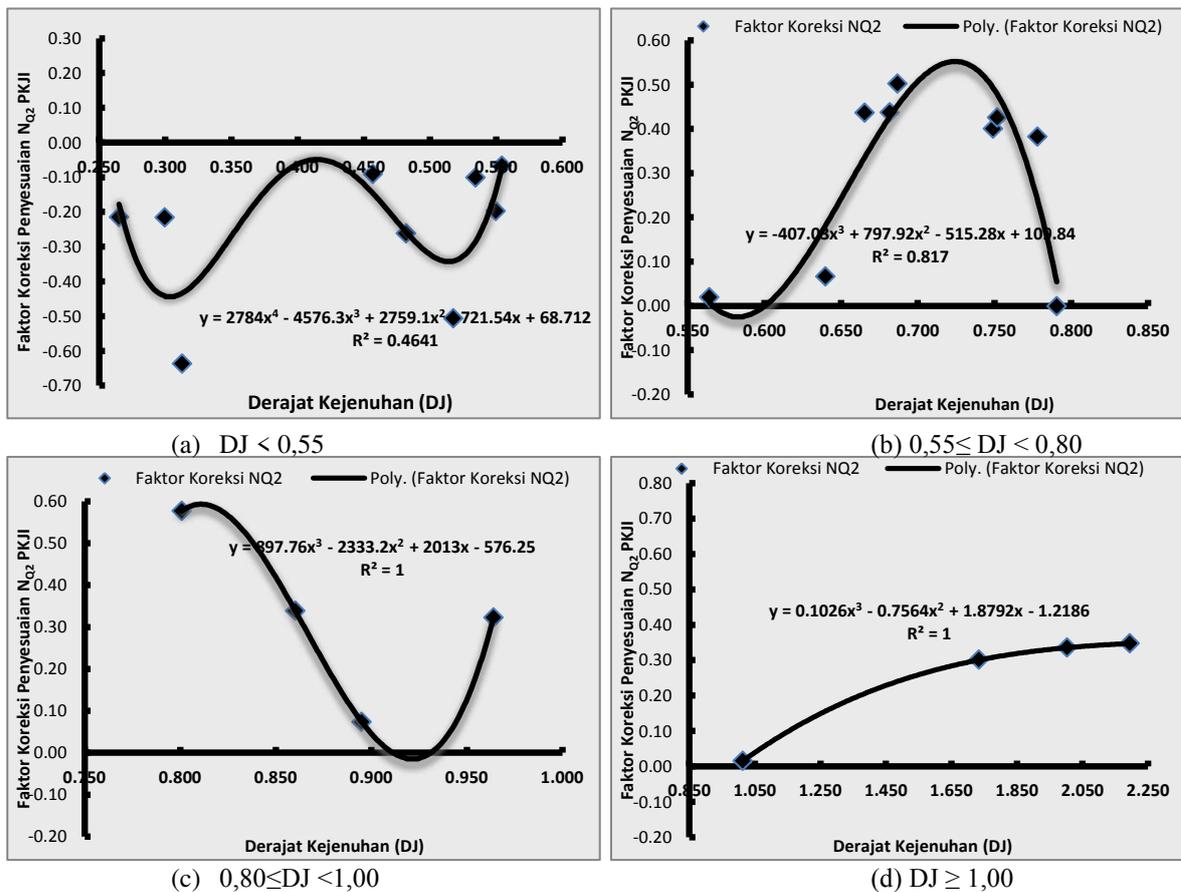
Hubungan derajat kejenuhan terhadap nilai parameter N_{Q2} ditampilkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan derajat kejenuhan (DJ) terhadap N_{Q2}
 Sumber: Hasil Analisis (2017)

Pada kondisi derajat kejenuhan kurang dari 0,55 nilai N_{Q2} PKJI cenderung lebih rendah dari N_{Q2} lapangan. Sedangkan pada kondisi derajat kejenuhan lebih dari 0,55 maka nilai N_{Q2} PKJI cenderung lebih tinggi dari N_{Q2} lapangan. Oleh karena itu, perlu adanya penyesuaian terhadap nilai N_{Q2} PKJI. Untuk memperoleh nilai N_{Q2} PKJI yang mendekati kondisi lapangan, dilakukan pendekatan dengan cara sama dengan parameter sebelumnya.

