

PERILAKU SEPEDA MOTOR

PADA SIMPANG BERSINYAL DI PERKOTAAN

Persimpangan merupakan bertemunya pergerakan lalu lintas dari arah yang berbeda. Persimpangan dapat menghambat arus lalu lintas, penyebab kemacetan dan kecelakaan lalu lintas. Oleh karenanya simpang khususnya simpang bersinyal memegang peran penting dalam kelancaran arus lalu lintas di jalanjalan perkotaan. Studi simpang bersinyal merupakan salah satu ukuran yang paling efektif untuk meningkatkan kapasitas jaringan jalan dan mengurangi kemacetan lalu lintas.

Permasalahan yang dihadapi dalam arus lalu lintas campuran di simpang bersinyal adalah tidak teraturnya sepeda motor pada simpang bersinyal yang tentunya mengganggu manuver kendaraan lain. Permasalahan berikutnya adalah belum adanya penyesuaian dalam MKJI maupun penelitian sebelumnya dalam menentukan nilai arus jenuh baik dari metode pengambilan data dan metode analisis. Metode yang kurang tepat mengakibatkan nilai arus jenuh tidak akurat sesuai dengan kondisi nyata.

PERILAKU SEPEDA MOTOR

PADA SIMPANG BERSINYAL DI PERKOTAAN

I Made Kariyana



PERILAKU SEPEDA MOTOR

pada Simpang Bersinyal di Perkotaan

Sanksi Pelanggaran Pasal 113 Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
 2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
 3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
 4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).
-

PERILAKU SEPEDA MOTOR

pada Simpang Bersinyal di Perkotaan

I MADE KARIYANA

DEWA
PUBLISHING

2023

PERILAKU SEPEDA MOTOR

pada Simpang Bersinyal di Perkotaan

I MADE KARIYANA

Editor Naskah : Achmad Wahdi
Perancang Sampul : Tim Dewa Publishing
Penata Letak : Tim Dewa Publishing

Diterbitkan oleh:



Redaksi:

CV. Dewa Publishing
Desa Kalianyar RT 003/RW 002, Kec. Ngronggot
Kab. Nganjuk, Jawa Timur

Email : publishingdewa@gmail.com
Website : www.dewapublishing.com
Phone : 0877-7141-5004

Cetakan Pertama, Mei 2023
i-xvii+193 hlm, 15.5 cm x 23 cm

ISBN 978-623-8292-49-3

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan Sebagian atau seluruh isi buku ini ke dalam bentuk apa pun secara elektronik maupun mekanis, tanpa izin tertulis dari penerbit

All Rights Reserved



KATA PENGANTAR

Kepada Para Pembaca yang Terhormat,

Penulis bersyukur kepada Tuhan atas kesempatan dan nikmat sehat yang telah diberikan, sehingga penulis bisa mempersembahkan buku yang berjudul "Pemodelan Arus Jenuh dan Penentuan Ekuivalensi Mobil Penumpang Berdasarkan Perilaku Sepeda Motor pada Simpang Bersinyal". Buku ini bertujuan untuk menyajikan pengetahuan mendalam tentang pentingnya mempertimbangkan perilaku sepeda motor dalam analisis lalu lintas, khususnya di simpang bersinyal.

Sepeda motor menjadi moda transportasi yang semakin populer di banyak negara. Dalam konteks simpang bersinyal, peran sepeda motor menjadi faktor penting dalam menentukan kinerja lalu lintas secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemodelan arus jenuh yang mempertimbangkan perilaku sepeda motor menjadi krusial dalam merencanakan dan mengelola sistem lalu lintas yang efisien dan aman.

Buku ini berfokus pada dua aspek utama, yaitu pemodelan arus jenuh dan penentuan ekuivalensi mobil penumpang. penulis

menggali lebih dalam tentang bagaimana perilaku sepeda motor mempengaruhi arus lalu lintas di simpang bersinyal dan bagaimana dapat dilakukan penentuan ekivalensi mobil penumpang untuk sepeda motor dalam analisis lalu lintas.

Dalam bab-bab awal, penulis membahas tentang konsep arus jenuh dan faktor-faktor yang mempengaruhi arus lalu lintas. Penulis juga menguraikan jenis-jenis pemodelan arus lalu lintas yang dapat diterapkan dalam konteks simpang bersinyal. Selanjutnya, penulis menyoroti komponen-komponen simpang bersinyal dan prinsip kerja yang mendasari pengaturan lalu lintas di simpang bersinyal serta dilengkapi dengan study kasus dan analisis pada pemodelan arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor.

Pada intinya, buku ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang bagaimana sepeda motor mempengaruhi arus lalu lintas dan bagaimana dapat mengintegrasikan penilaian sepeda motor dalam pemodelan arus jenuh dan penentuan ekivalensi mobil penumpang. Kami berharap buku ini menjadi sumber referensi yang berharga bagi para akademisi, praktisi, dan peneliti di bidang transportasi dan lalu lintas.

Akhir kata, penulis berterima kasih kepada semua yang telah berkontribusi dalam pembuatan buku ini. Kami berharap buku ini memberikan wawasan yang berharga dan mendorong pengembangan pengetahuan lebih lanjut dalam pemodelan arus jenuh dan analisis lalu lintas dengan mempertimbangkan perilaku sepeda motor pada simpang bersinyal.

Salam hangat,

Penulis



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
BAB 1 PERGERAKAN ARUS JENUH LALU LINTAS DI SIMPANG BERSINYAL	1
BAB 2 KONSEP DASAR EKIVALENSI MOBIL PENUMPANG	11
A. Pengertian Ekivalensi Mobil Penumpang	11
B. Metode Ekivalensi Mobil Penumpang (EMP)	12
1. Metode Rasio Waktu Antara Pelepasan (<i>Discharge Headway</i>)	13
2. Metode Rasio Arus Jenuh	21
3. Metode Tundaan	22
4. Metode Regresi	22
5. Teknik Optimasi	23
6. Metode Chandra	28
C. Hubungan Antara Arus Jenuh dan Ekivalensi Mobil Penumpang	28
D. Penggunaan Ekivalensi Mobil Penumpang dalam Analisis Lalu Lintas	30

BAB 2	KONSEP DASAR PEMODELAN ARUS JENUH LALU LINTAS PADA SIMPANG BERSINYAL	32
A.	Definisi Arus Lalu Lintas	32
B.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Arus Lalu Lintas	34
C.	Jenis-jenis Pemodelan Arus Lalu Lintas	36
D.	Definisi Arus Jenuh (Saturation Flow) Lalu Lintas	38
1.	Metode MKJI	39
2.	Metode Time Slice	45
E.	Analisis Regresi untuk Arus Jenuh	50
F.	Pengamatan Arus Jenuh	52
BAB 3	KONSEP DASAR SIMPANG BERSINYAL	53
A.	Hakikat Persimpangan	53
B.	Definisi dan Fungsi Simpang Bersinyal	54
C.	Tingkat Pelayanan Persimpangan	57
D.	Komponen-komponen Simpang Bersinyal	58
E.	Prinsip Kerja Simpang Bersinyal	60
BAB 4	ANALISIS PERILAKU SEPEDA MOTOR PADA SIMPANG BERSINYAL	63
A.	Klasifikasi Kendaraan	63
B.	Perilaku Sepeda Motor di Simpang Bersinyal	64
C.	Ruang Henti Khusus (RHK)	66
D.	Tipikal Desain RHK Sepeda Motor	69
BAB 5	STATISTIKA DAN MODEL LINEAR DALAM ANALISIS ARUS JENUH LALU LINTAS	73
A.	Statistika	73
1.	Jenis Statistika	74
2.	Teknik Statistik	75
B.	Model Linier	78
1.	Distribusi Normal	80
2.	Distribusi Log Normal	84
3.	Analisis Regresi	86

BAB 6 STUDI KASUS DAN APLIKASI	91
A. Proporsi Kendaraan dan Distribusi Perilaku Sepeda Motor	91
B. Analisis Arus Jenuh Dengan Discharge Headway	124
C. Perbandingan Arus Jenuh antara Pendekat dengan RHK dan Tanpa RHK	135
D. Model Arus Jenuh Berdasarkan Perilaku Sepeda Motor	137
1. Model Regresi Linier Sederhana Arus Jenuh Berdasarkan Perilaku Sepeda Motor	137
2. Model Regresi Linier Berganda Arus Jenuh Berdasarkan Perilaku Sepeda Motor	152
E. Analisis EMP Berdasarkan Perilaku Sepeda Motor	167
BAB 7 PENUTUP	181
Daftar Pustaka	186
Biografi Penulis	193



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai emp untuk simpang bersinyal	12
Tabel 3.2	Faktor penyesuaian ukuran kota (FCS)	41
Tabel 3.3	Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (FSF)	42
Tabel 4.1	Tingkat pelayanan pada persimpangan	58
Tabel 5.1	Kapasitas RHK tipe kotak dengan 2 lajur	70
Tabel 5.2	Kapasitas RHK tipe kotak dengan 3 lajur	70
Tabel 5.3	Kapasitas RHK tipe P dengan 2 lajur	71
Tabel 5.4	Kapasitas RHK tipe P dengan 3 lajur	72
Tabel 7.1	Emp sepeda motor dan kendaraan berat Metode Chandra, et al. (2000)	106
Tabel 7.2	Lebar pendekat, waktu siklus, waktu hijau dan volume kendaraan	108
Tabel 7.3	Arus jenuh pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	108
Tabel 7.4	Perilaku sepeda motor pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	110

Tabel 7.5	Arus jenuh pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	111
Tabel 7.6	Perilaku sepeda motor pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	112
Tabel 7.7	Arus jenuh pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kapten Japa	113
Tabel 7.8	Perilaku sepeda motor pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kapten Japa	114
Tabel 7.9	Arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	116
Tabel 7.10	Perilaku sepeda motor pada Pendekat Gatot Subroto Barat (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	117
Tabel 7.11	Arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	118
Tabel 7.12	Perilaku sepeda motor pada Pendekat Gatot Subroto Barat (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	119
Tabel 7.13	Arus jenuh pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus	121
Tabel 7.13	Perilaku sepeda motor pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus	122
Tabel 7.13	Penentuan normalitas distribusi discharge headway	124
Tabel 7.14	Analisis arus jenuh lebar pendekat 3 meter dengan RHK	126
Tabel 7.15	Nilai arus jenuh pada lebar efektif 3 meter tanpa RHK	128
Tabel 7.16	Nilai arus jenuh pada lebar efektif 3 meter dengan RHK	129
Tabel 7.17	Nilai arus jenuh pada lebar efektif 5 meter tanpa RHK	130
Tabel 7.18	Nilai arus jenuh pada lebar efektif 5 meter dengan RHK	131
Tabel 7.19	Nilai arus jenuh pada lebar efektif 7 meter tanpa RHK	132

Tabel 7.20 Nilai arus jenuh pada lebar efektif 7 meter dengan RHK	134
Tabel 7.21 Perbandingan arus jenuh pada pendekatan dengan dan tanpa RHK	135
Tabel 7.22 Rekapitulasi model arus jenuh parsial berdasarkan perilaku sepeda motor	151
Tabel 7.23 Uji asumsi klasik pendekatan tanpa RHK	152
Tabel 7.24 Uji asumsi klasik pendekatan dengan RHK	153
Tabel 7.25 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor pada pendekatan tanpa RHK	153
Tabel 7.26 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor pada pendekatan dengan RHK	154
Tabel 7.27 Emp dan arus jenuh pada pendekatan lebar 3 meter tanpa RHK	167
Tabel 7.28 Emp dan arus jenuh pada pendekatan lebar 3 meter dengan RHK	168
Tabel 7.29 Emp dan arus jenuh pada pendekatan lebar 5 meter tanpa RHK	169
Tabel 7.30 Emp dan arus jenuh pada pendekatan lebar 5 meter dengan RHK	170
Tabel 7.31 Emp dan arus jenuh pada pendekatan lebar 7 meter tanpa RHK	172
Tabel 7.32 Emp dan arus jenuh pada pendekatan dengan lebar efektif 7 meter dengan RHK	173
Tabel 7.33 Rekapitulasi nilai emp	174



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Headway jenuh dan pengukuran waktu hilang	14
Gambar 2.2	Contoh pencatatan time headway LV-LV	15
Gambar 2.3	Kombinasi pasangan kendaraan yang ditinjau	16
Gambar 2.4	Kendaraan berjalan pada lajur	24
Gambar 3.1	Model dasar untuk arus jenuh	39
Gambar 3.2	Grafik faktor penyesuaian kelandaian (FG)	43
Gambar 3.3	Grafik faktor penyesuaian parkir dan lajur belok kiri pendek (FP)	44
Gambar 3.4	Pengukuran arus jenuh dengan metode time slice	46
Gambar 4.1	Konflik primer dan sekunder pada simpang APILL 4 lengan	55
Gambar 5.1	Perilaku pengendara sepeda motor di simpang bersinyal	65
Gambar 5.2	Penempatan RHK tanpa pulau jalan dan tanpa belok kiri langsung	67
Gambar 5.3	Penempatan RHK tanpa pulau jalan dan dengan belok kiri langsung	67

Gambar 5.4	Penempatan RHK dengan pulau jalan dan dengan belok kiri langsung	68
Gambar 5.5	Tampak atas sepeda motor memasuki RHK tanpa lajur pendekat	68
Gambar 5.6	Penumpukan sepeda motor	69
Gambar 5.7	Kapasitas RHK tipe kotak dengan 2 lajur	70
Gambar 5.8	Kapasitas RHK tipe P dengan 2 lajur	71
Gambar 6.1	Grafik distribusi normal	81
Gambar 6.2	Grafik distribusi normal μ tetap dan σ berubah	82
Gambar 6.3	Grafik distribusi normal normal μ berubah dan σ tetap	82
Gambar 6.4	Grafik distribusi normal standar	84
Gambar 6.5	Grafik distribusi log normal dan distribusi normal	85
Gambar 7.1	Pendekat Dewi Sartika (T) dan Pendekat Teuku Umar (B) di Simpang Dewi Sartika dengan lebar efektif 7 meter dan terdapat RHK	92
Gambar 7.2	Pendekat Hayam Wuruk (T) dan Pendekat Hayam Wuruk (B) di Simpang Kapten Japa dengan lebar efektif 5 meter dan terdapat RHK	92
Gambar 7.3	Pendekat Nangka (U) di Simpang Nangka dan Pendekat Serma Mendra (B) di Simpang Unud dengan lebar efektif 3 meter dan terdapat RHK	92
Gambar 7.4	Pendekat Gatot Subroto Barat (T) dan Pendekat Gatot Subroto Barat (B) di Simpang Kebo Iwa dengan lebar efektif 7 meter dan tanpa RHK	93
Gambar 7.5	Pendekat Diponegoro (S) di Simpang Saelus dan Supratman (B) di Simpang Surabi dengan lebar efektif 5 meter dan tanpa RHK	93
Gambar 7.6	Pendekat Saelus di Simpang Saelus dan Buana Raya di Simpang Perumnas dengan lebar efektif 3 meter dan tanpa RHK	93

Gambar 7.7	Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	94
Gambar 7.8	Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	95
Gambar 7.9	Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kapten Japa	97
Gambar 7.10	Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Gatot Subroto (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	98
Gambar 7.11	Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Gatot Subroto (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	99
Gambar 7.12	Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus	100
Gambar 7.13	Persentase proporsi kendaraan pada jam sibuk pagi, siang dan sore	102
Gambar 7.14	Distribusi perilaku sepeda motor pada masing-masing lebar efektif pendekat dengan dan tanpa RHK	104
Gambar 7.14	Arus jenuh pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	109
Gambar 7.15	Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	110
Gambar 7.16	Arus jenuh pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	111
Gambar 7.17	Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika	113

Gambar 7.18	Arus jenuh pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kapten Japa	114
Gambar 7.19	Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kapten Japa	115
Gambar 7.20	Arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	116
Gambar 7.21	Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	117
Gambar 7.22	Arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	119
Gambar 7.23	Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa	120
Gambar 7.24	Arus jenuh pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus	121
Gambar 7.25	Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus	122
Gambar 7.26	Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 3 meter tanpa RHK	139
Gambar 7.27	Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 3 dengan RHK	141
Gambar 7.28	Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 5 tanpa RHK	144
Gambar 7.29	Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 5 meter dengan RHK	145

Gambar 7.30 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 7 tanpa RHK	148
Gambar 7.31 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 7 dengan RHK	149



BAB 1

PERGERAKAN ARUS JENUH LALU LINTAS DI SIMPANG BERSINYAL

Persimpangan merupakan bertemunya pergerakan lalu lintas dari arah yang berbeda. Persimpangan dapat menghambat arus lalu lintas, penyebab kemacetan dan kecelakaan lalu lintas. Oleh karenanya simpang khususnya simpang bersinyal memegang peran penting dalam kelancaran arus lalu lintas di jalan-jalan perkotaan. Studi simpang bersinyal merupakan salah satu ukuran yang paling efektif untuk meningkatkan kapasitas jaringan jalan dan mengurangi kemacetan lalu lintas (Minh dan Sano, 2003).

Permasalahan yang dihadapi dalam arus lalu lintas campuran di simpang bersinyal adalah tidak teraturnya sepeda motor pada simpang bersinyal yang tentunya mengganggu manuver kendaraan lain. Permasalahan berikutnya adalah belum adanya penyesuaian

dalam MKJI maupun penelitian sebelumnya dalam menentukan nilai arus jenuh baik dari metode pengambilan data dan metode analisis. Metode yang kurang tepat mengakibatkan nilai arus jenuh tidak akurat sesuai dengan kondisi nyata.

Permasalahan lainnya adalah dalam MKJI maupun penelitian sebelumnya, perilaku sepeda motor tidak pernah diadopsi dalam penentuan model arus jenuh dan emp, dalam kenyataannya perilaku sepeda motor sangat mengganggu pergerakan kendaraan lain di simpang bersinyal tentunya berdampak besar pada arus jenuh maupun emp. Dalam arus lalu lintas campuran semua variable harus diadopsi termasuk perilaku sepeda motor untuk mendapatkan nilai arus jenuh yang akurat sesuai kondisi nyata.

Pengelolaan arus lalu lintas simpang bersinyal jauh lebih mudah untuk diteliti dan dianalisis jika semua kendaraan bermotor homogen (Nguyen dan Montgomery, 2007). Negara berkembang mempunyai arus lalu lintas campuran dengan jenis, ukuran, bobot dan kekuatan kendaraan yang berbeda, dalam situasi ini, sangat sulit untuk menentukan arus jenuh dalam kend/jam, karena komposisi kendaraan bermotor berbeda, sehingga diperlukan konversi kendaraan bermotor untuk memudahkan analisis menentukan arus jenuh dalam smp/jam.

Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) simpang bersinyal mempunyai dua tipe pergerakan arus yaitu arus berangkat terlindung dan arus berangkat terlawan. Arus berangkat terlindung adalah arus berangkat tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus sebaliknya, arus berangkat terlawan adalah arus berangkat dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus/belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama.

Menurut Saha, *et al.* (2009), pergerakan menerus (*through movements*) merupakan pergerakan lurus yang tidak terpengaruh

oleh konflik sedangkan menurut Ghamdi (1999) pergerakan menerus adalah pergerakan (belok kanan, lurus, belok kiri) pada setiap pendekatan yang diberikan lampu hijau secara bersamaan, dan diberikan 1 fase setiap pendekatnya sehingga kendaraan yang belok kanan tidak perlu menunggu untuk masuk dalam lalu lintas yang berlawanan.

Dalam studi ini diteliti pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada pergerakan menerus (*through movements*), untuk memperoleh data *discharge headway* yang lebih akurat karena dalam menentukan jarak antara kendaraan, tidak ada tundaan dari pergerakan belok kiri maupun kanan di simpang bersinyal. Pengertian pergerakan menerus dalam pembahasan ini sesuai definisi dari Saha, *et al.* (2009) yaitu pergerakan lurus yang tidak terpengaruh oleh konflik, atau dalam MKJI merupakan pergerakan lurus dari arus terlindung.

Lalu lintas campuran yang didominasi sepeda motor sangat umum di sebagian besar negara-negara Asia seperti Taiwan, Thailand, Vietnam, Indonesia dan Malaysia. Sebagai contoh, proporsi sepeda motor di Hanoi dan Kota Ho Chi Minh di Vietnam sekitar 90% (Minh dan Sano, 2003). Di Taiwan, konsep arus lalu lintas terpisah (pemisahan lajur sepeda motor) diusulkan dan berhasil diterapkan untuk meningkatkan kinerja lalu lintas campuran. Pemerintah Indonesia menyiapkan ruang henti khusus (RHK) untuk sepeda motor di beberapa simpang bersinyal, untuk mengakomodasi tingginya jumlah sepeda motor.

RHK merupakan fasilitas sepeda motor dalam bentuk penyediaan fasilitas sepeda motor di simpang bersinyal dan merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah penumpukan sepeda motor pada simpang bersinyal. Ketika memasuki sinyal waktu hijau, sepeda motor bergerak dengan berbagai manuver untuk keluar dari pendekatan simpang, sehingga tidak jarang menimbulkan konflik lalu lintas yang diperkirakan berpengaruh

terhadap kinerja dan aliran pergerakan lalu lintas di simpang bersinyal (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015).

Sepeda motor dapat mengurangi kecepatan moda lain dan dapat membuat lalu lintas tidak teratur karena perilaku pengendaranya. Hal ini karena sepeda motor dapat bergerak perlahan, berada di sebelah kendaraan lain, merayap perlahan ke antrian di depan ketika lampu pengatur lalu lintas berwarna merah sehingga menghambat arus lalu lintas dengan mengganggu kendaraan lain di belakangnya. Perilaku sepeda motor di simpang bersinyal tersebut dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*), sepeda motor di dalam arus (*inside flow*) dan sepeda motor di luar arus (*beside flow*) (Ministry of Works Malaysia, 2006). Pembahasan ini mengikuti perilaku berdasarkan *Ministry of Works Malaysia* (2006) karena dalam MKJI belum diatur tentang perilaku sepeda motor di simpang bersinyal. Pemahaman yang lebih baik mengenai dampak sepeda motor terhadap arus lalu lintas berpengaruh terhadap penyusunan model yang lebih akurat untuk menentukan pengaruh sepeda motor terhadap arus jenuh (Minh dan Sano, 2003).

Arus jenuh (*saturation flow*) sangat memegang peranan penting di dalam desain suatu simpang bersinyal (Saha, *et al.*, 2009). Arus jenuh (S) adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau). Sementara itu arus jenuh dasar adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau) (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Arus jenuh di simpang bersinyal sangat bergantung kepada jumlah dan proporsi moda kendaraan bermotor di dalam arus lalu lintas.

Manual untuk penentuan parameter-parameter simpang bersinyal di Indonesia, seperti arus jenuh dan kapasitas adalah Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) yang dipublikasikan pada

tahun 1997. Dimana pada saat itu komposisi sepeda motor untuk daerah perkotaan di Indonesia adalah rata-rata 40,5% (Departemen Pekerjaan Umum, 1997) berbeda jauh dengan kondisi saat ini dimana komposisi sepeda motor adalah 77% (Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, 2020). Meskipun daerah perkotaan di Indonesia memiliki persentase sepeda motor yang tinggi tapi belum ada penyesuaian terhadap MKJI terkait tingginya persentase sepeda motor, jumlah kepemilikan kendaraan dan perilaku sepeda motor di Indonesia.

MKJI menentukan arus jenuh berdasarkan arus jenuh dasar dikalikan faktor penyesuaian dan untuk arus jenuh dasar merupakan besarnya keberangkatan antrian pada pendekat simpang selama kondisi ideal, tanpa memperhitungkan kondisi lalu lintas, komposisi sepeda motor maupun perilaku sepeda motor, sehingga estimasi arus jenuh di simpang bersinyal kurang mencerminkan kondisi nyata. Beberapa penelitian terkait pengaruh sepeda motor terhadap arus jenuh di simpang bersinyal telah dilakukan oleh Minh dan Sano (2003) di Hanoi dan Bangkok, Vien, *et al.* (2008) di Malaysia, Adams, *et al.* (2015) di Ghana dan Kariyana, *et al.* (2021) di Denpasar.

Hasil dari penelitian tersebut adalah semakin besar persentase volume total sepeda motor semakin besar juga nilai arus jenuhnya dan semakin besar persentase volume sepeda motor *inside flow*, semakin besar juga arus jenuhnya. Disamping itu penelitian oleh Adams, *et al.* (2015) juga menemukan bahwa semakin besar persentase sepeda motor semakin rendah *headway* rata-ratanya. Penelitian oleh Fadli dan Elkhasnet (2012) yang meneliti tentang perbandingan nilai arus jenuh pada pendekat simpang dengan dan tanpa RHK, menghasilkan arus jenuh pendekat simpang dengan RHK lebih besar dari pendekat tanpa RHK. Penelitian terkait arus jenuh juga dilakukan oleh Indriastuti, *et al.* (2019) di Semarang.

Dalam penelitian yang pernah penulis kaji ditemukan, semakin besar lebar lajur semakin tinggi nilai arus jenuhnya. Pengaruh lebar lajur terhadap arus sebesar 34%, sedangkan untuk pengaruh lainnya yang perlu dipertimbangkan adalah arah pergerakan, proporsi kendaraan dan kepatuhan pengguna jalan. Penelitian yang dilakukan di Malaysia oleh Vien, *et al.* (2008), di Ghana oleh Adams, *et al.* (2015) dan di Denpasar oleh Kariyana, *et al.* (2021) hanya menganalisis pengaruh perilaku sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*), di luar arus (*beside flow*) dan di dalam arus (*inside flow*) secara parsial tanpa ada analisis secara simultan.

Vien, *et al.* (2008), Adams, *et al.* (2015), dan Kariyana, *et al.* (2021) analisis masih pada masing-masing pendekat simpang bersinyal, tidak berdasarkan lebar pendekat dengan menggabungkan data beberapa pendekat dengan lebar efektif dan karakteristik lalu lintas yang sama. Penelitian yang dilakukan oleh Fadli dan Elkhasnet (2012), Amelia dan Juanita (2011), Prasetyanto dan Elkhasnet (2015) dan Rangkuti (2017) tidak ada yang menganalisis model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor dengan dan tanpa RHK, sebagian besar penelitian hanya meneliti efektifitas RHK dari tingkat keterisian RHK.

Terdapat beberapa metode yang dapat dipergunakan dalam menentukan arus jenuh seperti, metode *Time Slice*, metode *Time Headway*, dan metode Regresi. Metode pertama adalah *Time Slice* dimana perhitungan arus jenuh dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan. Dasar metode ini adalah membagi setiap waktu hijau dalam kondisi jenuh dan merata-ratakan arus lalu lintas dalam kondisi jenuh yang bebas dari pengaruh kehilangan waktu (*lost time*) untuk memperoleh nilai arus jenuh (Nguyen dan Montgomery, 2007). Metode kedua adalah *Time Headway* yaitu memperkirakan rata-rata waktu *headway* antara kendaraan yang berurutan pada antrian ketika melewati garis henti. Selanjutnya,

arus jenuh dihitung sebagai kebalikan dari rata-rata waktu *headway* (Greenshields, et al., 1947; TRB, 1997 dalam Minh dan Sano, 2003).

Metode ketiga adalah metode regresi yaitu menyusun suatu persamaan yang melibatkan waktu hijau jenuh dan jumlah kendaraan berdasarkan tipe kendaraannya. Arus jenuh dihitung dengan menghitung jumlah kendaraan dalam setiap kelompoknya melewati pendekat selama waktu hijau jenuh. Metode regresi diasumsikan paling efektif dalam penentuan arus jenuh untuk kondisi arus lalu lintas campuran (Branston dan Zuylen, 1978). Adapun metode yang dipakai untuk menentukan arus jenuh dalam penelitian terdahulu seperti, dalam Vien, et al. (2008) menggunakan metode dari *Malaysia Highway Capacity Manual*, Adams, et al. (2015) menggunakan metode *Time Headway*, Chand, et al. (2016) dan Rajgor, et al. (2016) menggunakan *Indian Road Congres*, Lubis dan Surbakti (2017) menggunakan metode *Time Slice*.

Metode terdahulu kurang relevan karena hanya menggunakan satu atau dua metode dan tidak mendetail menentukan metode dari pengambilan data sampai tahap analisis. Hal tersebut tentunya kurang mengadopsi kondisi lalu lintas nyata dan berakibat pada kurang akuratnya nilai arus jenuh. Dalam penentuan nilai arus jenuh semua aspek harus diperhitungkan, mulai dari penentuan metode survei sampai dengan analisis sesuai dengan kondisi lapangan maka dari itu buku ini menggabungkan beberapa metode untuk menentukan arus jenuh. Pengukuran arus jenuh yang benar sangat penting untuk estimasi nilai emp yang akurat, dengan demikian arus jenuh dan emp menjadi saling bergantung satu dengan yang lainnya (Mohan dan Chandra, 2017).

Metode untuk estimasi ekivalensi mobil penumpang (emp) untuk berbagai tipe kendaraan bermotor di simpang bersinyal menurut Mohan dan Chandra (2017) seperti, metode rasio waktu antara pelepasan (*discharge headway*), metode tundaan, dan teknik optimasi. Metode yang pertama yaitu metode rasio waktu antara

pelepasan (*discharge headway*), metode ini digunakan untuk pendekatan awal dalam menentukan emp di persimpangan dan umumnya digunakan karena mudah. Nilai emp suatu jenis kendaraan didefinisikan sebagai rasio waktu rata-rata *headway* kendaraan dengan subjek mobil penumpang. Pada metode rasio arus jenuh, faktor penyesuaian untuk kendaraan berat dihitung dengan mengambil rasio arus jenuh dasar dengan arus jenuh lalu lintas campuran.

Metode yang kedua yaitu metode tundaan, dalam metode ini memperkirakan emp berdasarkan tundaan tambahan yang dialami oleh arus lalu lintas campuran mengacu kepada arus lalu lintas yang terdiri dari mobil penumpang. Selanjutnya metode ketiga adalah teknik optimasi yaitu mengestimasi emp dengan meminimumkan perbedaan antara arus jenuh dasar dan arus yang diamati saat warna hijau jenuh. Pemilihan metode disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian karena belum ada penelitian yang menyatakan metode terbaik atau penelitian yang membandingkan ketiga metode tersebut. Beberapa metode telah dipakai dalam menentukan nilai emp seperti, dalam Vien, *et al.* (2008) menggunakan metode dari *Malaysia Highway Capacity Manual*, Adams, *et al.* (2015) menggunakan metode regresi, Chand, *et al.* (2016) menggunakan persamaan dari Chandra, *et al.* (2000), Rajgor, *et al.* (2016) menggunakan *Indian Road Congres*, Fadli dan Elkhasnet (2012), Lubis dan Surbakti (2017) menggunakan MKJI dan Indriastuti, *et al.* (2019) menggunakan regresi.

Minh dan Sano (2003), Vien, *et al.* (2008), Adams, *et al.* (2015), Chand, *et al.* (2016), Chandra, *et al.* (2000), Rajgor, *et al.* (2016) dan lainnya menentukan emp berdasarkan dimensi kendaraan seperti MC, LV dan HV tanpa memperhitungkan atau mengadopsi perilaku sepeda motor. Di Indonesia nilai emp sudah ditentukan dalam MKJI, dimana nilai emp tersebut ditetapkan pada tahun 1997, tentunya nilai emp kurang relevan digunakan saat ini. Nilai emp MKJI tidak

mencerminkan kondisi nyata di lapangan karena emp sudah ditentukan nilainya tanpa ada analisis emp di setiap simpang yang diteliti seperti sepeda motor empnya 0,2 kendaraan ringan empnya 1 dan kendaraan berat 1,3 untuk kondisi terlindung, sedangkan untuk kondisi terlawan perbedaan hanya pada emp sepeda motor yaitu 0,4. Untuk mengadopsi proporsi sepeda motor yang tinggi dan perilaku sepeda motor, pada buku ini mengkaji emp berdasarkan perilaku sepeda motor pada simpang bersinyal.

Studi karakteristik lalu lintas di simpang bersinyal bukanlah merupakan topik yang baru, beberapa penelitian telah dilakukan untuk meneliti tentang arus jenuh dan kapasitas yang bertujuan untuk memperbaiki kondisi lalu lintas di simpang bersinyal atau di seluruh jaringan transportasi. Penelitian tentang perilaku sepeda motor di simpang bersinyal penting dilakukan untuk menentukan kebijakan terkait pengaturan sepeda motor di simpang bersinyal, seperti pembuatan disain RHK untuk sepeda motor, pembuatan lajur terpisah antara sepeda motor dengan kendaraan lain maupun pengaturan lampu lalu lintas. Sebagai contoh Korea menyiapkan area khusus untuk sepeda motor di depan pendekat, untuk mengakomodasi tingginya jumlah sepeda motor di simpang bersinyal. Taiwan menerapkan kebijakan konsep arus lalu lintas terpisah antara sepeda motor dan kendaraan lain untuk meningkatkan kinerja simpang pada lalu lintas heterogen (Vien, et al., 2008).

Sejauh ini belum diketahui distribusi perilaku sepeda motor di simpang bersinyal antara simpang yang ada RHK dengan simpang tanpa RHK dalam klasifikasi lebar pendekat, penelitian terdahulu hanya menentukan distribusi perilaku sepeda motor pada satu titik pengamatan. Belum dilakukan penelitian menggunakan metode baru dengan menggabungkan beberapa metode dari penelitian terdahulu dalam penentuan arus jenuh dan membandingkannya antara pendekat dengan RHK dan tanpa RHK, penelitian

sebelumnya hanya menggunakan satu atau dua metode dan hanya fokus pada satu metode baik survei maupun analisis. Belum pernah dilakukan penelitian untuk menentukan model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor di simpang bersinyal dengan RHK maupun tanpa RHK secara simultan, penelitian terdahulu hanya menentukan model secara parsial.

Belum pernah dilakukan penelitian untuk menentukan nilai emp berdasarkan perilaku sepeda motor di simpang bersinyal dengan RHK maupun tanpa RHK. Dalam penelitian sebelumnya maupun dalam MKJI, emp ditentukan berdasarkan dimensi kendaraan tanpa mempertimbangkan perilaku sepeda motor. Berdasarkan uraian tersebut maka penulisan buku ini dilakukan untuk mengetahui distribusi perilaku sepeda motor, perbandingan arus jenuh, model arus jenuh maupun nilai emp berdasarkan perilaku sepeda motor sesuai dengan kondisi saat ini, pada simpang bersinyal dengan maupun tanpa RHK.



BAB 2

KONSEP DASAR EKIVALENSI MOBIL PENUMPANG

A. Pengertian Ekuivalensi Mobil Penumpang

Ekivalensi mobil penumpang (EMP) adalah faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, $emp = 1,0$). Emp merupakan unit untuk mengkonversikan satuan arus lalu lintas dari kendaraan/jam menjadi smp/jam. Satuan mobil penumpang adalah satuan untuk arus lalu lintas dimana arus berbagai tipe kendaraan (termasuk mobil penumpang) disetarakan dengan menggunakan emp (Departemen Pekerjaan Umum, 1997).

Arus lalu lintas yang terjadi di lapangan bervariasi, dimana arus lalu lintas merupakan sejumlah kendaraan dengan berbagai jenis dan sifatnya membentuk suatu arus lalu lintas. Setiap jenis kendaraan mempunyai geometrik, ukuran, dan percepatan yang beragam, sehingga membentuk karakteristik lalu lintas yang berbeda untuk setiap komposisi. Perbedaan dari setiap jenis kendaraan menentukan pula pengaruhnya terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan. Oleh sebab itu, perlu diambil suatu konsep atau besaran yang menyatakan pengaruh sebuah jenis kendaraan terhadap arus lalu lintas keseluruhan. SMP atau PCU (*Passenger Car Unit*) merupakan sebuah konsep atau besaran yang diperlukan untuk menyatukan ekivalensi pengaruh setiap jenis kendaraan.

Arus lalu lintas (Q) untuk setiap gerakan (belok kiri [Q_{LT}], lurus [Q_{ST}], dan belok kanan [Q_{RT}]) dikonversi dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan terlindung dan terlawan (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) untuk simpang bersinyal berdasarkan MKJI dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai emp untuk simpang bersinyal

Jenis Kendaraan	emp untuk tipe pendekatan	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1	1
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, (1997)

B. Metode Ekivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Berikut merupakan beberapa metode yang dapat dilakukan dalam menentukan nilai ekivalensi mobil penumpang untuk berbagai tipe kendaraan bermotor di simpang bersinyal.

1. Metode Rasio Waktu Antara Pelepasan (*Discharge Headway*)

Metode ini merupakan salah satu pendekatan paling awal untuk menentukan nilai emp di persimpangan dan umumnya digunakan karena mudah. Nilai emp suatu jenis kendaraan didefinisikan sebagai rasio waktu rata-rata *headway* kendaraan dengan subjek mobil penumpang. Namun, *headway* suatu jenis kendaraan (terutama kendaraan berat) bervariasi sehubungan dengan posisinya dalam antrian dan karenanya dapat diperkirakan lebih tinggi nilai empnya jika berdasarkan posisinya dalam antrian (Hurdle, et al., 1981 dalam Mohan dan Chandra, 2017).

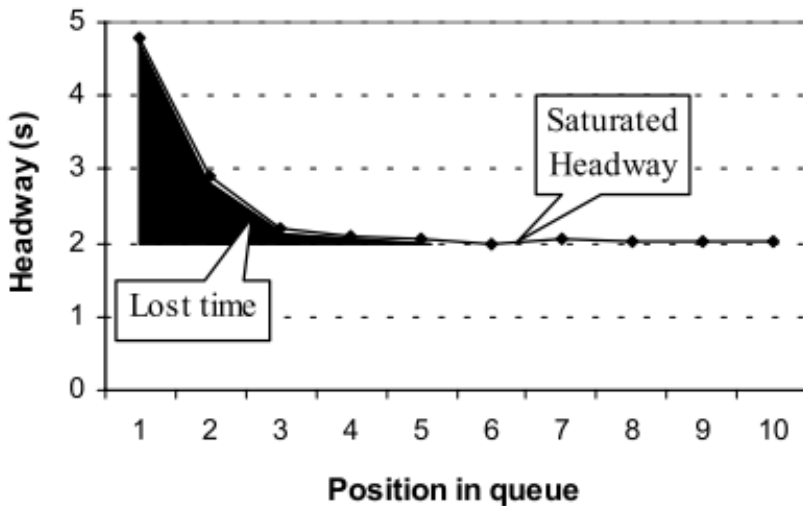
Discharge headway merupakan interval waktu antara dua kendaraan yang melintas pada titik pengamatan secara berurutan di simpang bersinyal. Pengukuran dapat dilakukan dari waktu antar bumper depan mobil didepan dengan bumper depan mobil yang berada di belakang saat melewati titik pengamatan. Data *time headway* dapat diukur menggunakan *stopwatch*. *Time headway* merupakan salah satu metode untuk menentukan nilai ekivalensi mobil penumpang (emp) yaitu dengan mencatat waktu antara kendaraan yang berurutan pada saat kendaraan tersebut melewati titik yang telah ditentukan (Salter, 1980).

a. Pengukuran Waktu Kehilangan Awal

Waktu kehilangan awal (*Startup Lost Time*) adalah waktu yang hilang akibat reaksi pengemudi dan akselerasi kendaraan. Waktu hilang merupakan penjumlahan dari selisih waktu *headway* yang diamati dari setiap kendaraan dengan *headway* jenuh (Minh dan Sano, 2003).

$$\text{Waktu Kehilangan Awal} = \sum(\text{Headway yang diamati} - \text{Headway Jenuh}) \dots\dots\dots(2.1)$$

Jumlah sepeda motor di depan mobil pertama pada antrian di lampu merah dihitung. Kemudian *headway* untuk setiap mobil penumpang diamati sampai diperoleh nilai yang stabil. Kondisi stabil dicapai ketika *headway* mobil yang beriringan nilainya konsisten. Umumnya nilai *headway* stabil ditetapkan sekitar 2 detik pada saat tidak ada pengaruh sepeda motor.



Gambar 2.1 Headway jenuh dan pengukuran waktu hilang

Sumber: Minh dan Sano (2003)

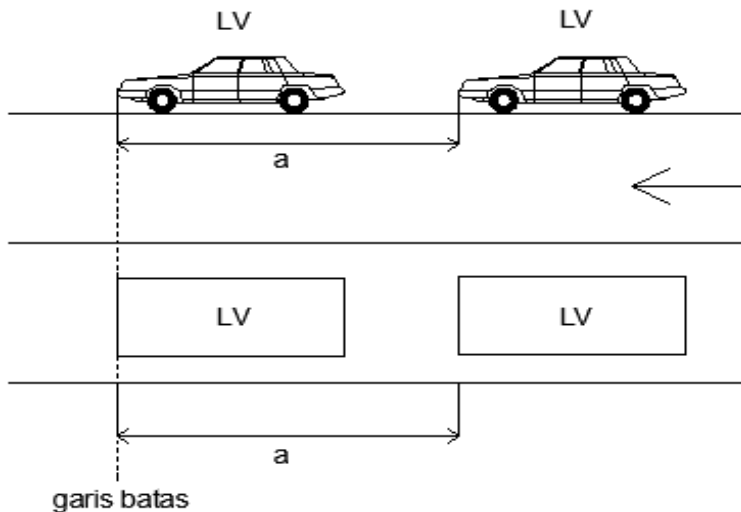
b. Perhitungan Nilai Ekuivalensi Mobil Penumpang (emp)

Time headway dilakukan dengan mencatat waktu antara kendaraan yang berurutan saat kendaraan melewati garis yang ditinjau. Metode *time headway* biasanya digunakan untuk analisis emp pada ruas jalan. *Rasio headway* yang diperlukan mencakup 9 macam kendaraan yaitu:

- Sepeda motor (MC) diikuti sepeda motor (MC)
- Sepeda motor (MC) diikuti kendaraan ringan (LV)

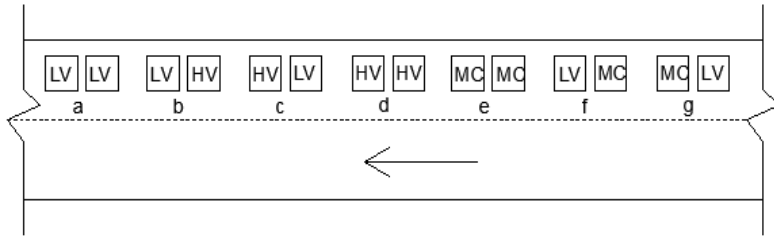
- Sepeda motor (MC) diikuti kendaraan berat (HV)
- Kendaraan ringan (LV) diikuti kendaraan ringan (LV)
- Kendaraan ringan (LV) diikuti sepeda motor (MC)
- Kendaraan ringan (LV) diikuti kendaraan berat (HV)
- Kendaraan berat (HV) diikuti kendaraan berat (HV)
- Kendaraan berat (HV) diikuti sepeda motor (MC)
- Kendaraan berat (HV) diikuti kendaraan ringan (LV)

Contoh kombinasi pencatatan *time headway* dapat dilihat pada Gambar 2.2. Kombinasi *headway* kendaraan berat diikuti sepeda motor (HV-MC) dan sepeda motor diikuti kendaraan berat (MC-HV) tidak diikutkan dalam pencatatan *time headway* karena dalam proses perhitungan yang dipake acuan adalah kendaraan ringan (LV), jadi yang digunakan adalah kombinasi yang melibatkan kendaraan ringan (LV) dan melibatkan kendaraan masing-masing (LV-LV, HV-HV, MC-MC).



Sumber: Andiani, et al. (2013)

Gambar 2.2 Contoh pencatatan *time headway* LV-LV



Sumber: Andiani, et al. (2013)

Gambar 2.3 Kombinasi pasangan kendaraan yang ditinjau

Dimana,

LV : Kendaraan ringan (*Light Vehicle*)

HV : Kendaraan berat (*Heavy Vehicle*)

MC : Sepeda Motor (*Motor Cycle*)

a : Pencatatan *time headway* antara LV dengan LV yang berurutan

b : Pencatatan *time headway* antara LV dengan HV yang berurutan

c : Pencatatan *time headway* antara HV dengan LV yang berurutan

d : Pencatatan *time headway* antara HV dengan HV yang berurutan

e : Pencatatan *time headway* antara MC dengan MC yang berurutan

f : Pencatatan *time headway* antara LV dengan MC yang berurutan

g : Pencatatan *time headway* antara MC dengan LV yang berurutan

Nilai emp HV metode *time headway* dapat dihitung dengan Persamaan 2.2 (Saha, et al., 2009).

$$t_a + t_d = t_b + t_c \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana,

- t_a : Nilai rata-rata *time headway* LV diikuti LV
- t_b : Nilai rata-rata *time headway* LV diikuti HV
- t_c : Nilai rata-rata *time headway* HV diikuti LV
- t_d : Nilai rata-rata *time headway* HV diikuti HV

Kedaaan yang memenuhi persamaan di atas sulit diperoleh karena karakteristik kendaraan berbeda serta setiap pengemudi memiliki kemampuan mengemudi yang berbeda-beda. Oleh karena itu diperlukan koreksi terhadap nilai rata-rata *time headway* dengan persamaan sebagai berikut (Saha, et al., 2009):

$$\left(t_a - \frac{k}{n_a}\right) + \left(t_d - \frac{k}{n_d}\right) = \left(t_b + \frac{k}{n_b}\right) + \left(t_c + \frac{k}{n_c}\right)\dots\dots\dots(2.3)$$

$$k = \frac{n_a.n_b.n_c.n_d(t_a+t_d-t_b-t_c)}{n_b n_c n_d + n_a n_b n_c + n_a n_c n_d + n_a n_b n_d} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana,

- n_a : Jumlah data *time headway* LV diikuti LV
- n_b : Jumlah data *time headway* LV diikuti HV
- n_c : Jumlah data *time headway* HV diikuti LV
- n_d : Jumlah data *time headway* HV diikuti HV

Selanjutnya nilai rata-rata *time headway* pasangan kendaraan tersebut dikoreksi sebagai berikut (Saha, et al., 2009):

$$t_{ak} = t_a - \frac{k}{n_a} \dots\dots\dots(2.5a)$$

$$t_{bk} = t_b + \frac{k}{n_b} \dots\dots\dots (2.5b)$$

$$t_{ck} = t_c + \frac{k}{n_c} \dots\dots\dots (2.5a)$$

$$t_{dk} = t_d - \frac{k}{n_d} \dots\dots\dots (2.5b)$$

Dengan menggunakan nilai rata-rata *time headway* yang telah dikoreksi maka:

$$t_{ak} + t_{dk} = t_{bk} + t_{ck} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana,

t_{ak} : Nilai rata-rata *time headway* LV-LV terkoreksi

t_{bk} : Nilai rata-rata *time headway* LV-HV terkoreksi

t_{ck} : Nilai rata-rata *time headway* HV-LV terkoreksi

t_{dk} : Nilai rata-rata *time headway* HV-HV terkoreksi

Apabila persyaratan pada Persamaan (2.6) telah terpenuhi, maka nilai emp (HV) dapat dihitung dengan persamaan (2.7) (Saha, et al., 2009).

$$emp_{HV} = \frac{t_{dk}}{t_{ak}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Sedangkan rumus untuk mencari nilai emp sepeda motor (MC) adalah sama dengan rumus emp kendaraan berat (HV) namun variabel (HV) diganti dengan (MC) Persamaan menggunakan persamaan 2.2.

Dimana,

t_a : Nilai rata-rata *time headway* LV diikuti LV

t_b : Nilai rata-rata *time headway* LV diikuti MC

t_c : Nilai rata-rata time headway MC diikuti LV

t_d : Nilai rata-rata time headway MC diikuti MC

Nilai koreksi pada nilai rata-rata *time headway* dicari dengan persamaan (2.3) dan faktor koreksi k dicari dengan persamaan (2.4).