Hubungan derajat kejenuhan terhadap $FK_{N_{Q2}}$ ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan nilai derajat kejenuhan (DJ) terhadap faktor koreksi N_{Q2}

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Faktor koreksi memiliki nilai negatif pada kondisi $DJ < 0,55$ dan memiliki nilai positif pada kondisi $DJ \geq 0,55$. Ada hubungan antara nilai faktor koreksi dengan nilai derajat kejenuhan (DJ). Berdasarkan grafik hubungan derajat kejenuhan (DJ) terhadap faktor koreksi N_{Q2} , didapatkan rumusan pengaruh perubahan derajat kejenuhan (DJ) terhadap faktor koreksi N_{Q2} sebagai berikut:

Untuk kondisi derajat kejenuhan (DJ) $< 0,55$,

$$\text{Faktor Koreksi } N_{Q2} = 2784DJ^4 - 4576,3DJ^3 + 2759,1DJ^2 - 721,54DJ + 68,712$$

Untuk kondisi $0,55 \leq DJ < 0,80$,

$$\text{Faktor Koreksi } N_{Q2} = -407,03DJ^3 + 797,92DJ^2 - 515,28DJ + 109,84$$

Untuk kondisi $0,80 \leq DJ < 1,00$,

$$\text{Faktor Koreksi } N_{Q2} = 897,76DJ^3 - 2333,2DJ^2 + 2013DJ - 576,25$$

Untuk kondisi $DJ \geq 1,00$,

$$\text{Faktor Koreksi } N_{Q2} = 0,1026DJ^3 - 0,7564DJ^2 + 1,8792DJ - 1,2186$$

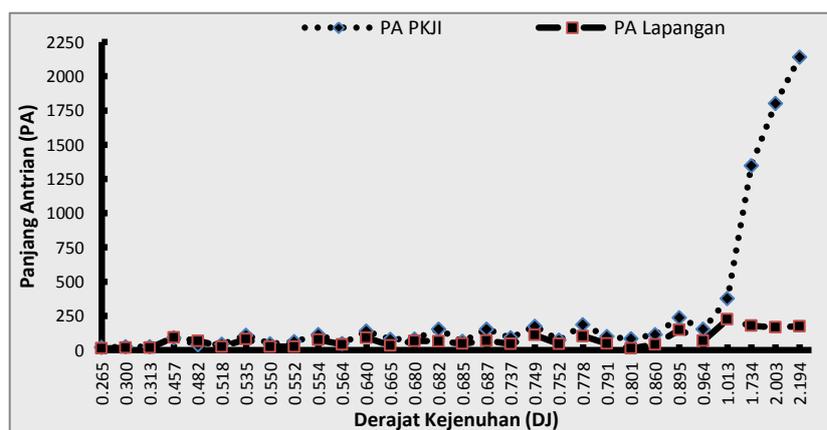
Nilai $FK_{N_{Q2}}$ untuk kondisi $DJ < 0,55$ berkisar antara -0,45 sampai -0,05. $FK_{N_{Q2}}$ untuk kondisi $0,55 \leq DJ < 0,80$ berkisar antara -0,05 sampai 0,55. $FK_{N_{Q2}}$ untuk kondisi $0,80 \leq DJ < 1,00$ berkisar antara -0,025 sampai 0,60. Sementara, untuk kondisi $DJ \geq 1,00$, nilai $FK_{N_{Q2}}$ di atas 0,025 dengan menggunakan rumusan faktor koreksi tersebut.