Dimana,

n_a : Jumlah data time headway LV diikuti LV

n_b : Jumlah data time headway LV diikuti MC

n_c : Jumlah data time headway MC diikuti LV

n_d : Jumlah data time headway MC diikuti MC

Selanjutnya nilai rata-rata *time headway* pasangan kendaraan tersebut dikoreksi dengan persamaan (2.5).

t_{ak} : Nilai rata-rata time headway LV-LV terkoreksi

t_{bk} : Nilai rata-rata time headway LV-MC terkoreksi

t_{ck} : Nilai rata-rata time headway MC-LV terkoreksi

t_{dk} : Nilai rata-rata time headway MC-MC terkoreksi

Apabila persyaratan pada Persamaan (2.6) telah terpenuhi, maka nilai emp (MC) dapat dihitung dengan persamaan 2.7.

$$emp_{MC} = \frac{t_{dk}}{t_{ak}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Teori peluang untuk menggambarkan dan memperoleh nilai dalam analisis lalu lintas, sebaran statistik digunakan untuk segala kemungkinan yang terjadi yang bernilai acak. Distribusi *Gaussian* yaitu satu distribusi teoritis dengan variabel random kontinyu. Hal ini dikarenakan jumlah sampel yang didapat secara acak kemungkinan adanya kesalahan (Andiani, et al., 2013). Standar

deviasi dari distribusi dapat dinyatakan *standard error* (E) dengan persamaan (2.10).

$$E = \frac{S}{n^{0,5}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana,

E = *Standard error*

S = Standar deviasi

n = Jumlah sampel

Dan *s* adalah standard deviasi:

$$S = \sqrt{\frac{1}{(n)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana,

n : Jumlah sampel

x_i : Jumlah time headway ke-*i*

\bar{x} : Nilai rata-rata sampe time headway

Interval keyakinan (*confidence interval*) adalah perkiraan nilai rata-rata *time headway* dari seluruh pasangan kendaraan (μ) yang mana nilainya dapat disesuaikan dengan tingkat kefidensi atau keyakinan yang diinginkan (*desired level of confidence*). Nilai dari interval keyakinan (*confidence interval*) mempunyai batas toleransi kesalahan *e*:

$$e = K . E \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana,

K = Tingkat kefidensi distribusi normal

Nilai rata-rata *time headway* untuk distribusi normal (≥ 30):

$$\mu_{1,2} = \bar{x} \pm e \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana,

$\mu_{1,2}$ = batas keyakinan atas dan bawah nilai rata-rata

\bar{x} = nilai rata-rata *time headway*

e = batas toleransi kesalahan.

Pada sampel kurang dari 30 ($n < 30$) maka perkiraan rata-rata *time headway* pasangan kendaraan secara keseluruhan sebaiknya dilakukan dengan distribusi t atau disebut juga distribusi student.

$$S = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (2.14)$$

2. Metode Rasio Arus Jenuh

Highway Capacity Manual (HCM) menyarankan penggunaan faktor penyesuaian kendaraan berat (*Heavy Vehicles*) notasi f_{HV} dengan arus jenuh dasar untuk menghitung arus jenuh pada suatu pendekat. Faktor penyesuaian ini dapat dikaitkan dengan emp kendaraan berat seperti yang diberikan pada persamaan (2.15) (Mohan dan Chandra, 2017).

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{HV}(PCE - 1)} \dots\dots\dots (2.15)$$

Pada metode rasio arus jenuh (*saturation flow ratio/SFR*), faktor penyesuaian untuk kendaraan berat dihitung dengan mengambil rasio arus jenuh dasar dengan arus jenuh lalu lintas campuran. Dengan menggunakan faktor penyesuaian ini dan mengetahui proporsi kendaraan berat (*proportion of heavy vehicles/P_{HV}*) pada arus lalu lintas.

3. Metode Tundaan

Metode ini memperkirakan emp berdasarkan tundaan tambahan yang dialami oleh arus lalu lintas campuran mengacu kepada arus lalu lintas yang terdiri dari mobil penumpang. Metode ini juga memerlukan proporsi subjek kendaraan untuk estimasi emp, namun penerapan metode ini dibatasi pada arus lalu lintas yang terdiri dari dua jenis kendaraan (Mohan dan Chandra, 2017). Metode tundaan ini tidak diuraikan lebih detail karena dalam hal ini arus lalu lintas terdiri dari tiga jenis kendaraan yaitu sepeda motor, kendaraan ringan dan kendaraan berat.

4. Metode Regresi

Metode regresi relevan digunakan untuk arus lalu lintas yang terdiri dari beberapa jenis kendaraan. Antrian dari setiap kendaraan dihitung dan diregresi dengan arus jenuh dasar yang dapat terjadi selama periode analisis. Bentuk model regresi diberikan dalam Persamaan (2.16) (Mohan dan Chandra, 2017).

$$Q_b t = n_{car} + \sum_{j=1}^k n_j \cdot PCE_j \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana Q_b merupakan arus jenuh dalam smp/jam, t adalah lamanya penghitungan, n_{car} dan n_j masing-masing adalah jumlah mobil dan jenis kendaraan j yang melintasi garis berhenti selama periode waktu t . Untuk menentukan nilai emp arus jenuh diregresikan dimana kendaraan ringan menjadi faktor penyetaraan untuk semua jenis kendaraan. Dalam analisis, arus jenuh dikurangi volume kendaraan ringan karena kendaraan ringan menjadi faktor penyetara, sehingga nilai arus jenuh yang tersisa adalah nilai untuk emp kendaraan berat dan sepeda motor. Koefisien dari sepeda motor dan kendaraan berat dari hasil regresi merupakan nilai dari emp sepeda motor dan kendaraan berat tersebut (Suweda dan Priyantha, 2021)

5. Teknik Optimasi

Teknik optimasi (OT) mengestimasi emp dengan meminimumkan perbedaan antara arus jenuh dasar dan arus yang diamati saat warna hijau jenuh. Seperti yang diberikan dalam Persamaan (2.17), teknik optimasi dirumuskan dengan menggunakan minimalisasi koefisien Theil (z_{min}) dengan memperhitungkan emp kendaraan yang berbeda sebagai variabel desain (Mohan dan Chandra, 2017).

$$z_{min} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_b - s_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_b^2 + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i^2}} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$s_i = \sum_{j=1}^k n_j p_j ; p_j \geq p_j min \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana,

S_b : arus jenuh dasar,

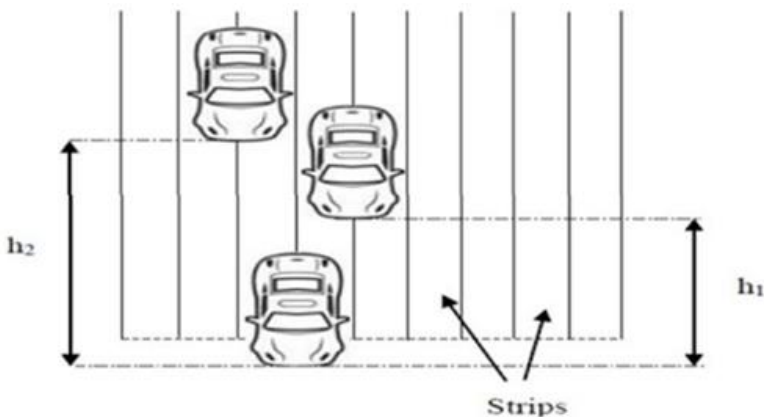
s_i : arus jenuh selama interval i ,

$n_j p_j$: bilangan dan emp kendaraan tipe j .

Teknik untuk estimasi emp di simpang bersinyal umumnya didasarkan pada arus jenuh oleh karena itu pengukuran arus jenuh yang benar sangat penting untuk estimasi nilai emp yang akurat. Dalam kondisi lalu lintas yang heterogen, tidak mungkin hanya antrian mobil yang digunakan untuk menentukan tingkat arus jenuh (smp/jam). Tetapi untuk konversi arus lalu lintas campuran menjadi arus yang homogen, emp untuk berbagai jenis kendaraan sangat penting. Dengan demikian tingkat arus jenuh dan emp menjadi saling bergantung satu dengan yang lainnya. Alternatif untuk estimasi emp adalah berdasarkan metode *headway*. Namun, lalu lintas yang tidak berbasis pada jalur (non-jalur) dalam kondisi lalu

lintas yang heterogen menyebabkan satu kendaraan mempunyai banyak pengikut di belakang dan di depannya.

Hal ini membuat pengukuran *headway* untuk estimasi emp menjadi cukup sulit dalam kondisi lalu lintas yang heterogen (Mohan dan Chandra, 2017). Untuk mengatasi hal ini maka, pada pembahasan ini pengukuran waktu antara dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: Data *headway* direkam dengan kamera digital yang memberikan gambar dengan akurasi tinggi dan kualitas yang lebih baik. Ekstraksi data dengan mengidentifikasi kendaraan yang mempunyai kelas berbeda berdasarkan kapasitas mesin dan panjang kendaraan. Pemilihan titik dipilih di dekat garis perhentian persimpangan, sebagai acuan pengukuran *headway*. Untuk memperoleh *headway* setiap kendaraan, jalur jalan dibagi menjadi beberapa lajur. Ukuran setiap lajur sesuai dengan ruang yang ditempati sepeda motor. Oleh karena itu, setiap kali kendaraan meninggalkan titik persimpangan, pasangan kendaraan dan waktunya telah dicatat (Rameez, *et al.*, 2018). Untuk menghilangkan efek start-up dan akselerasi pada arus jenuh, 5 *headway* pertama pasangan kendaraan di setiap siklus sinyal tidak diikut sertakan sebagai data (Shao dan Liu, 2012).



Sumber: Radhakrishnan dan Ramadurai (2015)

Gambar 2.4 Kendaraan berjalan pada lajur

Metode regresi lebih relevan untuk estimasi emp di simpang bersinyal karena implementasi perhitungannya lebih mudah dan sederhana. Namun, teknik ini sangat bergantung pada estimasi akurat arus jenuh yang juga merupakan fungsi dari penentuan emp (Mohan dan Chandra, 2017). Agar diperoleh estimasi arus jenuh yang akurat maka metode penentuan arus jenuh pada simpang bersinyal pada pembahasan ini digunakan dari Shao dan Liu (2012).

Metode tradisional yang hanya menggunakan rata-rata waktu pelepasan antara (*discharge headway*) untuk estimasi waktu antara jenuh (*saturation headway*) dapat menyebabkan perkiraan arus jenuh terlalu rendah (*underestimated*). Kesalahan dalam arus jenuh yang digunakan untuk estimasi tundaan kendaraan dapat menyebabkan kesalahan dalam prediksi tundaan dan tingkat layanan (*Level of Service/LOS*). Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian untuk peningkatan akurasi estimasi arus jenuh. Berdasarkan fakta menunjukkan bahwa perilaku pengemudi adalah penentu utama arus jenuh, oleh karena itu pemahaman yang baik tentang waktu antara pelepasan kendaraan (*discharge headway*) sangat penting dalam estimasi waktu antara arus jenuh (*saturation headway*) dan tingkat arus jenuh (*saturation flow rate*). Penelitian dari Shao dan Liu (2012) yang meneliti sifat stokastik dari waktu antara pelepasan kendaraan dapat memberikan informasi yang lebih baik untuk pengembangan metode estimasi tingkat arus jenuh.

Mudah untuk dipahami bahwa waktu antara pelepasan kendaraan merupakan variabel acak karena perbedaan waktu respon perilaku pengemudi dan variasi panjang ruang antrian. Untuk memperkirakan waktu antara jenuh (*saturation headway*), rata-rata waktu antara pelepasan kendaraan dihitung dengan Persamaan (2.19).

$$\bar{h}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{si} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana,

\bar{h}_s : Rata-rata waktu antara pelepasan (s) yang diambil sebagai estimasi waktu antara jenuh h

h_{si} : Waktu antara kendaraan i dalam antrian, $i = 1, 2, \dots, n$ (n adalah ukuran sampel)

Akibatnya tingkat arus jenuh (secara konvensional) ditentukan dengan waktu antara pelepasan seperti pada Persamaan (2.20).

$$S = \frac{3600}{\bar{h}_s} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana,

S : tingkat arus jenuh (kend/jam)

Berdasarkan teori statistik jika distribusi waktu antara simetris, rata-rata waktu antara yang dihitung dengan Persamaan (2.19), Persamaan (2.20) dapat menjadi estimasi yang baik untuk tingkat arus jenuh (Shao dan Liu, 2012). Namun, jika distribusi waktu antara tidak simetris, h_s bukanlah estimasi yang baik dan persamaan (2.20) memberikan nilai tingkat arus jenuh yang terlalu tinggi (*overestimate*) atau terlalu rendah (*underestimate*). Oleh karena itu, perlu dipelajari tentang sifat stokastik waktu antara pelepasan antrian kendaraan dan analisis pengaruh variasi waktu antara terhadap estimasi tingkat arus jenuh (Shao dan Liu, 2012). Ketika nilai rata-rata waktu antara pelepasan antrian lebih besar dari nilai median dan kemiringan (*skewness*) nilai waktu antara positif, karakteristik ini menunjukkan bahwa distribusi waktu antara pelepasan antrian cenderung tidak simetris dan fungsi distribusi normal tidak sesuai dengan data waktu antara (Shao dan Liu, 2012). Oleh karena itu, metode estimasi tingkat arus jenuh yang konvensional (persamaan 2.20) dapat menghasilkan nilai tingkat arus jenuh yang terlalu rendah (*underestimated*). Jika distribusi

waktu antara pelepasan antrian cenderung tidak simetris, maka nilai waktu antara dapat dimodelkan dengan distribusi log normal (Chaudhry, et al., 2011; Shao dan Liu, 2012). Jika diketahui bahwa ketika variabel acak h_s densitas fungsinya lognormal, maka $\ln h_s$ mengikuti distribusi normal. Oleh karena itu, sangat relevan untuk menggunakan nilai median untuk menghitung tingkat arus jenuh jika data berdistribusi normal menggunakan Persamaan (2.21) (Shao dan Liu, 2012).

$$S_1 = 3600 \times \frac{1}{h_{med}} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana,

S_1 : Estimasi baru dari tingkat arus jenuh (kend/jam)

h_{med} : Nilai median waktu antara atau perkiraan nilai median waktu antara

Selain itu, terdapat dua estimasi baru arus jenuh jika data *headway* tidak terdistribusi normal (Shao dan Liu, 2012) seperti pada Persamaan (2.22) dan (2.23)

$$S_2 = 3600 \times \exp\left(-\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln h_{si}\right) \dots\dots\dots (2.22)$$

$$S_3 = \frac{3600}{\bar{h}_s} \times \left(1 + \frac{\sigma_s^2}{\bar{h}_s^2}\right)^{0.5} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana,

S_2 dan S_3 adalah dua estimasi baru dari tingkat arus jenuh (kend/jam)

$\sigma_s^2 = \left[\frac{1}{n} - 1 \cdot \sum_{i=1}^n (h_{si} - \bar{h}_s)^2\right]$ merupakan variansi dari sampel waktu antara

6. Metode Chandra, et al. (2000)

Dalam penelitian yang dilakukan Chandra, et al. (2000), ekivalensi mobil penumpang diperoleh dari perbandingan antara kecepatan kendaraan ringan dibagi kecepatan kendaraan yang dicari dengan dimensi kendaraan ringan dibagi dimensi kendaraan yang dicari seperti persamaan berikut:

$$PCE_i = \frac{V_{LV}/V_i}{A_{LV}/A_i} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana,

PCE_i : Ekivalensi mobil penumpang (i)

$V_{LV}; V_i$: Kecepatan rata rata kendaraan ringan dan kecepatan rata rata kendaraan (i) dalam km/jam

$A_{LV}; A_i$: Luas dari kendaraan ringan & luas dari kendaraan (i) dalam m²

C. Hubungan Antara Arus Jenuh dan Ekivalensi Mobil Penumpang

Hubungan antara arus jenuh dan ekivalensi mobil penumpang dalam konteks simpang bersinyal merujuk pada pengukuran dan pemodelan lalu lintas kendaraan untuk menentukan berapa banyak kendaraan sebenarnya setara dengan satu mobil penumpang dalam arus lalu lintas pada suatu simpang bersinyal. Arus jenuh adalah ukuran jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pada waktu tertentu. Biasanya diukur dalam satuan kendaraan per jam. Arus jenuh menggambarkan tingkat pemanfaatan kapasitas jalan atau simpang bersinyal, di mana semakin tinggi arus jenuh, semakin tinggi pula tingkat kepadatan lalu lintas. Sementara Ekivalensi Mobil Penumpang (EMP) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur jumlah kendaraan yang setara dengan satu mobil penumpang dalam penghitungan arus lalu lintas. Ini memungkinkan

perbandingan antara kendaraan dengan kapasitas penumpang yang berbeda.

Dalam pemodelan arus jenuh pada simpang bersinyal, ekivalensi mobil penumpang digunakan untuk mengubah jumlah kendaraan yang diukur menjadi jumlah kendaraan yang setara dengan mobil penumpang. Dengan menggunakan faktor ekivalensi yang tepat, arus jenuh dapat dikonversi menjadi jumlah mobil penumpang yang melewati simpang bersinyal pada suatu waktu. Penentuan faktor ekivalensi mobil penumpang dilakukan berdasarkan perbandingan kapasitas penumpang kendaraan dengan kapasitas penumpang mobil penumpang standar. Faktor ini bisa berbeda untuk setiap jenis kendaraan, seperti sepeda motor, mobil penumpang, bus, atau truk. Faktor ini dapat ditentukan melalui studi empiris atau model matematika yang mempertimbangkan jumlah penumpang yang biasanya diangkut oleh setiap jenis kendaraan.

Manfaat hubungan antara arus jenuh dan ekivalensi mobil penumpang memungkinkan analisis lalu lintas yang lebih komprehensif dan akurat. Dengan menggunakan ekivalensi mobil penumpang, kita dapat mengukur dan membandingkan arus lalu lintas dengan standar tertentu, mengidentifikasi tingkat pelayanan yang optimal, dan merencanakan perbaikan infrastruktur lalu lintas yang lebih efisien. Penting untuk dicatat bahwa faktor ekivalensi mobil penumpang dapat berbeda-beda tergantung pada karakteristik lalu lintas dan kondisi jalan yang spesifik. Oleh karena itu, penelitian dan pemodelan yang tepat perlu dilakukan untuk memperoleh faktor ekivalensi yang akurat dalam konteks simpang bersinyal yang diteliti.

D. Penggunaan Ekuivalensi Mobil Penumpang dalam Analisis Lalu Lintas

Penggunaan ekuivalensi mobil penumpang dalam analisis lalu lintas memainkan peran penting dalam pemodelan dan evaluasi keberlanjutan sistem transportasi. Dalam analisis lalu lintas, ekuivalensi mobil penumpang memungkinkan perbandingan antara jenis kendaraan yang berbeda dengan mengukur jumlah kendaraan setara dengan mobil penumpang. Dengan mengkonversi kendaraan-kendaraan tersebut menjadi jumlah mobil penumpang, dapat diperoleh informasi yang lebih akurat tentang beban lalu lintas pada jalan. Hal ini membantu dalam evaluasi kinerja jalan dan mengidentifikasi titik-titik kemacetan atau kekurangan kapasitas yang perlu diperbaiki.

Penggunaan ekuivalensi mobil penumpang memungkinkan perbandingan antara alternatif transportasi dalam hal kapasitas penumpang yang diangkut. Misalnya, dapat dibandingkan efek dari meningkatkan frekuensi angkutan umum atau mendorong penggunaan sepeda terhadap jumlah mobil penumpang yang setara. Informasi ini dapat membantu dalam merencanakan kebijakan transportasi yang lebih berkelanjutan dan efisien. Ekuivalensi mobil penumpang digunakan dalam analisis dampak proyek infrastruktur, seperti pembangunan jalan baru atau perubahan simpang bersinyal. Dengan mengestimasi jumlah mobil penumpang yang akan diakomodasi oleh proyek tersebut, dapat dinilai sejauh mana proyek tersebut akan mengurangi kepadatan lalu lintas atau meningkatkan kapasitas jalan. Ini membantu dalam mengambil keputusan yang lebih baik dalam perencanaan dan investasi infrastruktur.

Dalam penilaian kualitas pelayanan transportasi, ekuivalensi mobil penumpang memainkan peran penting. Dalam konteks angkutan umum, penggunaan ekuivalensi mobil penumpang

membantu dalam mengevaluasi tingkat pelayanan dan kecukupan kapasitas. Dengan mengukur jumlah mobil penumpang yang diangkut oleh angkutan umum, dapat dinilai sejauh mana kebutuhan penumpang terpenuhi dan apakah ada kelebihan atau kekurangan kapasitas pada sistem angkutan umum tersebut.

Penggunaan ekivalensi mobil penumpang juga terkait dengan perencanaan transportasi berkelanjutan. Dalam rangka mendorong keberlanjutan transportasi, ekivalensi mobil penumpang digunakan untuk mengukur dampak dan manfaat dari perubahan kebiasaan transportasi. Misalnya, dengan mendorong penggunaan transportasi publik atau carpooling, dapat diketahui berapa banyak kendaraan yang dapat dihilangkan dari arus lalu lintas dan berapa banyak penumpang yang dapat diangkut secara efisien.

Dalam keseluruhan, penggunaan ekivalensi mobil penumpang dalam analisis lalu lintas memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang beban lalu lintas, kinerja jalan, dan dampak dari kebijakan transportasi. Hal ini membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik dalam perencanaan transportasi yang efisien, berkelanjutan, dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat.



BAB 3

KONSEP DASAR PEMODELAN ARUS JENUH LALU LINTAS PADA SIMPANG BERSINYAL

A. Definisi Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas adalah fenomena pergerakan kendaraan di jalan raya pada suatu waktu dan tempat tertentu. Arus lalu lintas mencakup jumlah kendaraan yang bergerak melalui suatu titik atau segmen jalan dalam periode waktu tertentu. Jumlah kendaraan ini dapat diukur secara langsung dengan menggunakan alat penghitung kendaraan atau diperoleh melalui survei lalu lintas. Arus lalu lintas juga memperhitungkan kecepatan kendaraan yang melintas. Kecepatan kendaraan dapat bervariasi tergantung pada kondisi jalan, lalu lintas, dan peraturan yang berlaku. Arus lalu lintas mencakup jumlah kendaraan, komposisi kendaraan, kecepatan

kendaraan, kepadatan lalu lintas, aliran lalu lintas, dan distribusi waktu. Pemahaman yang baik tentang arus lalu lintas sangat penting dalam analisis kinerja jalan, perencanaan transportasi, dan pengembangan infrastruktur jalan yang efisien.

Arus lalu lintas melibatkan berbagai jenis kendaraan dengan karakteristik yang berbeda. Ini termasuk kendaraan penumpang pribadi, sepeda motor, kendaraan komersial, dan kendaraan angkutan umum. Komposisi kendaraan ini dapat berpengaruh pada kinerja jalan dan kepadatan lalu lintas. Kepadatan lalu lintas mengacu pada jumlah kendaraan yang ada dalam suatu ruas jalan pada suatu waktu tertentu. Kepadatan lalu lintas dipengaruhi oleh jumlah kendaraan dan kapasitas jalan. Kepadatan yang tinggi dapat menyebabkan kemacetan, sedangkan kepadatan yang rendah menunjukkan adanya ruang yang lebih luas antara kendaraan.

Aliran lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam jangka waktu tertentu, umumnya diukur dalam satuan kendaraan per jam. Aliran lalu lintas penting untuk memahami kapasitas jalan dan tingkat pelayanan. Arus lalu lintas dapat bervariasi tergantung pada waktu hari. Ada puncak lalu lintas saat jam sibuk seperti pagi dan sore hari saat orang pergi bekerja atau pulang ke rumah. Distribusi waktu lalu lintas penting dalam perencanaan transportasi dan pengaturan lampu lalu lintas.

Arus lalu lintas merupakan faktor penting dalam analisis kinerja jalan. Dengan memantau dan menganalisis arus lalu lintas, dapat dievaluasi kapasitas jalan, kepadatan, kecepatan rata-rata, dan waktu tempuh. Dalam pemodelan lalu lintas, arus lalu lintas digunakan untuk memprediksi kinerja jalan, mengidentifikasi titik-titik kemacetan, merencanakan pengaturan lalu lintas yang efisien, dan memperbaiki infrastruktur jalan. Data arus lalu lintas yang akurat dan analisis yang cermat penting untuk pengambilan keputusan yang tepat dalam perencanaan transportasi dan pengembangan jalan yang efektif.

B. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Arus Lalu Lintas

Arus lalu lintas dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dapat memengaruhi volume, kecepatan, kepadatan, dan aliran kendaraan di jalan raya. Berikut adalah beberapa faktor utama yang mempengaruhi arus lalu lintas:

1. Jam Sibuk

Waktu hari yang disebut "jam sibuk" memiliki pengaruh signifikan terhadap arus lalu lintas. Saat orang berangkat dan pulang dari tempat kerja atau sekolah, lalu lintas cenderung lebih padat. Puncak arus lalu lintas terjadi pada pagi hari saat orang pergi ke tempat kerja dan sore hari saat mereka pulang.

2. Faktor Sosial dan Ekonomi

Faktor sosial dan ekonomi juga berperan dalam arus lalu lintas. Pertumbuhan populasi, tingkat pengangguran, tingkat pendapatan, dan distribusi penduduk mempengaruhi jumlah kendaraan yang berada di jalan. Kondisi ekonomi juga dapat memengaruhi preferensi moda transportasi dan tingkat kepemilikan kendaraan.

3. Peristiwa Khusus

Peristiwa khusus seperti acara olahraga, konser, festival, atau kejadian penting lainnya dapat mempengaruhi arus lalu lintas. Ketika ada kegiatan besar di suatu area, arus lalu lintas bisa menjadi lebih padat karena peningkatan jumlah kendaraan yang menuju ke tempat tersebut.

4. Kondisi Jalan

Kondisi fisik jalan seperti lebar jalan, jumlah jalur, desain simpang bersinyal, dan kondisi permukaan jalan dapat mempengaruhi arus lalu lintas. Jalan yang sempit atau kurangnya fasilitas lalu lintas yang memadai dapat

menyebabkan kemacetan atau penurunan aliran lalu lintas yang lancar.

5. Peraturan Lalu Lintas

Peraturan lalu lintas, seperti kecepatan maksimum yang ditetapkan, sinyal lalu lintas, pembatasan jalan, dan tanda-tanda peringatan, mempengaruhi perilaku pengemudi dan aliran lalu lintas. Penegakan peraturan lalu lintas yang efektif dapat membantu menjaga keamanan dan kelancaran arus lalu lintas.

6. Faktor Cuaca

Cuaca juga berdampak pada arus lalu lintas. Hujan, salju, kabut tebal, atau kondisi cuaca yang buruk lainnya dapat mengurangi kecepatan kendaraan dan mempengaruhi visibilitas, yang pada gilirannya mempengaruhi aliran lalu lintas.

7. Infrastruktur Transportasi

Infrastruktur transportasi, seperti sistem transportasi umum, jaringan jalan, jalur sepeda, dan fasilitas parkir, memengaruhi preferensi penggunaan kendaraan dan pola perjalanan. Ketersediaan dan aksesibilitas infrastruktur transportasi dapat mempengaruhi arus lalu lintas dengan mempengaruhi pilihan moda transportasi dan distribusi perjalanan.

8. Perilaku Pengemudi

Perilaku pengemudi, seperti gaya mengemudi, kepatuhan terhadap peraturan lalu lintas, kebiasaan mengemudi, dan tingkat kesadaran terhadap keselamatan, mempengaruhi arus lalu lintas. Pengemudi yang agresif, tidak disiplin, atau kurang memperhatikan aturan lalu lintas dapat menyebabkan gangguan dan penurunan aliran lalu lintas.

Faktor-faktor ini saling berinteraksi dan dapat memiliki dampak yang kompleks terhadap arus lalu lintas. Memahami faktor-faktor ini membantu dalam perencanaan transportasi yang efektif, pengaturan lalu lintas yang baik, dan pengembangan infrastruktur jalan yang responsif.

C. Jenis-jenis Pemodelan Arus Lalu Lintas

Ada beberapa jenis pemodelan arus lalu lintas yang digunakan dalam analisis dan perencanaan transportasi. Berikut adalah beberapa jenis pemodelan arus lalu lintas yang umum digunakan:

1. Pemodelan Makro

Pemodelan makro digunakan untuk memahami arus lalu lintas dalam skala besar, melibatkan jaringan jalan yang luas. Model ini menggunakan agregat data dan mengabaikan pergerakan individual kendaraan. Pemodelan makro sering digunakan untuk analisis tingkat sistem, prediksi lalu lintas masa depan, dan perencanaan transportasi jangka panjang.

2. Pemodelan Mikro

Pemodelan mikro lebih mendetail dan mempertimbangkan pergerakan individual kendaraan. Pemodelan ini menggunakan simulasi komputer untuk menggambarkan perilaku pengemudi dan interaksi antara kendaraan secara realistis. Pemodelan mikro berguna untuk analisis tingkat segmen jalan atau simpang bersinyal tertentu, serta studi lalu lintas dengan mempertimbangkan perilaku individu pengemudi.

3. Pemodelan Mesoskopik

Pemodelan mesoskopik merupakan pendekatan yang berada di antara pemodelan makro dan mikro. Pemodelan ini menggunakan representasi yang lebih terperinci daripada

pemodelan makro, tetapi tidak sekompleks pemodelan mikro. Pemodelan mesoskopik berguna dalam analisis tingkat jaringan jalan tengah dan mempertimbangkan interaksi antara kelompok kendaraan.

4. Pemodelan Stokastik

Pemodelan stokastik mempertimbangkan ketidakpastian dan variasi acak dalam perilaku lalu lintas. Pendekatan ini menggunakan probabilitas dan statistik untuk menggambarkan variasi dalam aliran lalu lintas. Pemodelan stokastik membantu dalam analisis risiko dan ketidakpastian dalam sistem lalu lintas.

5. Pemodelan Daya Tampung

Pemodelan daya tampung digunakan untuk memahami batasan kapasitas jalan dan simpang bersinyal. Pemodelan ini mengestimasi jumlah kendaraan yang dapat ditampung oleh suatu jalan atau simpang bersinyal sebelum terjadinya kemacetan. Pemodelan daya tampung membantu dalam perencanaan kapasitas jalan dan optimasi pengaturan lalu lintas.

6. Pemodelan Kehadiran

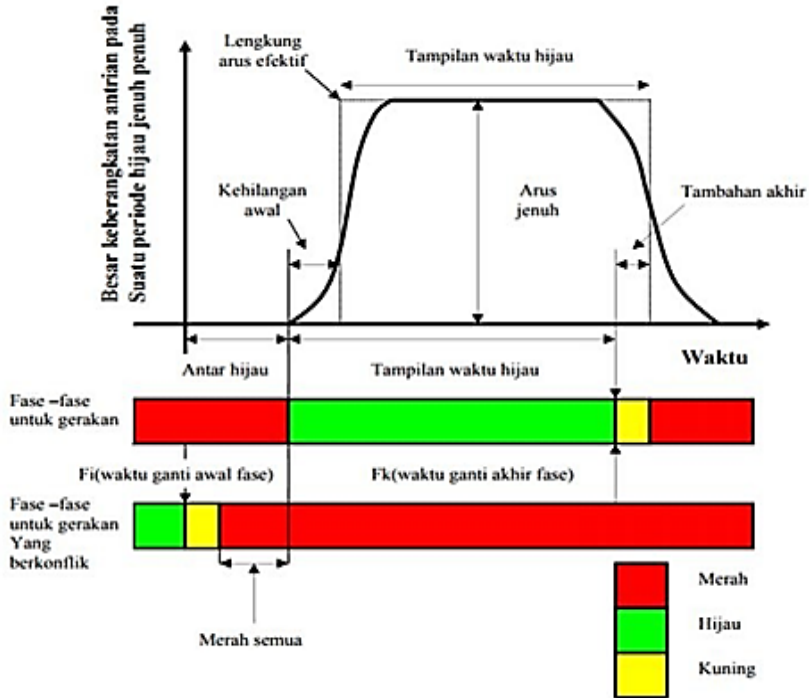
Pemodelan kehadiran digunakan untuk memprediksi tingkat kehadiran kendaraan di suatu lokasi pada waktu tertentu. Pemodelan ini berguna untuk perencanaan fasilitas parkir, penempatan pom bensin, dan penempatan toko atau pusat perbelanjaan.

Setiap jenis pemodelan arus lalu lintas memiliki kegunaan dan keterbatasan masing-masing tergantung pada tujuan analisis dan skala yang diinginkan. Kombinasi beberapa jenis pemodelan juga sering digunakan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih lengkap tentang arus lalu lintas.

D. Definisi Arus Jenuh (*Saturation Flow*) Lalu Lintas

Volume lalu lintas yang terjadi pada saat jam puncak digunakan sebagai pedoman untuk merencanakan suatu tindakan untuk mengurangi penyebab terjadinya arus jenuh dan panjang antrian (Lubis, 2017). Arus jenuh (*saturation flow*) sangat memegang peranan penting di dalam disain suatu simpang bersinyal (Saha, et al., 2009). Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1997) Arus jenuh (S) adalah besarnya keberangkatan antrian didalam suatu pendekat selama kondisi yang ditentukan (smp/jam hijau). Sementara itu arus jenuh dasar adalah besarnya keberangkatan antrian di dalam pendekat selama kondisi ideal (smp/jam hijau). Arus Jenuh merupakan arus maksimal yang bisa dilewatkan pendekat simpang bersinyal saat lampu menyala hijau (*Transportation Research Board*, 2000). Awal arus berangkat menyebabkan terjadinya 'Kehilangan awal' dari waktu hijau efektif, sementara itu arus berangkat setelah akhir waktu hijau menyebabkan suatu 'Tambahkan akhir' dari waktu hijau efektif. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 3.1. Berdasarkan hal tersebut, waktu hijau efektif dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan berikut.

$$\text{Waktu Hijau Efektif} = \text{Tampilan waktu hijau} - \text{Kehilangan Awal} + \text{Tambahan Akhir} \dots \dots \dots (3.1)$$



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

Gambar 3.1 Model dasar untuk arus jenuh

Pada saat lampu merah volume arus masih sangat besar itu disebabkan karena saat lampu merah menyala masih ada waktu tambahan akhir untuk menghabiskan semua arus lalu lintas di mulut simpang, dan pada saat itu lampu merah menyala di seluruh pendekat (*all red*).

1. Metode MKJI

Arus jenuh (S) merupakan hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S_0) yaitu arus jenuh pada keadaan standar, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan

sebelumnya. Penyesuaian ($F_1, F_2, F_3, F_4, \dots, F_n$) dilakukan untuk beberapa kondisi yaitu penyesuaian ukuran kota (CS), Hambatan Samping (SF), kelandaian (G), Parkir (P), gerakan membelok (RT, LT). Arus jenuh dinyatakan dengan Persamaan berikut.

$$S = S_0 \times F_1 \times F_2 \times F_3 \times F_4 \dots \times F_n \dots \dots \dots (3.2)$$

Untuk pendekat terlindung arus jenuh dasar ditentukan sebagai fungsi dari lebar efektif pendekat (W_e) seperti dinyatakan pada persamaan berikut.

$$S_0 = 600 \times W_e \text{ (smp/jam hijau)} \dots \dots \dots (3.3)$$

Pendekat terlindung (Tipe P) adalah suatu pendekat dengan keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus. Sementara pendekat terlawan (Tipe O) adalah suatu pendekat dengan keberangkatan dengan konflik antara gerak belok kanan dan gerak lurus/belok kiri dari bagian pendekat dengan lampu hijau pada fase yang sama.

Lebar efektif pendekat (W_e) merupakan lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan dalam perhitungan kapasitas (yaitu dengan pertimbangan terhadap W_A , W_{MASUK} dan W_{KELUAR} dan gerakan lalu-lintas membelok; m). Lebar Masuk (W_{MASUK}) merupakan lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, diukur pada garis henti (m). Sementara lebar keluar (W_{KELUAR}) adalah lebar dari bagian pendekat yang diperkeras, yang digunakan oleh lalu lintas buangan setelah melewati persimpangan jalan (m). Faktor penyesuaian (F) kemudian dilakukan untuk kondisi-kondisi berikut ini:

- a. Ukuran suatu kota (City Size/CS) dimana simpang bersinyal itu berada yang dinyatakan dalam juta penduduk. Faktor penyesuaian untuk ukuran kota dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1 Faktor penyesuaian ukuran kota (F_{CS})

Penduduk Kota (Juta jiwa)	Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
>3,0	1,05
>1,0 - 3,0	1,00
>0,5 - 1,0	0,94
0,1 - 0,5	0,83
< 0,1	0,82

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

Dalam faktor penyesuaian ukuran kota terdapat beberapa nilai jumlah penduduk yang sama pada suatu kota nilai faktor penyesuaian yang berbeda. Sebagai contoh penduduk kota berjumlah 3,0 juta jiwa memiliki nilai faktor penyesuaian 1,05 dan 1,00, penduduk kota berjumlah 1,0 juta jiwa memiliki nilai faktor penyesuaian 1,00 dan 0,94, penduduk kota berjumlah 0,5 juta jiwa memiliki nilai faktor penyesuaian 0,94 dan 0,83 serta penduduk kota berjumlah 0,1 juta jiwa memiliki nilai faktor penyesuaian 0,83 dan 0,82. Dalam hal ini untuk menghindari kerancuan dalam menentukan nilai faktor penyesuaian yang digunakan maka penulis melakukan penyesuaian untuk mempermudah penentuan faktor penyesuaian ukuran kota seperti Tabel 2.2. sehingga penduduk kota berjumlah lebih besar dari 3,0 juta jiwa memiliki nilai faktor penyesuaian 1,05, penduduk kota berjumlah lebih besar dari 1,0 juta jiwa sampai 3,0 juta jiwa memiliki nilai faktor penyesuaian 1,00, penduduk kota berjumlah lebih besar dari 0,5 juta jiwa sampai 1,0 juta jiwa memiliki nilai faktor penyesuaian 0,94, penduduk kota berjumlah 0,1 juta jiwa sampai 0,5 juta jiwa memiliki nilai faktor penyesuaian 0,83, dan penduduk kota berjumlah lebih kecil dari 0,1 juta jiwa memiliki nilai faktor penyesuaian 0,82.

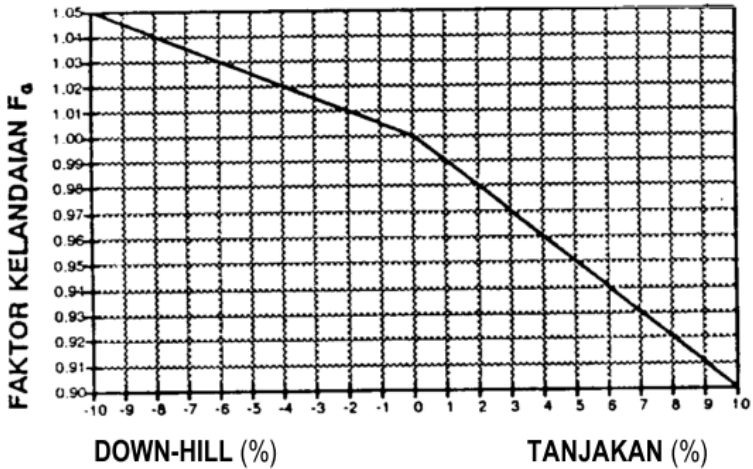
- b. Hambatan samping (*Side Friction/SF*) merupakan kelas hambatan samping dari lingkungan jalan dan kendaraan tak bermotor di area simpang bersinyal tersebut. Faktor penyesuaian tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan samping dan kendaraan tak bermotor (F_{SF})

Lingkungan Jalan	Hambatan Samping	Tipe fase	Rasio kendaraan tak bermotor					
			0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	≥0,25
Komersial (COM)	Tinggi	Terlawan	0,93	0,88	0,84	0,79	0,74	0,70
	Tinggi	Terlindung	0,93	0,91	0,88	0,87	0,85	0,81
	Sedang	Terlawan	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,71
	Sedang	Terlindung	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82
	Rendah	Terlawan	0,95	0,90	0,86	0,81	0,76	0,72
	Rendah	Terlindung	0,95	0,93	0,90	0,89	0,87	0,83
Pemukiman (RES)	Tinggi	Terlawan	0,96	0,91	0,86	0,81	0,78	0,72
	Tinggi	Terlindung	0,96	0,94	0,92	0,99	0,86	0,84
	Sedang	Terlawan	0,97	0,92	0,87	0,82	0,79	0,73
	Sedang	Terlindung	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85
	Rendah	Terlawan	0,98	0,93	0,88	0,83	0,80	0,74
	Rendah	Terlindung	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88	0,86
Akses terbatas (RA)	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlawan	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
	Tinggi/Sedang/Rendah	Terlindung	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,88

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

- c. Kelandaian jalan (*Gradient/G*) yaitu persentase kemiringan pendekat positif (+) apabila menanjak atau negatif (-) apabila menurun. Dimana arus jenuh berkurang pada pendekat yang menanjak sebaliknya pada pendekat yang menurun maka arus jenuh meningkat. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

Gambar 3.2 Grafik faktor penyesuaian kelandaian (F_G)

- d. Parkir (*Parking/P*) yaitu jarak garis henti kendaraan parkir pertama. Faktor penyesuaian parkir (F_P) ini dapat juga diaplikasikan untuk permasalahan panjang lajur belok kiri terbatas. Faktor ini bisa tidak digunakan jika lebar efektif ditentukan oleh lebar keluar. F_P dapat dinyatakan menggunakan Persamaan 2.18 atau menggunakan pendekatan sesuai Gambar 3.3.

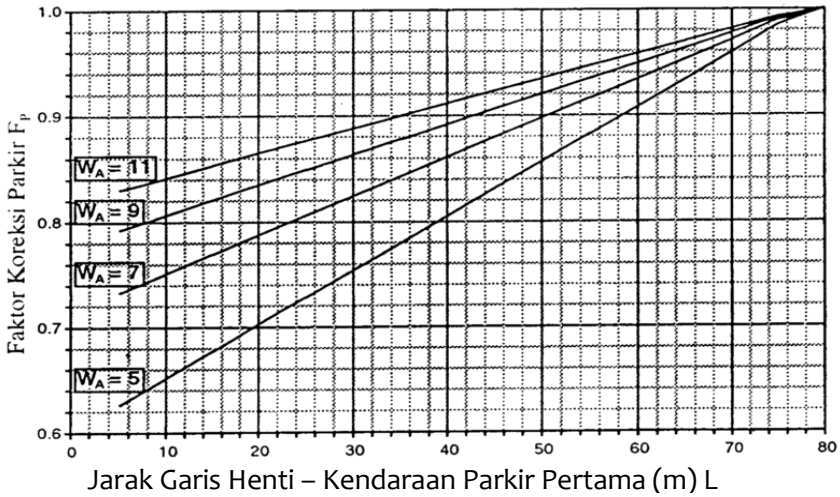
$$F_P = [L_P/3 - (W_A - 2) \times (L_P/3 - g)/W_A]/g \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana,

L_P : Jarak antara garis henti dan kendaraan yang diparkir pertama (m) atau panjang dari lajur pendek

W_A : Lebar pendekat (m)

G : Waktu hijau pada pendekat (nilai normal 26 detik)



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

Gambar 3.3 Grafik faktor penyesuaian parkir dan lajur belok kiri pendek (F_p)

- e. Gerakan membelok terdiri dari % belok-kanan (*Right Turn/RT*) dan % belok-kiri (*Left Turn/LT*) dari arus lalu lintas di simpang bersinyal tersebut. Faktor penyesuaian belok kanan (F_{RT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio kendaraan belok kanan (P_{RT}) yang dapat dilihat pada Persamaan 2.19.

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \dots \dots \dots (3.5)$$

Persamaan 2.5 hanya berlaku untuk pendekat tipe P, tanpa median, jalan dua arah, lebar efektif yang ditentukan oleh lebar masuk. Sementara untuk faktor penyesuaian belok kiri (F_{LT}) ditentukan sebagai fungsi dari rasio belok kiri P_{LT} yang dapat dilihat pada Persamaan 2.6, dimana persamaan ini hanya berlaku untuk pendekat tipe P, tanpa belok kiri jalan terus (LTOR), lebar efektif ditentukan oleh lebar masuk.

$$F_{LT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \dots \dots \dots (3.6)$$

Jika suatu pendekat mempunyai sinyal hijau lebih dari satu fase, maka nilai arus jenuh kombinasi harus dihitung secara proporsional terhadap waktu hijau masing-masing fase. Contoh jika suatu pendekat bersinyal hijau pada kedua fase 1 dan 2 dengan waktu hijau g_1 dan g_2 dan arus jenuh S_1 dan S_2 , nilai kombinasi S_{1+2} dihitung sebagai berikut:

$$S_{1+2} = \frac{S_1 \times g_1 + S_2 \times g_2}{g_1 + g_2} \dots \dots \dots (3.7)$$

Jika salah satu dari fase tersebut adalah fase pendek, misalnya "waktu hijau awal", dimana satu pendekat menyala hijau beberapa saat sebelum mulainya hijau pada arah yang berlawanan, disarankan untuk menggunakan hijau awal ini antara 1/4 sampai 1/3 dari total hijau pendekat yang diberi hijau awal. Perkiraan yang sama dapat digunakan untuk "waktu hijau akhir" dimana nyala hijau pada satu pendekat diperpanjang beberapa saat setelah berakhirnya nyala hijau pada arah yang berlawanan. Lama waktu hijau awal dan akhir harus tidak lebih pendek dari 10 detik (Departemen Pekerjaan Umum, 1997).

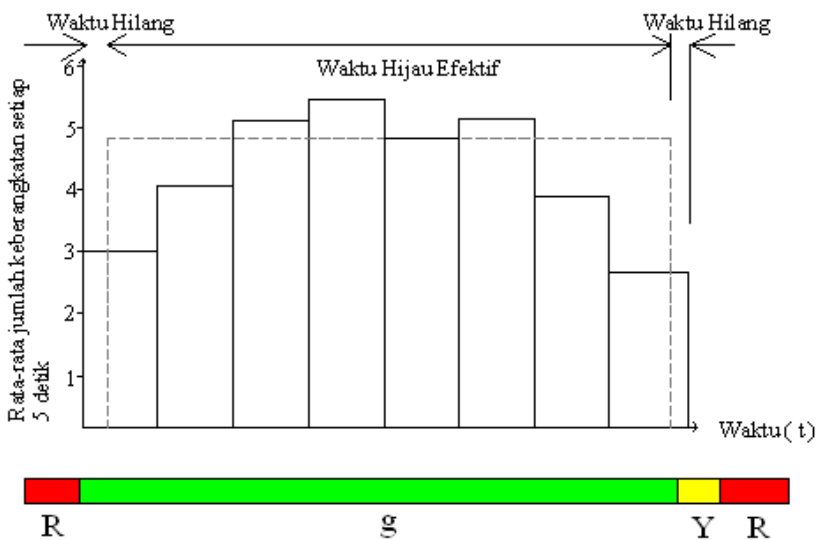
2. Metode *Time Slice*

Perhitungan arus jenuh dapat dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dari lapangan. Metode ini dikenal dengan metode pengukuran arus jenuh dengan metode *time slice*. Arus jenuh dinyatakan dalam satuan unit kendaraan per-jam (kendaraan/jam waktu hijau atau smp/jam waktu hijau) ditentukan dengan mengamati saat kendaraan mulai bergerak saat awal waktu hijau (dalam antrian) berturut-turut selama periode hijau jenuh dengan interval 6 detik dan dengan interval 4 detik (Nguyen dan Montgomery, 2007). Untuk suatu arus lalu lintas yang didominasi oleh sepeda motor (80%-90%), periode yang lebih kecil yaitu 4 detik

diasumsikan lebih tepat untuk penentuan arus jenuh (Nguyen dan Montgomery, 2007). Dasar metode ini adalah membagi setiap waktu hijau dalam kondisi jenuh dan selanjutnya:

- Merata-ratakan arus lalu lintas dalam kondisi jenuh yang bebas dari pengaruh kehilangan waktu lost time untuk memperoleh nilai arus jenuh
- Menggunakan arus lalu lintas pada time slice yang terpengaruh oleh kehilangan awal (starting delay) dan waktu kuning untuk memperoleh lost time

Periode hijau dalam hal ini adalah tampilan waktu hijau ditambah kuning. Arus jenuh adalah rata-rata arus pada kondisi jenuh pada waktu hijau, tidak menyertakan *time slice* awal dan akhir (Fadli dan Elkhasnet, 2012).