Selanjutnya, faktor koreksi di atas dapat digunakan dengan rumusan sebagai berikut :

$$N_{Q2} \text{ terkoreksi} = N_{Q2} \text{ PKJI} * (1 - FK_{N_{Q2}}).$$

Penyesuaian PA

Dalam MKJI maupun PKJI, nilai PA dipengaruhi oleh N_{QMAX} , Lebar Masuk (L_M), dan luas areal skr ($20m^2$). Nilai N_{QMAX} dan lebar masuk (L_M) sangat erat kaitannya dengan nilai derajat kejenuhan (DJ). Sehingga derajat kejenuhan (DJ) dapat dianggap telah mewakili faktor N_{QMAX} dan lebar masuk (L_M) dalam rumusan nilai panjang antrian (PA) dalam PKJI. Nilai panjang antrian (PA) dan variabel yang mempengaruhi nilainya (dalam hal ini digunakan variabel Derajat Kejenuhan) ditampilkan pada Gambar 5.

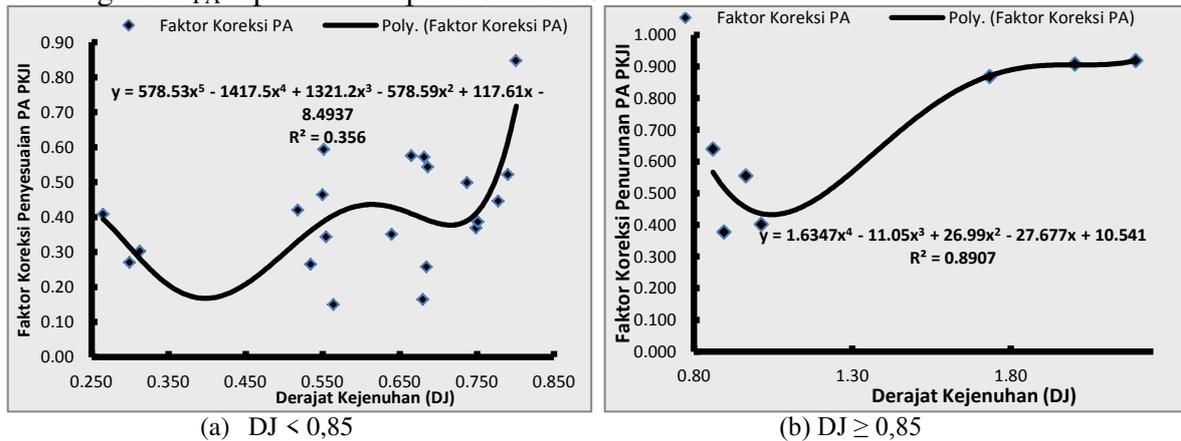


Gambar 5. Grafik hubungan derajat kejenuhan (DJ) terhadap PA

Sumber: Hasil Analisis (2017)

Dari Gambar 5, terlihat kecenderungan nilai PA PKJI cenderung lebih tinggi dari PA lapangan, dan perbedaannya semakin besar pada $DJ > 0,85$. Faktor koreksi PA PKJI

dihitung dengan pendekatan yang sama dengan parameter sebelumnya. Hubungan antara DJ dengan FK_{PA} diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan nilai derajat kejenuhan (DJ) terhadap faktor koreksi PA
Sumber: Hasil Analisis (2017)

Dengan menggunakan kecenderungan (*trend*) yang ada dalam grafik-grafik tersebut, didapatkan rumusan pengaruh perubahan derajat kejenuhan (DJ) terhadap faktor koreksi panjang antrian (PA) sebagai berikut :

Untuk kondisi $DJ < 0,85$,

$$\text{Faktor Koreksi PA} = 578,53DJ^5 - 1417,5DJ^4 + 1321,2DJ^3 - 578,59DJ^2 + 117,61DJ - 8,4937$$

Untuk kondisi $DJ \geq 0,85$,

$$\text{Faktor Koreksi PA} = 1,6347DJ^4 - 11,05DJ^3 + 26,99DJ^2 - 27,677DJ + 10,541.$$