Sumber: Fadli dan Elkhasnet (2012)

Gambar 3.4 Pengukuran arus jenuh dengan metode time slice

Pada studi oleh Fadli dan Elkhasnet (2012) ini membagi waktu hijau menjadi menjadi lima detik. Pembagian waktu ini berdasarkan total jumlah kendaraan waktu hijau dan waktu kuning

yang terjadi pada simpang yang diteliti. Menurut Djohar (1984) umumnya metode *time slice* tersebut dibagi menjadi tiga detik, empat detik, lima detik, ataupun enam detik yang disesuaikan dengan waktu siklusnya. Berikut merupakan persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungann menggunakan metode *time slice*:

a. Data Nilai smp/slice

Untuk mencari nilai smp, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q \left(\frac{smp}{n \text{ detik}} \right) = Q_{\text{jenis kendaraan}} \times EMP_{\text{jenis kendaraan}} \dots\dots\dots (3.8)$$

Sedangkan untuk mencari nilai smp/n detik untuk satu siklus digunakan rumus (3.9) sebagai berikut:

$$Q = Q_{KR} + (Q_{KB} \times EMP_{KB}) + (Q_{SM} \times EMP_{SM}) \dots\dots\dots (3.9)$$

Dan untuk mencari nilai smp/jam digunakan Persamaan (3.10) sebagai berikut:

$$\frac{smp}{jam} = \frac{smp}{n \text{ detik}} \times \frac{3600}{n} \dots\dots\dots (3.10)$$

Standar deviasi (*Sd*) dihitung dengan persamaan (2.11) atau Persamaan (2.12).

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n)}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana,

- (n – 1) digunakan untuk jumlah sampel ≤ 30
- (n) digunakan untuk jumlah sampel > 30

b. Nilai Rata-rata (\bar{x})

Berikut merupakan persamaan untuk mencari rata-rata:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana,

\bar{x} : Nilai rata-rata (smp/n detik)

x_i : Nilai data sampel

n : Jumlah sampel

c. Eliminasi

Untuk mencari nilai rata-rata per *slice* dari seluruh siklus digunakan Persamaan 2.14, sedangkan untuk menentukan nilai rata-rata dari data yang terpilih sebelumnya ditentukan terlebih dahulu nilai batas atas yang dinyatakan dengan Persamaan 2.28 dan nilai batas bawah yang dinyatakan dengan Persamaan 2.29.

—————→ $\bar{x}_{data\ terpilih} = \bar{x}_{data\ semua} + Z.Sd \dots\dots\dots(2.28)$

—————→ \bar{x}

—————→ $\bar{x}_{data\ terpilih} = \bar{x}_{data\ semua} - Z.Sd \dots\dots\dots(2.29)$

Dimana,

\bar{x} : Nilai rata-rata (smp/n detik)

Z : Nilai Kepercayaan 95% (k=1.96)

Sd : Standar Deviasi

d. Waktu Hilang

Waktu hilang adalah jumlah semua periode antar waktu hijau dalam siklus yang lengkap. Waktu hilang dapat juga diperoleh dari perbedaan antara waktu siklus dengan jumlah waktu hijau dalam semua fase yang berurutan. Selama satu fase, jumlah waktu hijau (k) dan waktu kuning (a), dikurangi waktu hijau efektif (g), disebut sebagai waktu yang hilang *lost time*, karena hal ini umumnya tidak terdapat fase yang lain untuk lewatnya kendaraan, waktu hilang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$L = nl + R = \sum(l - a) + \sum l \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana,

- L : Waktu hilang rata-rata per fase
- R : Waktu hilang per siklus, karena *all red* atau *red* dan *amber* pada semua fase
- n : Jumlah fase
- l : Periode pergantian hijau
- a : Periode kuning

Perbedaan antara periode hijau yang sebenarnya termasuk kuning dan waktu hijau efektif adalah jumlah waktu yang hilang karena mulai dan pemberhentian penundaan. Penundaan awal adalah bagian dari waktu hijau, sedangkan penundaan henti adalah bagian dari interval terakhir dari waktu kuning hijau. Waktu hilang dirumuskan pada Persamaan (2.31).

$$L = \frac{(t - \frac{n}{s})}{2} \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana,

L : Waktu hilang

t : Durasi waktu hijau dan waktu kuning

n : Jumlah kendaraan yang lewat selama durasi waktu hijau dan waktu kuning

s : Arus jenuh

Karena terlambatnya permulaan dan menghentikan penundaan, total kehilangan waktu untuk jangka waktu hijau jenuh adalah jumlah awal dan akhir kali waktu hilang, jika:

n_i dan n_f : Jumlah kendaraan habis dalam interval awal dan akhir masing-masing

t_i dan t_f : Waktu awal dan akhir interval, dalam menit

s : Arus jenuh

Maka untuk mencari waktu total hilang, L dirumuskan pada Persamaan (2.32) (Djohar, 1984).

$$L = t_i + t_f - \frac{n_i + n_f}{s} \dots\dots\dots (2.32)$$

E. Analisis Regresi untuk Arus Jenuh

Arus jenuh untuk lalu lintas heterogen dievaluasi dengan menggunakan analisis regresi linier berganda, dengan waktu hijau jenuh adalah fungsi kendaraan melewati garis henti selama waktu hijau (Minh dan Sano, 2003). Dengan asumsi bahwa hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat adalah linear maka persamaan regresi untuk persimpangan dapat disusun seperti Persamaan 2.33.

$$t = a_0 + a_1n_1 + a_2n_2 + a_3n_3 \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana,

t : Waktu hijau jenuh yaitu saat arus lalu lintas jenuh

a_0 : Konstanta

a_1, a_2, a_3 : Koefisien sepeda motor, mobil penumpang, kendaraan berat

n_1, n_2, n_3 : Jumlah kendaraan dalam setiap grup yang melintasi pendekat selama waktu t

Untuk kondisi arus lalu lintas campuran di Indonesia digunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI). Waktu hijau jenuh dibagi dengan total jumlah kelompok kendaraan yang berbeda (yang sebelumnya sudah diubah menjadi satuan mobil penumpang) dengan *headway* rata-rata (Minh dan Sano, 2003) dinyatakan dengan Persamaan 2.34.

$$H = \frac{t}{n_1 p_1 + n_2 p_2 + n_3 p_3} \dots \dots \dots (2.34)$$

Dimana,

H : Rata-rata *headway*

t : Waktu hijau jenuh

p_1, p_2, p_3 : Emp sepeda motor, emp mobil penumpang, emp kendaraan berat

n_1, n_2, n_3 : Jumlah kendaraan dalam setiap grup yang melintasi pendekat selama waktu t

Selanjutnya dilakukan perhitungan secara regresi linier dengan kalibrasi dan validasi model.

F. Pengamatan Arus Jenuh

Pengumpulan data untuk arus jenuh dilakukan pada lengan simpang dalam beberapa siklus. Sebagai contoh, lima orang berdiri di pinggir jalan dekat garis henti. Satu orang mengamati durasi waktu hijau, tiga lainnya menghitung jumlah kendaraan yang diklasifikasikan melewati garis henti dan yang terakhir bertugas sebagai pencatat di formulir. Bersamaan dengan itu, kamera video merekam gerakan lalu lintas dan sistem kontrol simpang bersinyal. Dari rekaman video, jenis kendaraan dan waktu melewati garis henti waktu dihitung di laboratorium. Pengamatan arus jenuh waktu hijau yang bervariasi (5-45 detik) bertujuan untuk estimasi emp dari sepeda motor, rata-rata *headway*, dan tingkat arus jenuh (Rameez, et al., 2018).



BAB 4

KONSEP DASAR SIMPANG BERSINYAL

A. Hakikat Persimpangan

Persimpangan jalan dapat didefinisikan sebagai suatu daerah umum dimana terdapat dua jalan atau lebih bergabung atau bersimpangan, termasuk didalamnya adalah jalan dan fasilitas tepi jalan untuk suatu pergerakan lalu lintas (AASHTO, 2001). Simpang merupakan pertemuan antara dua pendekatan atau lebih, baik itu simpang sebidang maupun tak sebidang. Simpang adalah suatu titik pada jaringan jalan tempat pertemuan antara jalan-jalan dan perpotongan antar lintasan kendaraan. Simpang jalan merupakan simpul transportasi yang terbentuk dari beberapa pendekatan, dimana arus kendaraan dari berbagai pendekatan tersebut bertemu dan berpisah meninggalkan simpang. Pada sistem transportasi dikenal tiga macam pertemuan jalan, yaitu pertemuan sebidang (at

grade intersection), pertemuan tidak sebidang (*interchange*) dan persilangan jalan (*grade separation without ramps*) (Hobbs, 1995).

Menurut Morlok (1988), jenis simpang berdasarkan pengaturannya dapat dikelompokkan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu:

1. Simpang jalan tanpa sinyal, yaitu simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut.
2. Simpang jalan dengan sinyal, yaitu pemakai jalan dapat melewati simpang sesuai dengan pengoperasian sinyal lalu lintas. Jadi pemakai jalan hanya boleh lewat pada saat sinyal lalu lintas menunjukkan warna hijau.

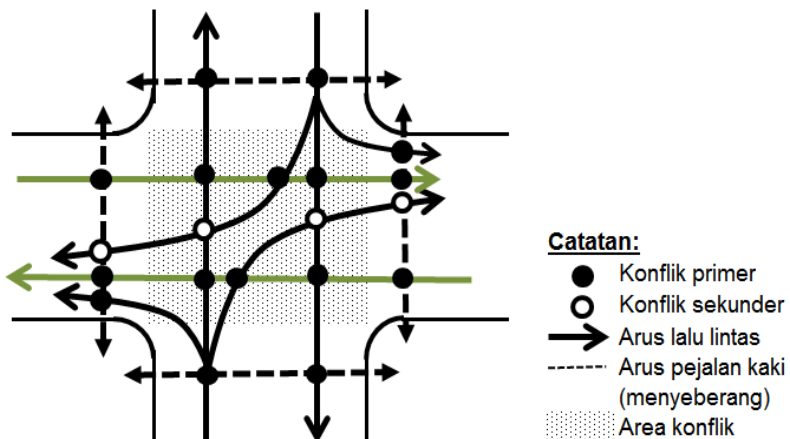
B. Definisi dan Fungsi Simpang Bersinyal

Simpang-simpang bersinyal yang merupakan bagian dari sistem kendali waktu tetap yang dirangkai atau sinyal aktiasi kendaraan terisolir, biasanya memerlukan metoda dan perangkat lunak khusus dalam analisisnya (Departemen Pekerjaan Umum, 1997). Simpang bersinyal diterapkan dengan maksud sebagai berikut:

1. Untuk menghindari kemacetan simpang akibat adanya konflik arus lalu lintas, sehingga terjamin bahwa suatu kapasitas tertentu dapat dipertahankan, bahkan selama kondisi lalu lintas jam puncak
2. Untuk memberi kesempatan kepada kendaraan dan/atau pejalan kaki dari jalan simpang (kecil) untuk memotong jalan utama

3. Untuk mengurangi jumlah kecelakaan lalu lintas akibat tabrakan antara kendaraan-kendaraan dari arah yang bertentangan

Simpang bersinyal juga biasa disebut simpang yang diberi Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL). APILL adalah perangkat elektronik yang menggunakan isyarat lampu yang dapat dilengkapi dengan isyarat bunyi untuk mengatur lalu lintas orang dan/atau kendaraan di persimpangan atau pada ruas jalan (UU Nomor 22 Tahun 2009). Penggunaan sinyal dengan lampu tiga warna (hijau, kuning dan merah) diterapkan untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang saling bertentangan dalam dimensi waktu. Hal ini adalah keperluan yang mutlak bagi gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari jalan-jalan yang saling berpotongan atau konflik-konflik primer. Sinyal-sinyal dapat juga digunakan untuk memisahkan gerakan membelok dari lalu lintas lurus melawan atau untuk memisahkan gerakan lalu lintas membelok dari pejalan kaki yang menyeberang atau konflik-konflik sekunder (Departemen Pekerjaan Umum, 1997).



Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (1997)

Gambar 4.1 Konflik primer dan sekunder pada simpang APILL 4 lengan

Pengendalian alat pemberi isyarat lalu lintas dapat dilakukan dengan beberapa pengaturan, yaitu:

1. Pengaturan waktu tetap

Umumnya dipilih bila simpang tersebut merupakan bagian dari sistem sinyal lalu lintas terkoordinasi.

2. Pengaturan sinyal semi aktuasi

Umumnya dipilih bila simpang tersebut terisolir dan terdiri dari sebuah jalan minor atau penyeberangan pejalan kaki dan berpotongan dengan sebuah jalan arteri utama. Pada keadaan ini sinyal selalu hijau untuk jalan utama bila tidak ada kebutuhan dari jalan minor.

3. Pengaturan sinyal aktuasi penuh

Pengaturan yang paling efisien untuk simpang terisolir diantara jalan-jalan dengan kepentingan dan kebutuhan lalu lintas yang memiliki kesamaan.

4. Pengaturan sinyal terkoordinasi

Umumnya diperlukan bila jarak antara simpang bersinyal yang berdekatan adalah kecil (kurang dari 200 m). Manual ini tidak dapat digunakan pada koordinasi simpang. Meskipun waktu sinyal untuk simpang tunggal pada sistem terkoordinasi umumnya berdasarkan waktu sinyal dari pengaturan waktu tetap.

5. *Area Traffic Control System (ATCS)*

Simpang yang dikendalikan dengan komputer terjadi pada daerah simpang yang luas, sehingga waktu hambatan pada daerah yang bersangkutan dapat diminimalkan.

C. Tingkat Pelayanan Persimpangan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: KM 14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, bahwa tingkat pelayanan adalah kemampuan ruas jalan dan/atau persimpangan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 96 Tahun 2015 tentang Pedoman Pelaksanaan Kegiatan Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas, tingkat pelayanan merupakan ukuran kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan kondisi operasional lalu lintas.

Tingkat pelayanan pada persimpangan dipengaruhi oleh faktor tundaan dan kapasitas persimpangan. Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui suatu simpang. Tundaan pada suatu simpang dapat terjadi karena dua hal yaitu tundaan lalu lintas dan tundaan geometri. Tundaan lalu lintas terjadi karena interaksi lalu lintas dengan gerakan lainnya pada suatu simpang, sedangkan tundaan geometri terjadi karena perlambatan dan percepatan saat membelok pada suatu simpang dan/atau terhenti karena lampu merah. Sedangkan kapasitas merupakan arus lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada persimpangan (Departemen Pekerjaan Umum, 1997).

Penetapan tingkat pelayanan pada persimpangan berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor: PM 96 Tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.3 Tingkat pelayanan pada persimpangan

Tingkat Pelayanan	Tundaan (detik per kendaraan)
A	< 5
B	$5 - 15 <$
C	$15 - 25 <$
D	$25 - 40 <$
E	$40 - 60 <$
F	≥ 60

Sumber: Kementerian Perhubungan (2015)

Pada tabel tingkat pelayanan di atas bisa dilihat untuk tundaan lebih kecil dari 5 detik tingkat pelayanan simpangnya A, untuk tundaan lebih kecil dari 15 detik sampai 5 detik tingkat pelayanan simpangnya B, untuk tundaan lebih kecil dari 25 detik sampai 15 detik tingkat pelayanan simpangnya C, untuk tundaan lebih kecil dari 40 detik sampai 25 detik tingkat pelayanan simpangnya D, untuk tundaan lebih kecil dari 60 detik sampai 40 detik tingkat pelayanan simpangnya E dan untuk tundaan lebih besar sama dengan 60 detik tingkat pelayanan simpangnya adalah F.

D. Komponen-komponen Simpang Bersinyal

Simpang bersinyal adalah salah satu jenis simpang jalan yang dilengkapi dengan sistem pengaturan lalu lintas menggunakan lampu sinyal. Simpang bersinyal terdiri dari beberapa komponen penting yang bekerja bersama untuk mengatur aliran lalu lintas dengan aman dan efisien. Berikut adalah komponen-komponen utama dari simpang bersinyal:

1. Lampu Sinyal

Lampu sinyal adalah komponen yang paling terlihat dan terkenal dari simpang bersinyal. Lampu sinyal memiliki lampu berwarna merah, kuning, dan hijau yang memberikan petunjuk kepada pengemudi kapan harus berhenti, bersiap-

siap, atau melanjutkan perjalanan. Lampu sinyal dapat diatur sesuai dengan pola waktu tertentu untuk mengatur aliran lalu lintas yang melintasi simpang.

2. Kontroler Lampu Sinyal

Kontroler lampu sinyal adalah perangkat elektronik yang mengatur pola penyaluran listrik ke lampu sinyal. Kontroler ini menerima sinyal dari sensor lalu lintas atau program yang telah diprogram sebelumnya. Kontroler lampu sinyal mengatur waktu dan urutan lampu sinyal untuk mengoptimalkan aliran lalu lintas di simpang.

3. Sensor Lalu Lintas

Sensor lalu lintas digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan di dekat simpang. Sensor ini dapat berupa sensor magnetik di dalam jalan, sensor inframerah, atau sensor lainnya. Informasi yang diperoleh dari sensor lalu lintas digunakan oleh kontroler lampu sinyal untuk menyesuaikan waktu dan urutan lampu sinyal.

4. Marka Jalan

Marka jalan adalah tanda-tanda dan garis-garis yang digunakan untuk memberikan petunjuk visual kepada pengemudi di simpang bersinyal. Marka jalan meliputi garis putus-putus atau garis kontinu yang membagi jalur kendaraan, tanda panah untuk penunjuk arah, dan tanda-tanda lainnya untuk memberikan petunjuk pengaturan lalu lintas.

5. Pedestrian Crossings

Simpang bersinyal juga dilengkapi dengan penyeberangan pejalan kaki yang aman. Ini dapat berupa trotoar yang

terpisah dengan lampu sinyal pejalan kaki sendiri, atau penyeberangan pejalan kaki yang dilengkapi dengan lampu sinyal khusus untuk memungkinkan pejalan kaki menyeberang dengan aman.

6. Rambu Lalu Lintas

Rambu lalu lintas adalah tanda-tanda yang memberikan petunjuk dan informasi kepada pengemudi di simpang bersinyal. Rambu lalu lintas dapat berupa tanda peringatan, tanda larangan, tanda perintah, atau tanda informasi yang membantu pengemudi memahami aturan dan kondisi di simpang.

7. Fasilitas Pelengkap

Beberapa simpang bersinyal dilengkapi dengan fasilitas pelengkap seperti CCTV untuk pemantauan lalu lintas, penghalang pengaman, atau jalur khusus untuk kendaraan tertentu.

Komponen-komponen ini bekerja bersama-sama untuk menciptakan pengaturan lalu lintas yang aman dan efisien di simpang bersinyal. Pengaturan yang baik dari komponen-komponen ini sangat penting untuk memastikan kelancaran aliran lalu lintas dan mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan di simpang.

E. Prinsip Kerja Simpang Bersinyal

Prinsip kerja simpang bersinyal didasarkan pada pengaturan waktu dan prioritas yang ditentukan untuk aliran lalu lintas yang berbeda. Berikut adalah prinsip kerja umum dari simpang bersinyal:

1. Siklus Lampu Sinyal

Simpang bersinyal beroperasi dalam siklus yang terdiri dari

serangkaian fase atau periode waktu. Setiap fase mengatur aliran lalu lintas untuk arah tertentu. Siklus lampu sinyal mencakup waktu untuk lampu merah, kuning, hijau, dan mungkin fase-fase lainnya seperti fase perpindahan atau fase pejalan kaki.

2. Prioritas Lalu lintas

Pada simpang bersinyal, prioritas lalu lintas dapat diatur berdasarkan volume, waktu tunggu, atau kombinasi keduanya. Biasanya, lampu hijau diberikan kepada aliran lalu lintas yang memiliki volume tertinggi atau memerlukan prioritas tertentu. Prioritas ini ditentukan oleh perencana lalu lintas berdasarkan analisis dan penelitian yang mempertimbangkan kebutuhan pengguna jalan.

3. Deteksi Lalu Lintas

Sensor lalu lintas digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan di dekat simpang. Informasi dari sensor ini digunakan oleh kontroler lampu sinyal untuk menyesuaikan waktu dan urutan lampu sinyal. Sensor dapat berupa sensor magnetik, sensor inframerah, atau teknologi lainnya yang dapat mendeteksi keberadaan kendaraan.

4. Sinkronisasi Lampu Sinyal

Pada simpang bersinyal yang lebih kompleks atau jaringan simpang bersinyal yang terhubung, lampu sinyal dapat disinkronkan untuk memastikan aliran lalu lintas yang lebih lancar. Sinkronisasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan waktu tempuh antara simpang dan memastikan bahwa lampu hijau atau fase-fase yang sesuai diberikan pada waktu yang tepat.

5. *Pedestrian Crossings*

Simpang bersinyal juga memperhatikan keamanan pejalan

kaki dengan memasukkan lampu sinyal khusus untuk penyeberangan pejalan kaki. Lampu sinyal pejalan kaki memberikan waktu khusus bagi pejalan kaki untuk menyeberang dengan aman.

6. Mode Operasi Khusus

Beberapa simpang bersinyal memiliki mode operasi khusus seperti mode malam hari atau mode berdasarkan kebutuhan khusus seperti saat lalu lintas arus balik setelah acara besar. Mode operasi ini dapat diatur untuk mengakomodasi kebutuhan lalu lintas yang berbeda pada waktu-waktu tertentu.

Prinsip kerja simpang bersinyal dirancang untuk mengoptimalkan aliran lalu lintas dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti volume lalu lintas, waktu tunggu, keamanan, dan efisiensi. Prinsip ini membantu mengatur aliran lalu lintas yang kompleks di simpang dengan tujuan meningkatkan kelancaran, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan.



BAB 5

ANALISIS PERILAKU SEPEDA MOTOR PADA SIMPANG BERSINYAL

A. Klasifikasi Kendaraan

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1997) karakteristik kendaraan secara fisiknya dibedakan berdasarkan dimensi, berat dan kinerja. Dimensi kendaraan mempengaruhi lebar lajur lalu lintas, lebar bahu jalan yang diperkeras, panjang dan lebar ruang parkir.

1. Kendaraan ringan atau *Light Vehicle* (LV) yaitu kendaraan bermotor dua beroda 4 dengan jarak as 2.0 – 0.3 m (termasuk mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

2. Kendaraan Berat atau *Heavy Vehicle* (HV) yaitu kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,50 m, biasanya beroda lebih dari 4 (termasuk bus, truk 2 as, truk 3 as dan truk kombinasi sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
3. Sepeda motor atau *Motorcycle* (MC) yaitu kendaraan bermotor beroda dua atau tiga (termasuk sepeda motor dan kendaraan beroda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
4. Kendaraan tak bermotor atau *Un-Motorized vehicle* (UM) yaitu kendaraan beroda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan (termasuk sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

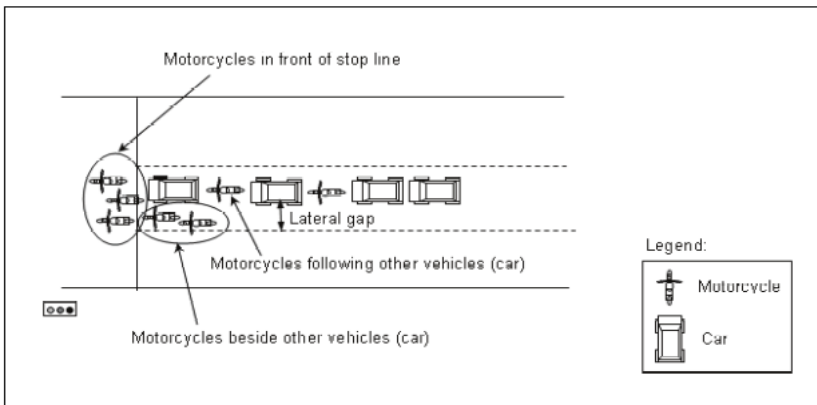
B. Perilaku Sepeda Motor di Simpang Bersinyal

Variasi nilai arus jenuh tergantung pada faktor geometri, lalu lintas dan faktor lingkungan. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa arus jenuh bervariasi saat waktu hijau. Studi sebelumnya (Nguyen dan Montgomery, 2007) menyatakan bahwa awal keberangkatan lalu lintas (*discharge rate*) di simpang bersinyal memiliki kecenderungan menurun saat akhir waktu jenuh.

Terlepas dari arus jenuh, faktor ekivalensi kendaraan juga tidak konstan antara satu persimpangan dengan simpang lainnya dan antara satu waktu hijau dengan waktu hijau berikutnya (Nguyen dan Montgomery, 2007). Namun demikian, arus jenuh dan faktor ekivalensi kendaraan saling terkait satu dengan yang lainnya karena faktor ekivalensi kendaraan digunakan untuk konversi lalu lintas campuran saat estimasi arus jenuh. Oleh karenanya sangat relevan untuk meneliti tentang variasi arus jenuh dan faktor ekivalensi kendaraan pada saat yang bersamaan. Untuk di Indonesia, jenis sepeda motor yang paling umum digunakan di jalan raya adalah dengan kapasitas mesin di bawah 250 cc dan berukuran 0,7m x 1,8m.

Karena mempunyai kemampuan manuver yang tinggi, sepeda motor dapat melakukan perjalanan melalui sebuah persimpangan bersinyal dengan cara-cara yang khas dan sering memiliki keuntungan dibandingkan antrian kendaraan bermotor lainnya. Kemampuan sepeda motor tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pengendara sepeda motor sering menggunakan kesenjangan lateralis antara kendaraan yang lebih besar sehingga dapat keluar masuk dari arus lalu lintas sehingga dapat mencapai antrian yang paling depan saat interval waktu merah. Saat volume sepeda motor tinggi, sepeda motor membentuk kelompok di depan garis henti. Kelompok itu diberi label sebagai "sepeda motor di depan garis henti".
2. Kelompok sepeda motor yang berada sepanjang sisi kendaraan lain dalam jalur lalu lintas yang sama di simpang dikenal sebagai "sepeda motor di samping kendaraan lain".
3. Kelompok lainnya adalah sepeda motor yang berada di depan atau mengikuti kendaraan lain dalam arus lalu lintas.



Sumber: Vien, *et al.* (2008)

Gambar 5.1 Perilaku pengendara sepeda motor di simpang bersinyal

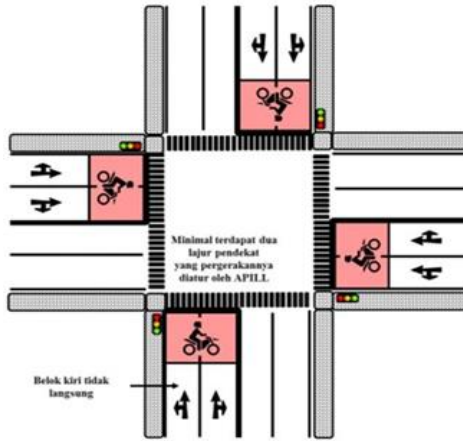
C. Ruang Henti Khusus (RHK)

Model RHK untuk sepeda motor dikembangkan dari *Advance stop lines (ASLs)* untuk sepeda. Merupakan fasilitas untuk sepeda yang di letakkan di depan antrian kendaraan bermotor (Wall, *et al.*, 2003). RHK berasal dari penerapan ruang henti khusus ASLs yang cenderung digunakan untuk sepeda motor sehingga lebih tepat untuk disebut RHK daripada ASLs. RHK ini merupakan salah satu solusi dalam memecahkan masalah penumpukan sepeda motor pada persimpangan bersinyal. Menurut (Idris, 2007 dalam Amelia dan Juanita, 2011), RHK adalah tempat berhenti untuk sepeda motor di simpang bersinyal selama fase merah yang ditempatkan di depan antrian kendaraan bermotor roda empat. RHK posisinya berada di depan kendaraan bermotor roda empat dan tidak melewati ujung garis pendekat persimpangan. RHK ini dibatasi oleh garis henti untuk sepeda motor dengan marka garis henti untuk kendaraan roda empat.

Model dari RHK ini terdiri atas lajur pendekat dan area tunggu (*reservoir*). Fungsi utama dari RHK ini adalah membantu sepeda motor untuk bergerak terlebih dahulu dari kendaraan roda empat dengan demikian dapat membuat persimpangan lebih cepat bersih, serta mengurangi konflik lalu lintas yang disebabkan dari *manuever* sepeda motor. Uji coba penerapan RHK pertama kali dilaksanakan di Bandung.

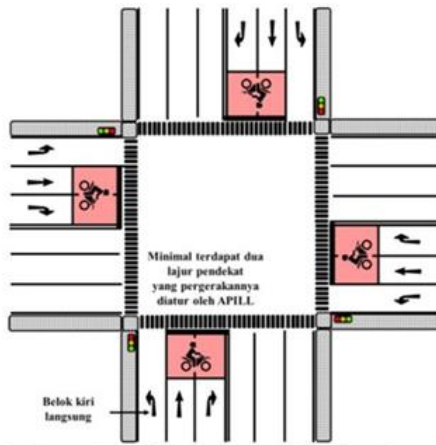
Berdasarkan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat nomor 52/SE/M/2015 tentang Pedoman Perancangan Ruang Henti Khusus (RHK) Sepeda Motor Pada Simpang Bersinyal Di Kawasan Perkotaan, RHK harus memenuhi geometri simpang bersinyal dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Persimpangan yang memiliki minimum dua lajur pada pendekat simpang dan pada kedua lajur pendekat tersebut bukan merupakan lajur belok kiri langsung.



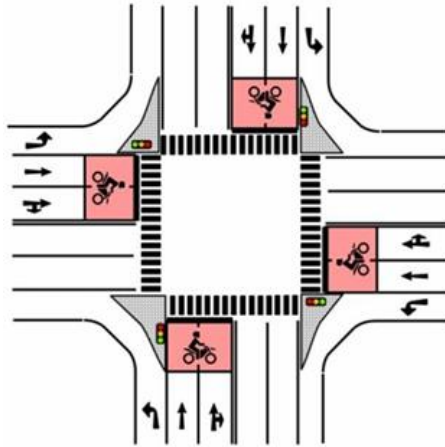
Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Gambar 5.2 Penempatan RHK tanpa pulau jalan dan tanpa belok kiri langsung



Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Gambar 5.3 Penempatan RHK tanpa pulau jalan dan dengan belok kiri langsung



Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Gambar 5.4 Penempatan RHK dengan pulau jalan dan dengan belok kiri langsung

2. Lebar lajur pendekat simpang diisyaratkan 3,5 meter pada pendekat simpang tanpa belok kiri langsung dengan tujuan untuk memberikan ruang kepada sepeda motor untuk memasuki ruang henti kendaraan (RHK).

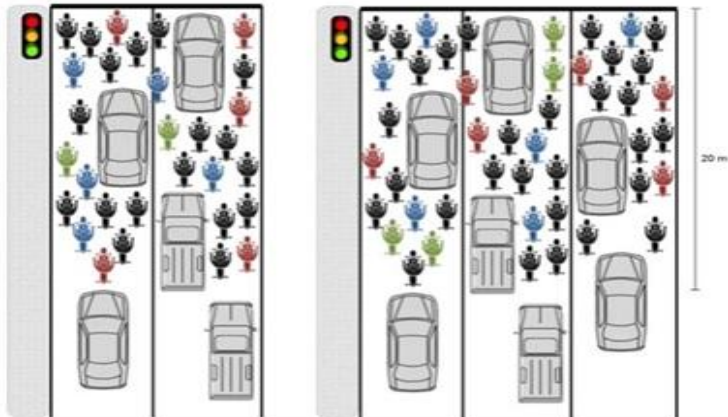


Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Gambar 5.5 Tampak atas sepeda motor memasuki RHK tanpa lajur pendekat

Sedangkan untuk kondisi lalu lintas harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Bila penumpukan sepeda motor tanpa beraturan dengan jumlah minimal 30 sepeda motor perwaktu merah di pendekat simpang dua lajur atau minimal 45 sepeda motor per waktu merah di pendekat simpang tiga lajur.



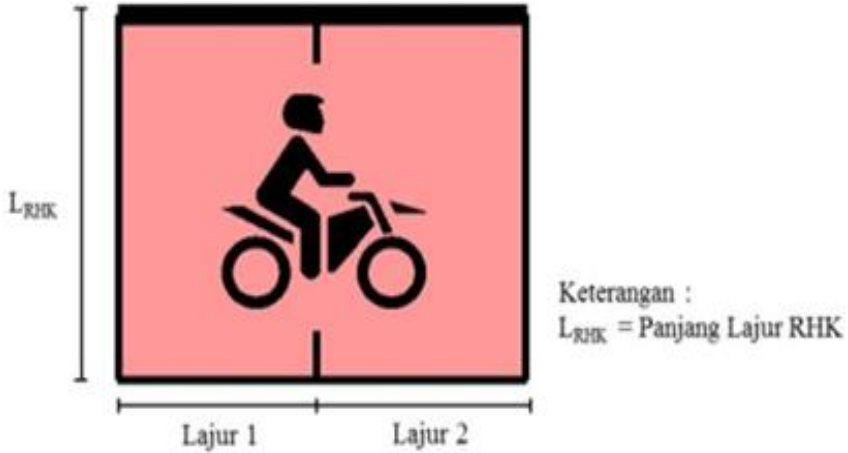
Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Gambar 5.6 Penumpukan sepeda motor

2. Untuk pendekat simpang lebih dari tiga lajur, jumlah penumpukan sepeda motor secara tak beraturan tersebut minimum 15 sepeda motor per lajurnya. Jadi jumlah penumpukan sepeda motor minimum 15 sepeda motor dikali dengan jumlah lajur pada pendekat persimpangan.

D. Tipikal Desain RHK Sepeda Motor

Dimensi RHK ditentukan dari dimensi ruang statis sepeda motor, sedangkan ruang statis sepeda motor diperoleh dari dimensi (panjang x lebar) rata-rata dari sepeda motor rencana. RHK tipe kotak didesain apabila proporsi sepeda motor di tiap lajurnya relatif sama.



Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Gambar 5.7 Kapasitas RHK tipe kotak dengan 2 lajur

Tabel 5.1 Kapasitas RHK tipe kotak dengan 2 lajur

Panjang lajur RHK (L_{RHK}) (m)	Luas (m ²)			Kapasitas Sepeda Motor Maksimal
	Lajur 1	Lajur 2	Total	
8	28	28	56	37
10	35	35	70	46
12	42	42	84	56

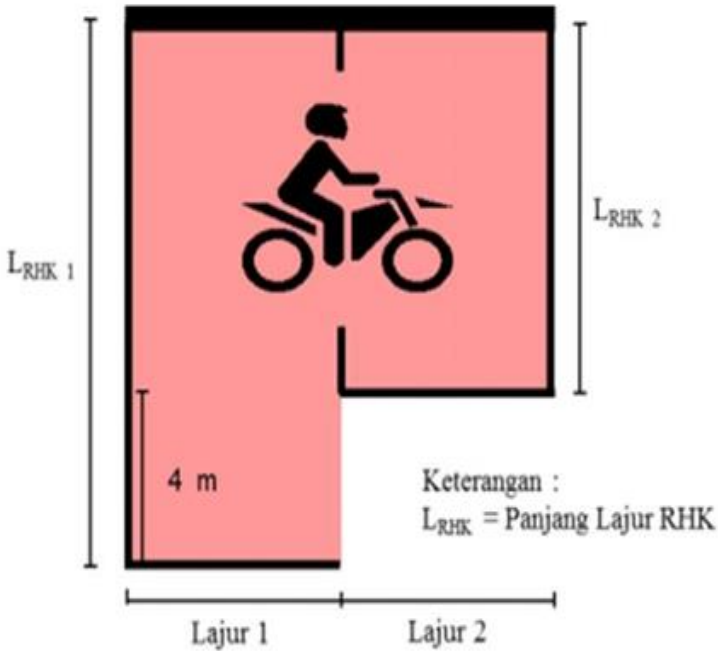
Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Tabel 5.2 Kapasitas RHK tipe kotak dengan 3 lajur

Panjang lajur RHK (L_{RHK}) (m)	Luas (m ²)				Kapasitas Sepeda Motor Maksimal
	Lajur 1	Lajur 2	Lajur 3	Total	
8	28	28	28	84	56
10	35	35	35	105	70
12	42	42	42	126	84

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Perpanjangan RHK tipe P dapat digunakan apabila volume sepeda motor yang bergerak pada lajur kiri melebihi 60% untuk RHK dengan dua lajur dari seluruh pergerakan sepeda motor pada pendekat simpang.



Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Gambar 5.8 Kapasitas RHK tipe P dengan 2 lajur

Tabel 5.3 Kapasitas RHK tipe P dengan 2 lajur

Panjang sisi kiri RHK (L_{RHK1}) (m)	Panjang sisi kanan RHK (L_{RHK2}) (m)	Luas (m^2)			Kapasitas Sepeda Motor Maksimal
		Lajur 1	Lajur 2	Total	
12	8	42	28	70	46
14	10	49	35	84	56
16	12	56	42	98	65

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)

Tabel 5.4 Kapasitas RHK tipe P dengan 3 lajur

Panjang sisi kiri RHK (L_{RHK1}) (m)	Panjang sisi kanan RHK (L_{RHK2}) (m)	Luas (m ²)			Total	Kapasitas Sepeda Motor Maksimal
		Lajur 1	Lajur 2	Lajur 3		
12	8	42	28	28	98	65
14	10	49	35	35	119	79
16	12	56	42	42	140	93

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2015)



BAB 6

STATISTIKA DAN MODEL LINEAR DALAM ANALISIS ARUS JENUH LALU LINTAS

A. Statistika

Statistik adalah suatu kumpulan angka yang tersusun lebih dari satu angka. Sedangkan statistika adalah ilmu mengumpulkan, menata, menyajikan, menganalisis, dan menginterpretasikan data menjadi informasi untuk membantu pengambilan keputusan yang efektif. Istilah statistika dapat pula diartikan sebagai metode untuk mengumpulkan, mengolah, menyajikan, menganalisis, dan menginterpretasikan data dalam bentuk angka-angka (Dajan, 1995).

1. Jenis Statistika

Menurut Sugiyono (2007), dalam arti sempit statistik dapat diartikan sebagai data, tetapi dalam arti luas statistik dapat diartikan sebagai alat untuk analisis dan alat untuk membuat keputusan. Statistik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu statistik deskriptif dan statistik inferensial. Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu statistik hasil penelitian, tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas (generalisasi/inferensi). Statistik inferensial adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data sampel dan hasilnya digeneralisasikan (diinferensikan) untuk populasi dimana sampel diambil. Terdapat dua macam statistik inferensial yaitu; statistik parametris dan nonparametris. Statistik parametris digunakan untuk menganalisis data interval atau rasio yang diambil dari populasi yang berdistribusi normal. Sedangkan statistik non parametris digunakan untuk menganalisis data nominal dan ordinal dari populasi yang bebas distribusi atau distribusinya tidak dapat diasumsikan normal.

Data hasil penelitian dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif adalah data yang berbentuk kalimat, kata atau gambar. Sedangkan data kuantitatif adalah data yang berbentuk angka atau data kualitatif yang diangkakan (skoring). Data kuantitatif dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu data diskrit dan data kontinum. Data diskrit adalah data yang diperoleh dari hasil menghitung. Data kontinum adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran. Data kontinum dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu: data Ordinal, Interval, dan Rasio. Data ordinal adalah data yang berjenjang atau berbentuk peringkat. Data interval adalah data yang jaraknya sama, tetapi tidak mempunyai nilai nol absolut (mutlak). Data rasio adalah data yang jaraknya sama dan mempunyai nilai nol absolut (Sugiyono, 2007).

2. Teknik Statistik

Penyajian data hasil penelitian dapat berupa tabel biasa maupun tabel distribusi frekuensi. Tabel distribusi frekuensi disusun bila jumlah data yang disajikan cukup banyak, sehingga kalau disajikan dalam tabel biasa menjadi tidak efisien dan kurang komunikatif. Selain menggunakan tabel, penyajian data dapat berupa grafik baik itu grafik garis maupun grafik batang, diagram lingkaran dan dapat berupa pictogram (grafik gambar).

Dalam penelitian, peneliti memperoleh sekelompok data variabel tertentu dari sekelompok responden atau obyek yang diteliti. Penjelasan kelompok yang telah diobservasi dengan data kuantitatif, selain dapat dijelaskan dengan menggunakan tabel dan gambar dapat juga dijelaskan menggunakan teknik statistik (Sugiyono, 2007).

a. Modus

Modus merupakan teknik statistik yang didasarkan atas nilai yang sedang populer atau nilai yang sering muncul dalam kelompok data. Untuk menghitung modus data yang telah disusun ke dalam distribusi frekuensi / data bergolong, dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$M_o = b + p \left(\frac{b_1}{b_1 + b_2} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

- M_o : Modus
- b : Batas kelas interval dengan frekuensi terbanyak
- p : Panjang kelas interval
- b_1 : Frekuensi pada kelas modus (frekuensi pada kelas interval yang terbanyak) dikurangi frekuensi kelas interval terdekat sebelumnya

b_2 : Frekuensi kelas modus dikurangi frekuensi kelas interval berikutnya

b. Median

Median adalah teknik statistik yang didasarkan atas nilai tengah dari kelompok data yang telah disusun urutannya dari yang terkecil sampai yang terbesar atau sebaliknya dari yang terbesar sampai yang terkecil. Untuk menghitung median data yang telah disusun kedalam distribusi frekuensi / data bergolong dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$M_D = b + p \left(\frac{\frac{1}{2}n - F}{f} \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

M_D : Median

b : Batas bawah dimana median terletak

n : Banyak data / jumlah sampel

p : Panjang kelas interval

F : Jumlah semua frekuensi sebelum kelas median

f : Frekuensi kelas median

c. Mean

Mean merupakan teknik statistik yang didasarkan atas nilai rata-rata dari kelompok yaitu dengan menjumlahkan seluruh data kemudian dibagi dengan jumlah data yang ada. Hal tersebut dapat dirumuskan pada persamaan berikut:

$$M_E = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Sedangkan untuk menghitung mean dari data bergolong adalah dengan persamaan berikut:

$$M_E = \frac{\sum f_i X_i}{\sum f_i} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana,

M_E : Mean

x_i : Nilai data dari i sampai ke n

n : Banyaknya data

f_i : Frekuensi data pada setiap interval data

X_i : Rata-rata dari nilai terendah dan tertinggi setiap interval data

d. Rentang Data (Range)

Rentang data adalah teknik statistik untuk mengetahui variasi dari suatu kelompok dengan jalan mengurangi data yang terbesar dengan data terkecil yang ada. Hal tersebut dapat dirumuskan pada persamaan berikut:

$$R = x_t - x_r \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana,

R : Range

x_t : Data terbesar dalam kelompok

x_r : Data terkecil dalam kelompok

e. Varians dan Standar Deviasi

Varians adalah teknik statistik yang digunakan untuk menjelaskan homogenitas kelompok dimana varians merupakan jumlah kuadrat semua deviasi nilai-nilai individual terhadap rata-rata kelompok. Akar Varians disebut Standar Deviasi atau Simpangan Baku. Varians dan Standar Deviasi

dari sekelompok data dari suatu variabel tertentu atau data populasi dapat dirumuskan menjadi berikut:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Sedangkan untuk data sampel rumusnya tidak hanya dibagi dengan n, tetapi dibagi dengan derajat kebebasan yaitu n-1.

$$S^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana,

- σ^2 : Varians Populasi
- σ : Standar Deviasi Populasi
- S^2 : Varians Sampel
- S : Standar Deviasi Sampel
- X_i : Nilai data dari i sampai ke n
- \bar{X} : Nilai rata-rata data
- n : Jumlah data

B. Model Linier

Salah satu kelebihan dari regresi linier adalah metode ini cukup simpel dan mudah dipahami, namun tetap menghasilkan hasil yang baik (Miro, 2005). Adapun penelitian terdahulu yang menggunakan regresi linier adalah Minh and Sano (2003), Vien, et al. (2008) dan Adams, et al. (2015) menggunakan regresi linier untuk

menentukan pengaruh sepeda motor terhadap arus jenuh dan Indriastuti, et al. (2019) menggunakan regresi linier untuk menentukan hubungan antara arus jenuh terhadap lebar lajur.

Perkembangan pemodelan stokastik dalam hal ini model linier, dimulai pada abad ke 19 yaitu berkembangnya teori matematika yang terkait dengan teori invarian dalam aljabar. Teori invarian aljabar mempelajari bentuk-bentuk kuantitas yang bersifat tetap (tidak berubah) terhadap suatu transformasi linier, yang kemudian mendasari perkembangan dari teori nilai eigen, vektor eigen, matriks determinan, metode dekomposisi dan masih banyak lagi yang lainnya. Perkembangan model linier yang didasari oleh teori regresi tidak bisa dilepaskan dari perkembangan teori matriks atau aljabar linier yaitu determinan, invers dan perkalian (Tirta, 2011).

Hubungan yang diperoleh dalam pemodelan stokastik (statistika) dapat dinyatakan sebagai " $y = f(x, \alpha, \beta) + e$ ", dimana selain mengandung komponen fungsional juga mengandung adanya galat (e) yang merupakan peubah acak yang berdistribusi normal. Y dan X merupakan variabel/peubah yang diketahui dari data, sedangkan fungsi f dan sebaran e dipengaruhi oleh parameter " α " dan " β " (yang dicari nilainya). Pada umumnya terdapat dua metode yang digunakan untuk mengestimasi parameter dalam model statistik linier yaitu metode kuadrat terkecil (*least square method*) dan metode kemungkinan maksimum (*maximum likelihood method*). Metode kuadrat terkecil digunakan pada saat distribusi data tidak diketahui, sedangkan metode kemungkinan maksimum digunakan pada saat distribusi data telah diketahui.