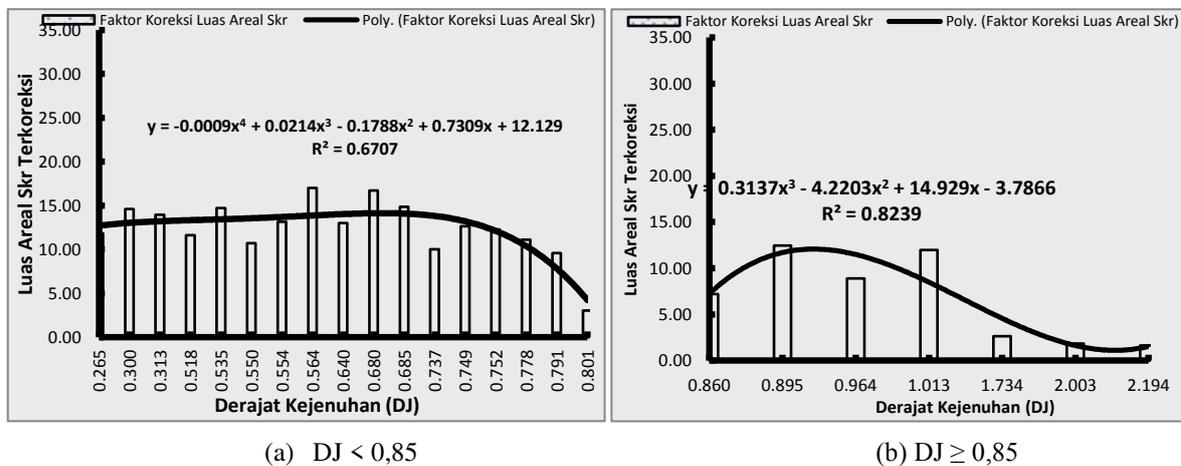
Faktor koreksi di atas dapat digunakan dengan rumusan sebagai berikut:

$$PA \text{ terkoreksi} = PA \text{ PKJI} * (1 - FK_{PA})$$

Kajian panjang antrian PKJI juga dilakukan terhadap nilai luas areal skr sebesar 20 m^2 yang merupakan konstanta empiris. Luas areal skr tersebut kurang sesuai dengan kondisi di lapangan saat ini saat kendaraan mengantri di mulut simpang. Koreksi luas area skr PKJI dapat dilakukan dengan persamaan:

$$\text{Luas areal 1 skr} = 20 \text{ m}^2 - (20 \text{ m}^2 \times \% \text{ angka koreksi}).$$

Dengan % angka koreksi adalah rasio perbedaan antara panjang antrian menurut PKJI dengan panjang antrian di lapangan.



Gambar 7. Grafik hubungan nilai derajat kejenuhan (DJ) terhadap luas area skr terkoreksi
Sumber: Hasil Analisis (2017)

Berdasarkan Gambar 7, didapatkan rumusan pengaruh perubahan derajat kejenuhan (DJ) terhadap luas areal terkoreksi sebagai berikut:

Untuk kondisi $DJ < 0,85$,

$$\text{Luas areal terkoreksi} = -0,0009DJ^4 + 0,0214DJ^3 - 0,1788DJ^2 + 0,7309DJ + 12,129$$