Model linier merupakan salah satu dari model-model yang tergabung di dalam model statistik matematika. Metode ini merupakan alat analisis statistik yang menganalisis faktor-faktor penentu yang menimbulkan suatu kejadian atau kondisi tertentu

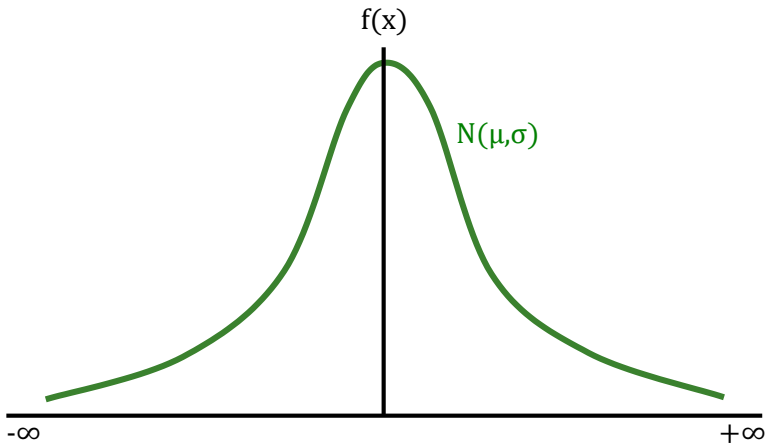
yang diamati, sekaligus menguji sejauh kekuatan faktor -faktor penentu yang dimaksud berhubungan dengan kondisi yang ditimbulkan. Dalam (Shao dan Liu, 2012) membedakan analisis data sesuai distribusi data waktu antara pelepasan antrian kendaraan (*discharge headway*). Jika distribusi waktu antara (*discharge headway*) simetris maka dimodelkan dengan distribusi normal sedangkan jika distribusi waktu antara (*discharge headway*) tidak simetris maka dimodelkan dengan distribusi log normal.

1. Distribusi Normal

Distribusi Normal merupakan distribusi kontinu yang sangat penting dan banyak digunakan untuk memecahkan permasalahan dalam analisis statistik. Distribusi normal atau distribusi gauss ditemukan oleh Gauss dan dipublikasikan tahun 1809. Distribusi normal merupakan suatu fungsi probabilitas yang menunjukkan distribusi atau penyebaran suatu variabel (Martina, 2007). Distribusi normal mempunyai sifat-sifat yang penting antara lain:

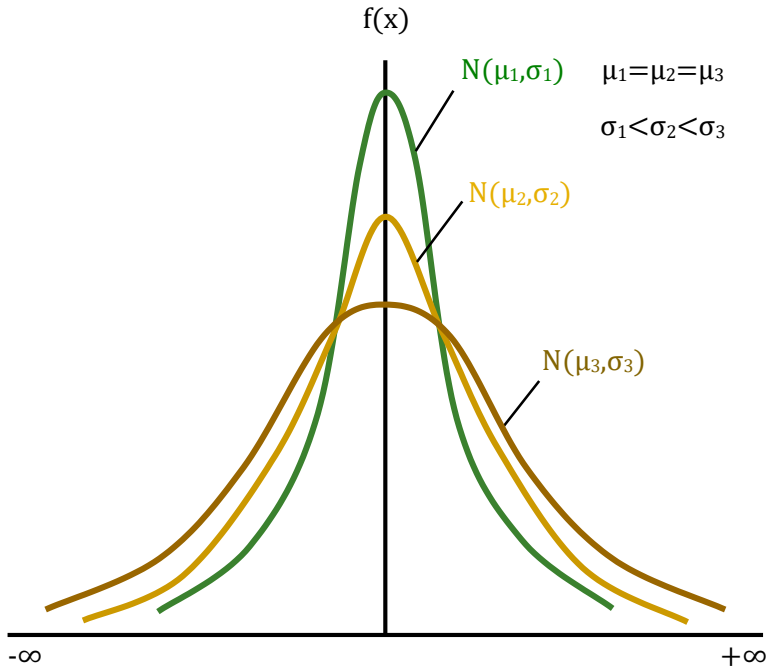
- a. Grafiknya selalu berada diatas sumbu datar x
- b. Bentuknya simetris terhadap $x = \mu$
- c. Mempunyai satu modus, kurva unimodal tercapai pada $x = \mu$ sebesar $0,3989/\sigma$
- d. Grafiknya berasimtotkan sumbu datar di x , baik dikiri maupun kanan yang disebut sebagai ekor
- e. Luas daerah grafik selalu sama dengan satu unit persegi, bentuk kurva distribusi normal dapat dibedakan berdasarkan nilai μ dan σ , Jika σ semakin besar maka kurvanya semakin rendah (kurva platikurtis) sedangkan apabila σ semakin kecil maka kurvanya semakin tinggi (kurva leptikurtis). Atau Jika μ semakin besar maka kurvanya semakin ke kanan (kurva positif)

sedangkan apabila μ semakin kecil maka kurvanya semakin ke kiri (kurva negatif). Perbedaan bentuk kurva distribusi normal berdasarkan nilai μ dan σ dapat dilihat pada Gambar 6.1, 6.2, dan 6.3.



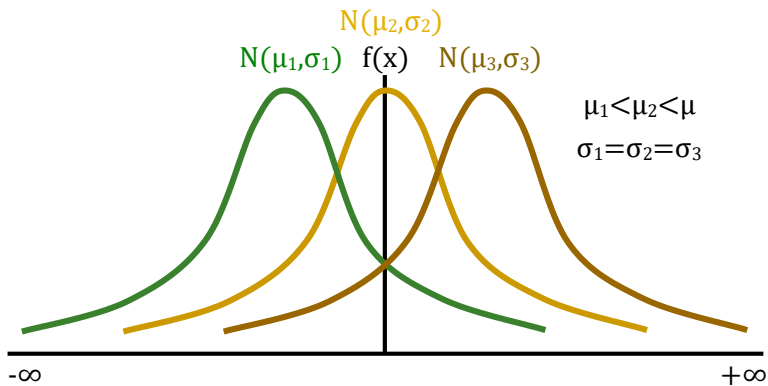
Sumber: Martina (2007)

Gambar 6.1 Grafik distribusi normal



Sumber: Martina (2007)

Gambar 6.2 Grafik distribusi normal μ tetap dan σ berubah



Sumber: Martina (2007)

Gambar 6.3 Grafik distribusi normal normal μ berubah dan σ tetap

Distribusi normal merupakan hukum probabilitas yang mendasari semua variabel kontinu dengan fungsi kerapatan

probabilitas sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana,

- X : Peubah/variabel acak kontinu, $-\infty \leq x \leq \infty$
- π : Nilai konstan yang besarnya 3,1416
- e : Bilangan konstan yang besarnya 2,7183
- μ : Mean/rata-rata
- σ : Simpangan baku/standar deviasi

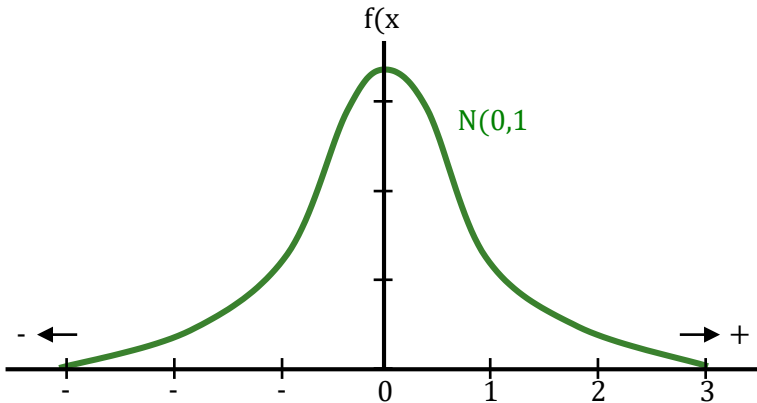
Dari persamaan distribusi normal di atas dapat diturunkan menjadi Distribusi Normal Baku/Standar dimana $\mu = 0$ dan $\sigma = 1$ dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z = \frac{x-\mu}{\sigma} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana,

- Z : Harga Z Score

Pada distribusi normal standart harga x merupakan sumbu simetri yang membagi daerah kurva normal menjadi 2 yang sama besar. Pada bagian kanan sumbu simetri mempunyai harga positif yang besarnya sama dengan 0,50 atau 50% sedangkan pada bagian kiri sumbu simetri mempunyai harga negatif yang besarnya sama dengan sebelah kanan sumbu simetri yaitu 0,50 atau 50%.



Sumber: Martina (2007)

Gambar 6.4 Grafik distribusi normal standar

2. Distribusi Log Normal

Dalam teori peluang distribusi log normal merupakan distribusi dari suatu variabel acak yang logaritmanya berdistribusi normal. Suatu variabel dapat dimodelkan menjadi log normal jika variabel tersebut merupakan hasil perkalian dari banyak variabel acak positif yang saling bebas (Afnaria, 2011). Distribusi log normal biasanya digambarkan sebagai variabel log yang ditransformasi, digunakan sebagai parameter nilai ekspektasi atau mean dan deviasi standar dari distribusinya. Penggambaran ini bisa menguntungkan, karena dari definisinya, distribusi log normal dapat menjadi simetris kembali dalam bentuk log.

Distribusi log normal dihasilkan oleh fungsi e^x , dimana x (variabel acak) seharusnya berdistribusi normal. Dalam logaritma natural dari e^x adalah x , logaritma variabel acak yang terdistribusi secara normal berdistribusi normal. Sebuah variabel X terdistribusi normal jika $Y = \ln(X)$, di mana \ln adalah logaritma natural. $Y = e^x$, jika kedua sisi diasumsikan logaritma natural $\ln Y = \ln e^x$ maka hasilnya $\ln Y = x$. Oleh karena itu, dapat dikatakan, jika X sebagai variabel acak

berdistribusi normal, maka Y berdistribusi log normal. Fungsi kerapatan probabilitas distribusi log normal adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana,

x : Peubah/variabel acak kontinu, $x > 0$

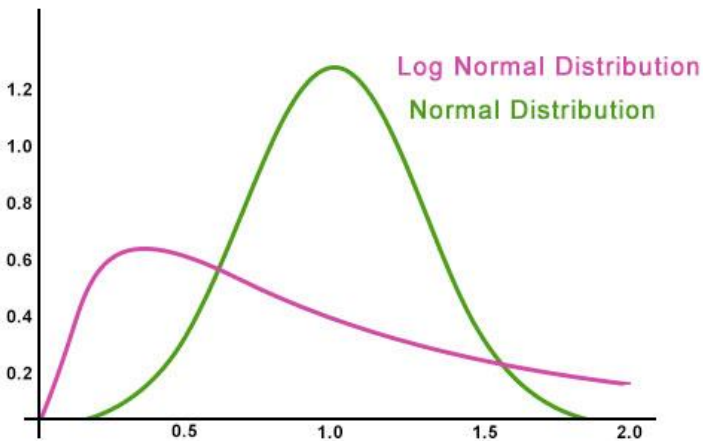
π : Nilai konstan yang besarnya 3,1416

e : Bilangan konstan yang besarnya 2,7183

μ : Mean/rata-rata

σ : Simpangan baku/standar deviasi

Bentuk grafik variabel yang bernilai positif dan distribusi data yang miring ke kiri dari suatu distribusi log normal dapat dilihat pada Gambar berikut:



Sumber: Afnaria (2011)

Gambar 6.5 Grafik distribusi log normal dan distribusi normal

3. Analisis Regresi

Analisis regresi (*regression analysis*) merupakan suatu teknik untuk membangun persamaan dan menggunakan persamaan tersebut untuk membuat perkiraan (*prediction*). Analisis regresi adalah metode statistik yang digunakan untuk menentukan kemungkinan bentuk hubungan antara variabel-variabel dengan tujuan pokok dalam penggunaan metode untuk meramalkan atau memperkirakan nilai dari suatu variabel lain yang diketahui.

Menurut Sugiono (2007), terdapat perbedaan yang mendasar antara analisis korelasi dan regresi. Analisis korelasi digunakan untuk mencari arah dan kuatnya hubungan antara dua variabel atau lebih, baik hubungan yang bersifat simetris, kausal dan reciprocal, sedangkan analisis regresi digunakan untuk memprediksikan seberapa jauh perubahan nilai variabel dependen, bila nilai variabel independen dimanipulasi / dirubah-rubah atau dinaik-turunkan.

Kuatnya hubungan antar variabel yang dihasilkan dari analisis korelasi dapat diketahui berdasarkan besar kecilnya koefisien korelasi yang harganya antara minus satu (-1) sampai dengan plus satu (+1). Koefisien korelasi yang mendekati minus 1 atau plus 1, berarti hubungan variabel tersebut sempurna negatif atau sempurna positif. Bila koefisien korelasi (r) tinggi, pada umumnya koefisien regresi (b) juga tinggi, sehingga daya prediktifnya tinggi. Bila koefisien korelasi minus, maka pada umumnya koefisien regresi juga minus (-) dan sebaliknya. Jadi antara korelasi dan regresi terdapat hubungan yang fungsional sebagai alat untuk analisis (Sugiyono, 2007).

Analisis regresi menghasilkan model regresi dari suatu penelitian yang dilakukan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian kelayakan dari model (*Goodness of Fit Test*) dan pengujian koefisien

yang dihasilkan untuk dapat digunakan sebagai hasil penelitian. Adapun pengujian model regresi sebagai berikut:

a. Uji Chi-Square

Chi-square adalah salah satu jenis uji komparatif non parametris yang dilakukan pada dua variabel, di mana skala data kedua variabel adalah nominal. Uji *chi-square* atau kai-kuadrat digunakan untuk melihat ketergantungan antara variabel bebas dan variabel tergantung berskala nominal atau ordinal. Prosedur uji *chi-square* membuat tabulasi satu atau variabel ke dalam kategori-kategori dan menghitung angka statistik *chi-square*. Untuk satu variabel dikenal sebagai uji keselarasan atau *goodness of fit test* yang berfungsi untuk membandingkan frekuensi yang diamati (f_o) dengan frekuensi yang diharapkan (f_E). Jika terdiri dari 2 variabel dikenal sebagai uji independensi yang berfungsi untuk hubungan dua variabel.

Seperti sifatnya, prosedur uji Chi-Square dikelompokan ke dalam statistik uji non-parametrik yaitu membandingkan frekuensi kategori teoritis (yang diharapkan) dari populasi dengan frekuensi kategori actual (observasi). Perbandingan ini membuktikan apakah frekuensi kategori teoritis sama dengan frekuensi aktual (Nuryadi, *et al.*, 2017). Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk melakukan uji Chi-Square:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana,

- X^2 : Nilai Chi Kuadrat
- O_i : Frekuensi Pengamatan
- E_i : Frekuensi harapan

b. Uji T satu sampel

Pengujian rata-rata satu sampel dimaksudkan untuk menguji nilai tengah atau rata-rata populasi μ sama dengan nilai tertentu μ_0 , lawan hipotesis alternatifnya bahwa nilai tengah atau rata-rata populasi μ tidak sama dengan μ_0 (Nuryadi, et al., 2017). Pengujian satu sampel pada prinsipnya ingin menguji apakah suatu nilai tertentu (yang diberikan sebagai pembanding) berbeda secara nyata atautidak dengan rata-rata sebuah sampel. Nilai tertentu di sini pada umumnya adalah sebuah nilai parameter untuk mengukur suatu populasi. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk melakukan uji T satu sampel:

$$t_{hit} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana,

- t : Nilai t hitung
- \bar{x} : Nilai rata-rata sampel
- μ_0 : Nilai parameter
- s : Standar deviasi sampel
- n : Jumlah sampel

c. Uji Normalitas

Uji normalitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah variabel - variabel dalam penelitian mempunyai sebaran distribusi normal atau tidak. Uji normalitas dalam studi kasus ini menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* yang dihitung menggunakan bantuan SPSS versi 22. Dengan menggunakan SPSS versi 22 untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak hanya dilihat pada baris *Asymp. Sig* (2-

tailed). Jika nilai tersebut kurang dari taraf signifikansi yang ditentukan misalnya 5% maka data tersebut tidak berdistribusi normal, sebaliknya jika nilai *Asymp. Sig* lebih dari atau sama dengan 5% maka data berdistribusi normal (Muhson, 2005).

d. Uji Multikolinieritas

Uji multikolinieritas bertujuan untuk menguji apakah model regresi ditemukan adanya korelasi antar variabel bebas. Model regresi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi diantara variabel bebas. Nilai korelasi tersebut dapat dilihat dari *collinearity statistics*, apabila nilai VIF (*Variance Inflation Factor*) memperlihatkan hasil yang lebih besar dari 10 dan nilai toleransi tidak boleh lebih kecil dari 0,1 maka menunjukkan adanya gejala multikolinieritas, sedangkan apabila nilai VIF kurang dari 10 dan nilai tolerance lebih besar dari 0,1 maka gejala multikolinieritas tidak ada (Gozali, 2011).

e. Uji Heteroskedastisitas

Santosa dan Ashari (2005) mengatakan bahwa salah satu asumsi dalam regresi berganda adalah uji heteroskedastisitas. Asumsi heteroskedastisitas adalah asumsi dalam regresi dimana varians dari residual tidak sama untuk satu pengamatan ke pengamatan yang lain. Jika terdapat perbedaan varians maka dijumpai gejala heteroskedastisitas. Pengujian heteroskedastisitas dilakukan dengan menggunakan uji *Glejser*. Dengan uji *Glejser*, nilai absolut residual diregresikan pada tiap-tiap variabel independen (Gujarati, 2007). Uji heteroskedastisitas dengan *Glejser* dilakukan dengan menggunakan bantuan SPSS versi 22. Dengan menggunakan SPSS versi 22 untuk menafsirkan hasil analisis yang perlu dilihat adalah angka koefisien korelasi antara variabel bebas dengan absolute residu dan signifikansinya. Jika nilai signifikansi tersebut lebih besar atau

sama dengan 0,05 maka asumsi homosedastisitas terpenuhi, tetapi jika nilai signifikansi tersebut kurang dari 0,05 maka asumsi homosedastisitas tidak terpenuhi (Muhson, 2005).



BAB 7

STUDI KASUS DAN APLIKASI

A. Studi Pendahuluan

Penelitian pendahuluan penting dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi di lapangan maupun pada saat analisis sehingga pada penelitian selanjutnya sudah mempunyai pengalaman untuk memudahkan penelitian. Penelitian pendahuluan dilakukan di Kota Denpasar pada 4 simpang bersinyal dengan 6 pendekat yang mempunyai lebar sama antara yang terdapat RHK dengan yang tidak terdapat RHK. Simpang yang terdapat RHK yaitu, Simpang Dewi Sartika (Pendekat Dewi Sartika) dengan lebar pendekat 7 meter, Simpang Dewi Sartika (Pendekat Teuku Umar) dengan lebar pendekat 7 meter, Simpang Kapten Japa (Pendekat Hayam Wuruk (T)) dengan lebar pendekat 5 meter, Sedangkan untuk simpang bersinyal tanpa RHK yaitu, Simpang Kebo Iwa (Pendekat Gatot Subroto Barat (T)) dengan lebar 7 meter, Simpang Kebo Iwa (Pendekat Gatot Subroto Barat (B)) dengan lebar 7 meter,

Simpang Saelus (Pendekat Diponegoro (S)) dengan lebar 5 meter.



Gambar 7.1 Pendekat Dewi Sartika (T) dan Pendekat Teuku Umar (B) di Simpang Dewi Sartika dengan lebar efektif 7 meter dan terdapat RHK



Gambar 7.2 Pendekat Hayam Wuruk (T) dan Pendekat Hayam Wuruk (B) di Simpang Kaptan Japa dengan lebar efektif 5 meter dan terdapat RHK



Gambar 7.3 Pendekat Nangka (U) di Simpang Nangka dan Pendekat Serma Mendra (B) di Simpang Unud dengan lebar efektif 3 meter dan terdapat RHK



Gambar 7.4 Pendekat Gatot Subroto Barat (T) dan Pendekat Gatot Subroto Barat (B) di Simpang Kebo Iwa dengan lebar efektif 7 meter dan tanpa RHK



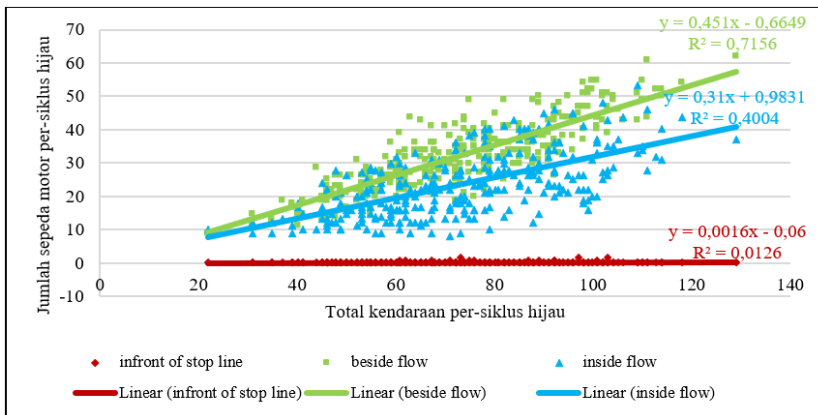
Gambar 7.5 Pendekat Diponegoro (S) di Simpang Saelus dan Supratman (B) di Simpang Surabi dengan lebar efektif 5 meter dan tanpa RHK



Gambar 7.6 Pendekat Saelus di Simpang Saelus dan Buana Raya di Simpang Perumnas dengan lebar efektif 3 meter dan tanpa RHK

B. Proporsi Kendaraan dan Distribusi Perilaku Sepeda Motor

Distribusi perilaku sepeda motor diperoleh berdasarkan hasil survei dalam periode 6 detik, dengan menghitung jumlah sepeda motor sesuai perilaku sepeda motor dalam siklus hijau selama dua jam pada jam sibuk pagi siang sore. Distribusi perilaku menggunakan regresi linier untuk memudahkan interpretasi model dan berdasarkan penelitian sebelumnya sebagian besar menggunakan regresi dengan ketentuan tentunya model tersebut signifikan dan dengan koefisien determinasi yang tinggi. Distribusi perilaku sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*), di luar arus (*beside flow*) dan di dalam arus (*inside flow*) dapat dilihat pada Gambar 7.7, 7.8, 7.9, 7.10, 7.11 dan 7.12.