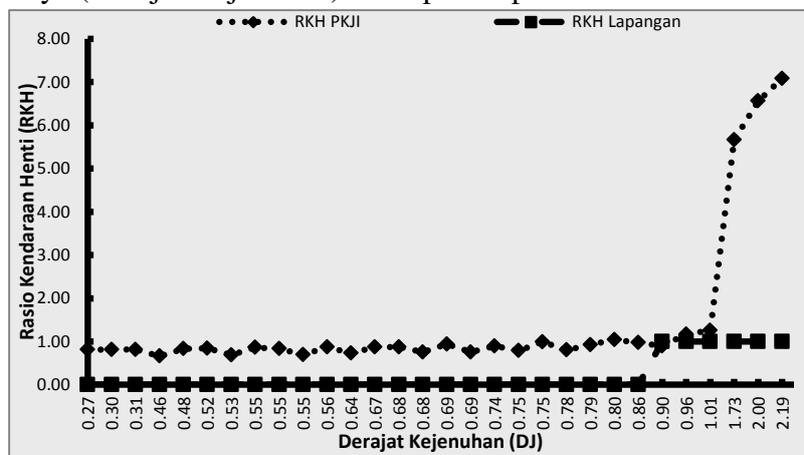
Untuk kondisi $DJ > 0,85$,

$$\text{Luas areal terkoreksi} = 0,3137DJ^3 - 4,2203DJ^2 + 14,929DJ - 3,7866$$

Untuk kondisi derajat kejenuhan kurang dari 0,85, diperoleh nilai luas areal skr terkoreksi sebesar ± 12 meter².

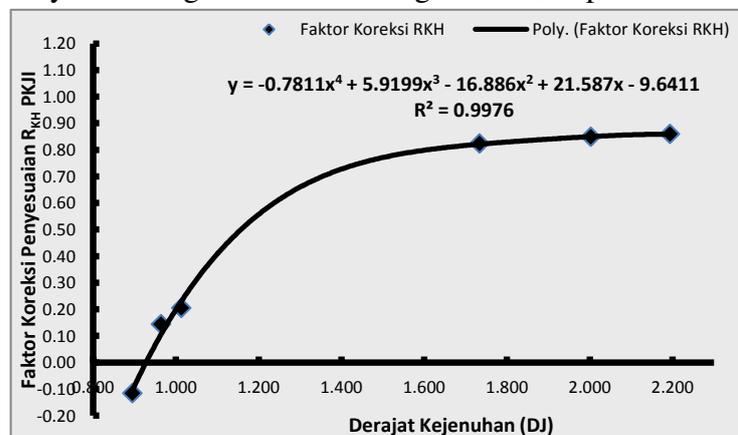
Penyesuaian Rasio Kendaraan Henti (R_{KH})

Dalam MKJI maupun PKJI, nilai R_{KH} dipengaruhi oleh waktu siklus (c), N_Q , dan arus (Q). Sama seperti pembahasan pada subbab sebelumnya, nilai R_{KH} dan variabel yang mempengaruhinya (Derajat Kejenuhan) ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan derajat kejenuhan (DJ) terhadap R_{KH}
 Sumber: Hasil Analisis (2017)

Dari Gambar 8, terlihat kecenderungan nilai R_{KH} PKJI lebih tinggi daripada R_{KH} lapangan. Rumusan R_{KH} pada PKJI masih dapat digunakan untuk kondisi $DJ < 0,85$. Dengan kata lain, tidak diperlukan koreksi untuk R_{KH} PKJI pada kondisi $DJ < 0,85$, atau Faktor Koreksi R_{KH} (FK_{RKH}) = 1, atau R_{KH} PKJI terkoreksi = R_{KH} PKJI. Sementara, untuk kondisi $DJ \geq 0,85$ terdapat kecenderungan nilai R_{KH} analisis PKJI lebih tinggi daripada R_{KH} lapangan. Faktor koreksi R_{KH} PKJI dihitung dengan pendekatan yang sama dengan parameter sebelumnya. Hubungan antara DJ dengan FK_{RKH} diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan nilai derajat kejenuhan (DJ) terhadap faktor koreksi R_{KH}
 (Sumber: Hasil Analisis, 2017)

$$\text{Faktor koreksi } R_{KH} = -0,7811DJ^4 + 5,9199DJ^3 - 16,886DJ^2 + 21,587DJ - 9,6411$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan antara N_{Q1} PKJI dengan N_{Q1} lapangan. Rumusan N_{Q1} pada PKJI masih dapat digunakan untuk kondisi $DJ < 0,85$. Sementara, pada kondisi $DJ \geq 0,85$ diperlukan penyesuaian terhadap PKJI.
2. Pada kondisi derajat kejenuhan kurang dari 0,55 nilai N_{Q2} PKJI cenderung lebih rendah dari N_{Q2} lapangan. Sedangkan pada kondisi derajat kejenuhan lebih dari 0,55 maka nilai N_{Q2} PKJI cenderung lebih tinggi dari N_{Q2} lapangan. Oleh karena itu, perlu adanya penyesuaian terhadap nilai N_{Q2} PKJI.
3. Terdapat perbedaan panjang antrian hasil analisis PKJI dan pengamatan lapangan. Maka perlu penyesuaian rumusan panjang antrian (PA) PKJI pada kondisi derajat kejenuhan di bawah 0,85 dan di atas 0,85.
4. Rumusan R_{KH} pada PKJI masih dapat digunakan untuk kondisi $DJ < 0,85$. Maka perlu faktor koreksi rumusan R_{KH} PKJI pada kondisi derajat kejenuhan di atas 0,85.
5. Rumusan faktor koreksi N_{Q1} ($FK_{N_{Q1}}$):
 - a. $0,85 \leq DJ < 1,00$: $FK_{N_{Q1}} = -0,0033DJ^4 + 0,0693DJ^3 - 0,5152DJ^2 + 1,6294DJ - 0,9277$
 - b. $DJ > 1,00$: $FK_{N_{Q1}} = 0,0235DJ^3 - 0,2126DJ^2 + 0,6304DJ + 0,331$.
6. Rumusan faktor koreksi N_{Q2} ($FK_{N_{Q2}}$):
 - a. $DJ < 0,55$: $FK_{N_{Q2}} = 2784DJ^4 - 4576,3DJ^3 + 2759,1DJ^2 - 721,54DJ + 68,712$,
 - b. $0,55 < DJ < 0,80$: $FK_{N_{Q2}} = -407,03DJ^3 + 797,92DJ^2 - 515,28DJ + 109,84$,
 - c. $0,80 < DJ < 1,00$: $FK_{N_{Q2}} = 897,76DJ^3 - 2333,2DJ^2 + 2013DJ - 576,25$,
 - d. $DJ > 1,00$: $FK_{N_{Q2}} = 0,1026DJ^3 - 0,7564DJ^2 + 1,8792DJ - 1,2186$.
7. Rumusan faktor koreksi PA (FK_{PA}):
 - a. $DJ < 0,85$: $FK_{PA} = 578,53DJ^5 - 1417,5DJ^4 + 1321,2DJ^3 - 578,59DJ^2 + 117,61DJ - 8,4937$
 - b. $DJ > 0,85$: $FK_{PA} = 1,6347DJ^4 - 11,05DJ^3 + 26,99DJ^2 - 27,677DJ + 10,541$.
 - c. Koreksi luas areal skr untuk kondisi DJ di bawah 0,85 sebesar ± 12 meter².
8. Rumusan faktor koreksi R_{KH} ($FK_{R_{KH}}$) kondisi $DJ > 0,85$: $FK_{R_{KH}} = -0,7811DJ^4 + 5,9199DJ^3 - 16,886DJ^2 + 21,587DJ - 9,6411$.
9. Faktor koreksi penyesuaian PKJI digunakan dengan persamaan (N_{Q1} , N_{Q2} , PA, dan R_{KH}) PKJI terkoreksi = (N_{Q1} , N_{Q2} , PA, dan R_{KH}) PKJI * (1 – faktor koreksi) untuk seluruh parameter (N_{Q1} , N_{Q2} , PA, dan R_{KH}). Sedangkan nilai luas areal terkoreksi digunakan dengan persamaan PA_PKJI terkoreksi = $\frac{N_{QMAX}}{L_M} \times$ (Luas areal terkoreksi).

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Departemen Kementrian Pekerjaan Umum. 2014. *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI)*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Lalenoh, R.H., Sendow, T.K. & Jansen, F. 2015. *Analisa Kapasitas Ruas Jalan Sam Ratulangi Dengan Metode MKJI 1997 Dan PKJI 2014*. Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Pusat Data dan Statistik Pendidikan Kementrian dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2014. *Modul Pembelajaran SPSS (Statistical Package For The Social Sciences)*.

Pusat Data dan Statistik Pendidikan Kementrian dan Kebudayaan Republik Indonesia. Jakarta.