Gambar 7.7 Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

Berdasarkan Gambar 7.7 dapat diketahui bahwa sepeda motor lebih memilih perilaku *beside flow* atau proporsi sepeda motor lebih tinggi berada di luar arus dibandingkan dengan berada di dalam arus (*inside flow*), ini disebabkan karena padatnya kendaraan sehingga sepeda motor tidak ada celah bermanuver

masuk ke dalam arus. Proporsi sepeda motor di depan garis henti 0,1%, di luar arus 57,69%, dan di dalam arus 42,2%. Hal ini menunjukkan bahwa dari total volume sepeda motor yang melewati simpang bersinyal, lebih dari setengah jumlah sepeda motor berada di samping kendaraan lain (*beside flow*). Persamaan regresi yang ditunjukkan pada Gambar 7.8 juga bisa digunakan untuk memperkirakan volume sepeda motor per siklus hijau. Persamaan regresi adalah sebagai berikut:

$$y_1 = 0,451x - 0,6649 \quad (R^2 = 0,7156)$$

$$y_2 = 0,31x + 0,9831 \quad (R^2 = 0,4004)$$

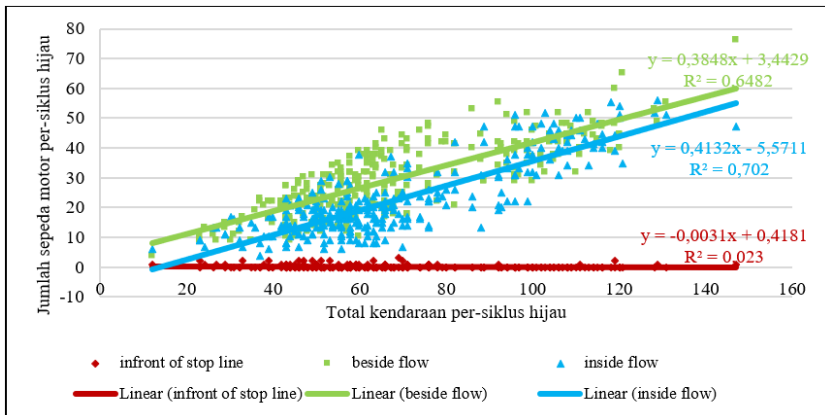
$$y_3 = 0,0016x - 0,06 \quad (R^2 = 0,0126)$$

Dimana,

y_1 = Sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

y_2 = Sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

y_3 = Sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*)



Gambar 7.8 Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

Berdasarkan Gambar 7.8 dapat diketahui bahwa hampir sama dengan Gambar 7.7, sepeda motor lebih memilih perilaku *beside flow* atau proporsi sepeda motor lebih tinggi berada di luar arus dibandingkan dengan berada di dalam arus (*inside flow*), ini disebabkan karena padatnya kendaraan sehingga sepeda motor tidak ada celah bermanuver masuk ke dalam arus dan hampir sama dengan pendekatan Dewi Sartika (Gambar 2.29) dan kedua pendekatan terdapat RHK. Proporsi sepeda motor di depan garis henti 0,3 %, di luar arus 56,57% dan di dalam arus 43,05%. Hal ini menunjukkan bahwa dari total volume sepeda motor yang melewati simpang bersinyal, lebih dari setengah jumlah sepeda motor berada di luar arus. Persamaan regresi yang ditunjukkan pada Gambar 2.30 juga bisa digunakan untuk memperkirakan volume sepeda motor per siklus hijau. Persamaan regresi adalah sebagai berikut:

$$y_1 = 0,3848x + 3,4429 (R^2 = 0,6482)$$

$$y_2 = 0,4132x - 5,5711 (R^2 = 0,702)$$

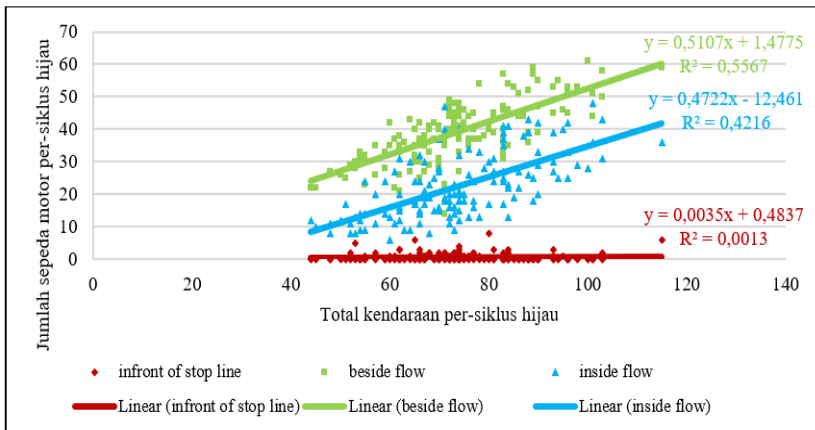
$$y_3 = - 0,0031x + 0,4181 (R^2 = 0,023)$$

Dimana,

y_1 = Sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

y_2 = Sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

y_3 = Sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*)



Gambar 7.9 Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kapten Japa

Berdasarkan Gambar 7.9 dapat diketahui bahwa hampir sama dengan Gambar 7.7 dan 7.8, sepeda motor lebih memilih perilaku *beside flow* atau proporsi sepeda motor lebih tinggi berada di luar arus dibandingkan dengan berada di dalam arus (*inside flow*), ini disebabkan karena padatnya kendaraan sehingga sepeda motor tidak ada celah bermanuver masuk ke dalam arus dan hampir sama dengan pendekat Dewi Sartika (Gambar 7.7), pendekat Teuku Umar (Gambar 7.8) dan ketiga pendekat terdapat RHK. Proporsi sepeda motor di depan garis henti 1,19%, di luar arus 62,89%, dan di dalam arus 35,92%. Hal ini menunjukkan bahwa dari total volume sepeda motor yang melewati simpang bersinyal, lebih dari setengah jumlah sepeda motor berada di samping kendaraan lain (*beside flow*). Persamaan regresi yang ditunjukkan pada Gambar 2.31 juga bisa digunakan untuk memperkirakan volume sepeda motor per siklus hijau. Persamaan regresi adalah sebagai berikut:

$$y_1 = 0,51x + 1,48 \quad (R^2 = 0,5567)$$

$$y_2 = 0,47x - 12,46 \quad (R^2 = 0,4216)$$

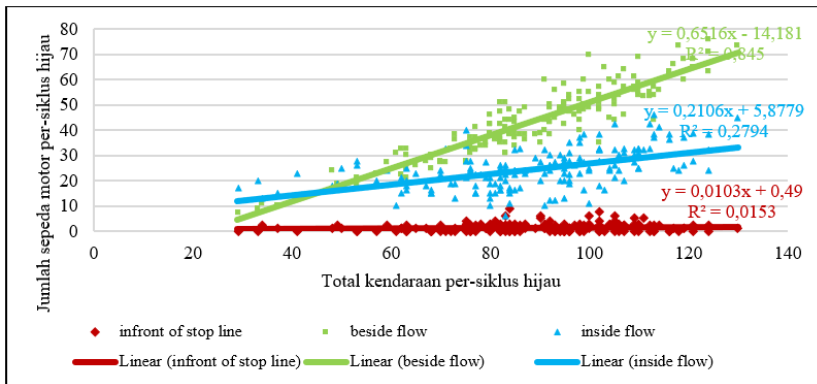
$$y_3 = 0,004x + 0,48 \quad (R^2 = 0,0013)$$

Dimana,

y1 = Sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

y2 = Sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

y3 = Sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*)



Gambar 7.10 Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Gatot Subroto (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

Berdasarkan Gambar 7.10 dapat diketahui bahwa ada perbedaan dari Gambar 7.7, 7.8 dan 7.9 yang terdapat RHK dengan Gambar 7.10 yang tidak ada RHK. Pada Gambar 7.10 pada kondisi lalu lintas yang tidak padat dengan jumlah kendaraan dibawah 50 kendaraan, sepeda motor lebih memilih perilaku *inside flow* dan pada saat lalu lintas semakin padat sepeda motor memilih perilaku *beside flow*. Proporsi sepeda motor lebih tinggi berada di luar arus dibandingkan dengan berada di dalam arus, ini disebabkan karena padatnya kendaraan sehingga sepeda motor tidak ada celah bermanufer masuk ke dalam arus. Proporsi sepeda motor di depan garis henti 0,2%, di luar arus 62,67% dan di dalam arus 35,32%. Hal ini menunjukkan bahwa dari total volume sepeda motor yang melewati simpang bersinyal, lebih dari setengah jumlah sepeda motor berada di luar arus. Persamaan regresi yang ditunjukkan pada Gambar 2.32

juga bisa digunakan untuk memperkirakan volume sepeda motor per siklus hijau. Persamaan regresi adalah sebagai berikut

$$y_1 = 0,6516x - 14,181 \quad (R^2 = 0,845)$$

$$y_2 = 0,2106x + 5,8779 \quad (R^2 = 0,2794)$$

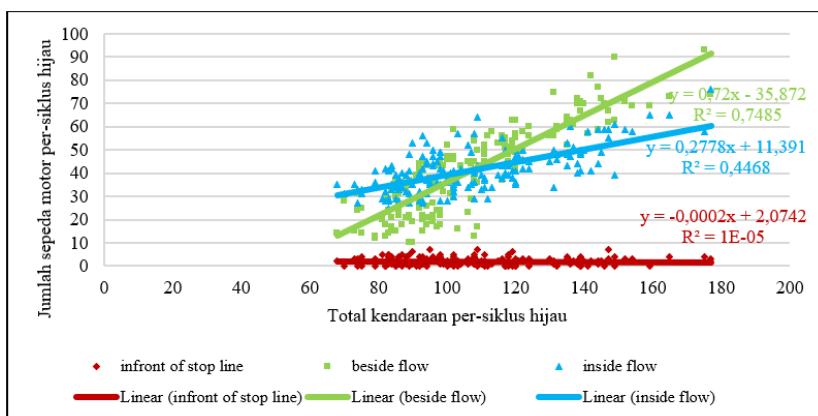
$$y_3 = 0,01103x + 0,49 \quad (R^2 = 0,0153)$$

Dimana,

y_1 = Sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

y_2 = Sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

y_3 = Sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*)



Gambar 7.11 Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Gatot Subroto (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

Berdasarkan Gambar 7.11 dapat diketahui bahwa ada perbedaan dari Gambar 7.7, 7.8 dan 7.9 yang terdapat RHK dengan Gambar 7.10 dan 7.11 yang tidak ada RHK. Pada Gambar 7.11 pada kondisi lalu lintas yang kurang padat dengan jumlah kendaraan dibawah 110 kendaraan, sepeda motor lebih memilih perilaku *inside flow* dan pada saat lalu lintas semakin padat sepeda motor memilih perilaku *beside flow*. Proporsi sepeda motor lebih tinggi berada di luar arus dibandingkan dengan berada di dalam arus, ini disebabkan karena padatnya kendaraan sehingga sepeda motor tidak ada celah

bermanufer masuk ke dalam arus. Proporsi sepeda motor di depan garis henti 2,4 %, di luar arus 49,08%, dan di dalam arus 48,52%. Hal ini menunjukkan bahwa dari total volume sepeda motor yang melewati simpang bersinyal, kurang lebih sama dengan jumlah sepeda motor berada di samping kendaraan lain (*beside flow*). Persamaan regresi yang ditunjukkan pada Gambar 7.11 juga bisa digunakan untuk memperkirakan volume sepeda motor per siklus hijau. Persamaan regresi adalah sebagai berikut:

$$y_1 = 0,72x - 35,872 \quad (R^2 = 0,7485)$$

$$y_2 = 0,2778x + 11,391 \quad (R^2 = 0,4468)$$

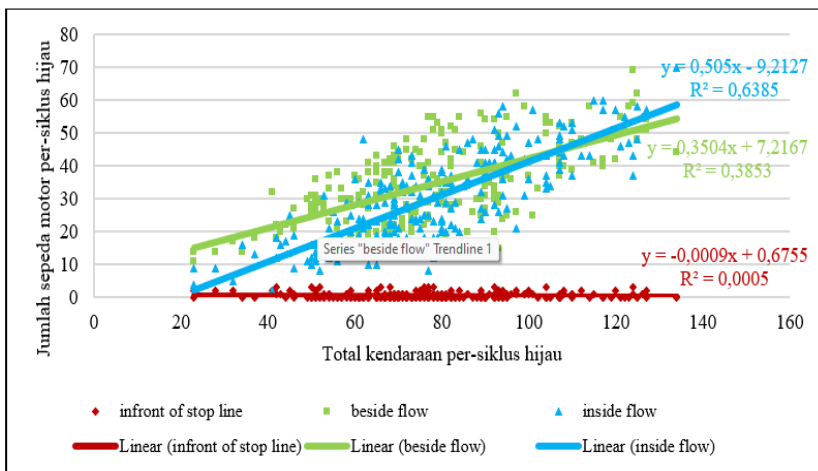
$$y_3 = -0,0002x + 2,0742 \quad (R^2 = 1E-05)$$

Dimana,

y_1 = Sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

y_2 = Sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

y_3 = Sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*)



Gambar 7.12 Distribusi perilaku sepeda motor pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus

Berdasarkan Gambar 7.12 dapat diketahui bahwa ada perbedaan dari Gambar 7.7, 7.8 dan 7.9 yang terdapat RHK dengan

Gambar 7.10, 7.11 dan 7.12 yang tidak ada RHK. Pada Gambar 7.12 pada kondisi lalu lintas yang kurang padat dengan jumlah kendaraan dibawah 110 kendaraan, sepeda motor lebih memilih perilaku *inside flow* dan pada saat lalu lintas semakin padat sepeda motor memilih perilaku *beside flow*. Proporsi sepeda motor lebih tinggi berada di luar arus dibandingkan dengan berada di dalam arus, ini disebabkan karena padatnya kendaraan sehingga sepeda motor tidak ada celah bermanuver masuk ke dalam arus. Proporsi sepeda motor didepan garis henti 0,93%, di luar arus 52,94% dan di dalam arus 46,13%. Hal ini menunjukkan bahwa dari total volume sepeda motor yang melewati simpang bersinyal, kurang lebih sama dengan jumlah sepeda motor berada di samping kendaraan lain (*beside flow*). Persamaan regresi yang ditunjukkan pada Gambar 7.12 juga bisa digunakan untuk memperkirakan volume sepeda motor per siklus hijau. Persamaan regresi adalah sebagai berikut:

$$y_1 = 0,505x - 9,2127 \quad (R^2 = 0,6385)$$

$$y_2 = 0,3504x + 7,2167 \quad (R^2 = 0,3853)$$

$$y_3 = -0,0009x + 0,6755 \quad (R^2 = 0,0005)$$

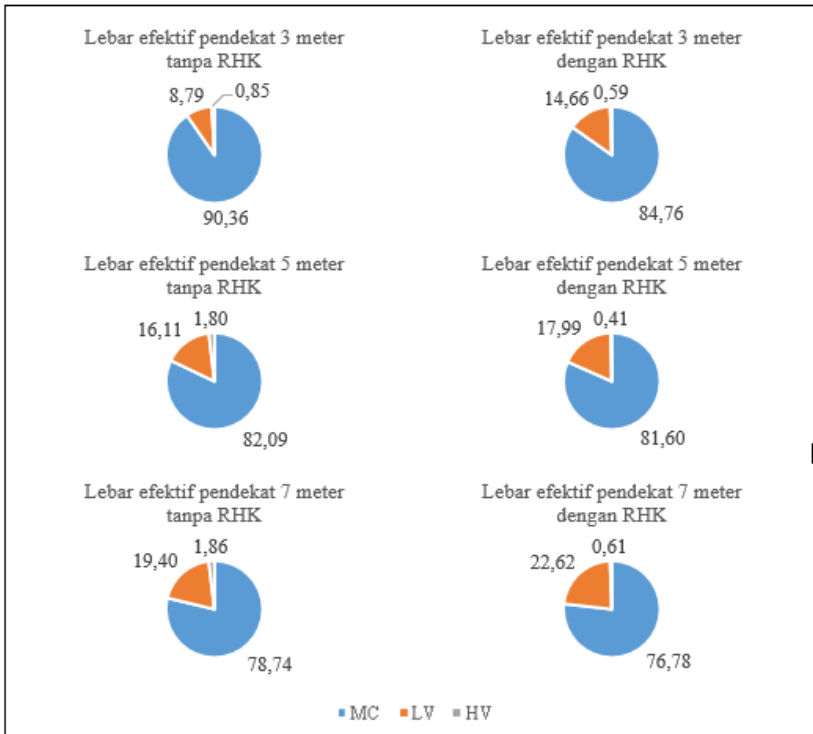
Dimana,

y_1 = Sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

y_2 = Sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

y_3 = Sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*)

Dari hasil survei data perilaku sepeda motor, data kendaraan ringan dan data kendaraan berat digabungkan sesuai dengan klasifikasi lebar efektif pendekat yang geometri maupun proporsi kendaraannya relatif sama yaitu, lebar pendekat 3 meter, lebar pendekat 5 meter dan lebar pendekat 7 meter dengan dan tanpa RHK seperti Gambar 7.13.



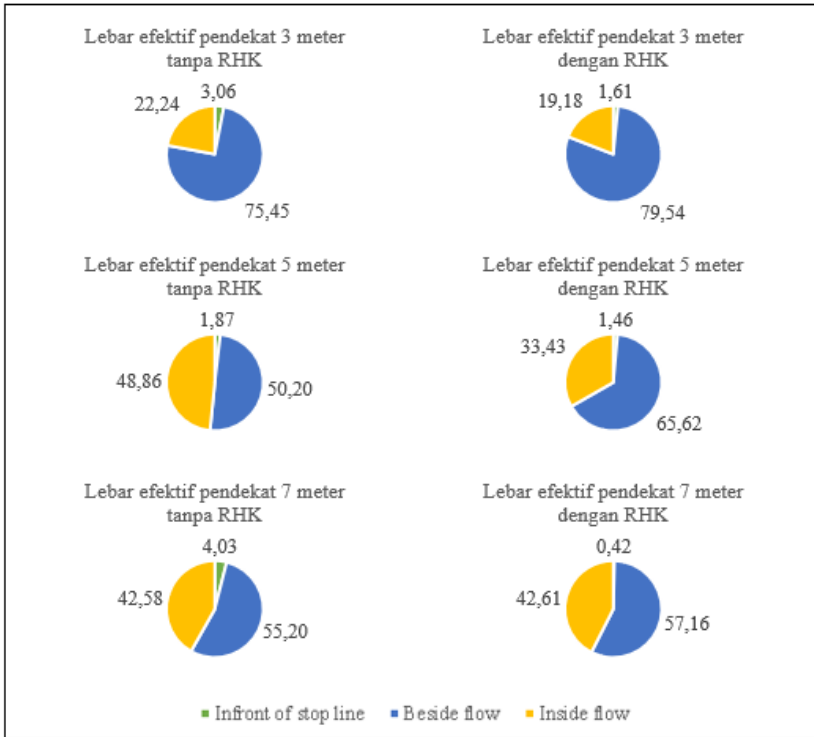
Gambar 7.13 Persentase proporsi kendaraan pada jam sibuk pagi, siang dan sore

Dari Gambar 7.13 dapat dilihat bahwa persentase proporsi sepeda motor hampir sama dengan selisih 1-2 persen antara pendekat dengan RHK maupun tanpa RHK, kecuali untuk lebar pendekat 3 meter terdapat selisih 5,6% dimana persentase sepeda motor pada pendekat tanpa RHK lebih besar daripada pendekat dengan RHK. Gambar 7.13 juga menunjukkan semakin besar lebar lajur semakin kecil volume sepeda motor dan semakin besar lebar lajur semakin besar volume kendaraan ringan baik pendekat dengan RHK maupun tanpa RHK.

Distribusi perilaku sepeda motor di masing-masing pendekat baik dengan RHK maupun tanpa RHK dapat dilihat pada Gambar 7.14. Perilaku sepeda motor yang dimaksud adalah perilaku sepeda

motor *infront of stop line* yaitu sepeda motor berada di depan garis henti, perilaku sepeda motor *beside flow* yaitu sepeda motor berada di luar arus atau Di Samping Kendaraan Lain dan perilaku sepeda motor *inside flow* yaitu sepeda motor berada di dalam arus atau di depan maupun belakang kendaraan lain.

Dari Gambar 7.14 bisa dilihat bahwa sepeda motor cenderung perilakunya *beside flow* (di samping kendaraan lain) baik yang terdapat RHK maupun tanpa RHK, hal itu terjadi dikarenakan sepeda motor lebih bebas bermanuver karena tidak ada kendaraan ringan di depannya. Persentase perilaku sepeda motor *beside flow* lebih besar dari pada *inside flow* pada simpang bersinyal dengan RHK baik lebar pendekat 3 meter, 5 meter maupun 7 meter. Persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* cenderung lebih besar pada pendekat tanpa RHK dari pada dengan RHK, hal tersebut disebabkan tidak ada tempat untuk sepeda motor di depan karena sudah diisi oleh kendaraan ringan maupun berat.



Gambar 7.14 Distribusi perilaku sepeda motor pada masing masing lebar efektif pendekat dengan dan tanpa RHK

Secara umum proporsi sepeda motor mendominasi proporsi kendaraan di Bali, sedangkan perilaku sepeda motor didominasi oleh perilaku sepeda motor di di luar arus (*beside flow*) berbeda dengan di Malaysia, perilaku sepeda motor *inside flow* yang mendominasi (Vien, et al., 2008). Pada pendekat dengan lebar efektif 3 meter tanpa RHK, proporsi sepeda motor 90,36 persen, kendaraan ringan 8,7 persen dan kendaraan berat 0,85 persen. Sedangkan untuk distribusi perilaku sepeda motor adalah 75,45 persen perilakunya adalah *beside flow*, 22,24 persen *inside flow* dan 3,06 persen *infront of stop line*. Pada pendekat dengan lebar efektif 3 meter dengan RHK, proporsi sepeda motor 84,76 persen, kendaraan ringan 14,66 persen dan kendaraan berat 0,59 persen.

Sedangkan untuk distribusi perilaku sepeda motor adalah 79,54 persen perilakunya adalah *beside flow*, 19,18 persen *inside flow* dan 1,61 persen *infront of stop line*. Baik dengan RHK maupun tanpa RHK sepeda motor cenderung memilih perilaku *beside flow* karena lebar efektif pendekat yang kecil posisi *inside flow* sudah dipenuhi oleh kendaraan ringan dan berat. Sepeda motor tetap memilih perilaku *beside flow* karena RHK tidak mampu menampung tingginya jumlah sepeda motor.

Pada pendekat dengan lebar efektif 5 meter tanpa RHK, proporsi sepeda motor 82,09 persen, kendaraan ringan 16,11 persen dan kendaraan berat 1,80 persen. Sedangkan untuk distribusi perilaku sepeda motor adalah 50,20 persen perilakunya adalah *beside flow*, 48,84 persen *inside flow* dan 1,87 persen *infront of stop line*. Pada pendekat dengan lebar efektif 5 meter dengan RHK, proporsi sepeda motor 81,60 persen, kendaraan ringan 17,99 persen dan kendaraan berat 0,41 persen. Sedangkan untuk distribusi perilaku sepeda motor adalah 65,62 persen perilakunya adalah *beside flow*, 33,43 persen *inside flow* dan 1,46 persen *infront of stop line*. Pada pendekat dengan lebar efektif 5 meter tanpa RHK perilaku sepeda motor *beside flow* dan *inside flow* hampir sama hanya selisih 1,34 persen sedangkan yang ada RHK sepeda motor cenderung memilih perilaku *beside flow*, tetapi secara umum perilaku *beside flow* dan *inside flow* sudah hampir sama pada pendekat dengan lebar efektif 5 meter ini, hal ini disebabkan masih ada celah sepeda motor untuk manuver dari *beside flow* ke *inside flow*.

Pada pendekat dengan lebar efektif 7 meter tanpa RHK, proporsi sepeda motor 78,74 persen, kendaraan ringan 19,40 persen dan kendaraan berat 1,86 persen. Sedangkan untuk distribusi perilaku sepeda motor adalah 55,20 persen perilakunya adalah *beside flow*, 42,58 persen *inside flow* dan 4,03 persen *infront of stop line*. Pada pendekat dengan lebar efektif 7 meter dengan RHK, proporsi sepeda motor 76,78 persen, kendaraan ringan 22,62

persen dan kendaraan berat 0,61 persen. Sedangkan untuk distribusi perilaku sepeda motor adalah 57,16 persen perilakunya adalah *beside flow*, 42,61 persen *inside flow* dan 0,42 persen *infront of stop line*. Pada pendekatan dengan lebar efektif 7 meter dengan maupun tanpa RHK perilaku sepeda motor *beside flow* dan *inside flow* hampir sama karena lebar efektif yang luas, sepeda motor leluasa memilih perilaku.

C. Analisis Ekuivalensi Mobil Penumpang Metode Chandra, et al. (2000)

Sebelum menghitung arus jenuh terlebih dahulu ditentukan nilai emp yang digunakan untuk menyetarakan satuan kendaraan, karena dalam penelitian ini tidak mengadopsi emp dari MKJI 1997. Dalam studi pendahuluan ini dicoba menggunakan metode Chandra, et al. (2000) untuk menentukan nilai emp karena beberapa penelitian terdahulu menggunakan metode ini dan dilakukan di Negara yang kondisi lalu lintasnya didominasi oleh sepeda motor seperti India. Nilai emp diperoleh dengan membagi perbandingan dari kecepatan rata-rata kendaraan ringan dan kecepatan rata-rata kendaraan yang ditinjau dengan area kendaraan ringan dan kendaraan yang ditinjau. Kecepatan rata-rata diperoleh dari survei di lapangan pada jam sibuk masing-masing pendekatan dengan membagi jarak (m) dengan waktu tempuh (t) sehingga diperoleh emp seperti Tabel 7.1.

Tabel 7.1 Emp sepeda motor dan kendaraan berat Metode Chandra, et al. (2000)

Simpang	Pendekat	V _{LV}	V _{MC}	V _{HV}	A _{LV}	A _{MC}	A _{HV}	PCE _{MC}	PCE _{HV}
Dewi Sartika	Dewi Sartika (T)	18,61	14,61	17,32	12,18	1,2	31,46	0,13	2,77
Dewi Sartika	Teuku Umar (B)	12,58	9,80	11,75	12,18	1,2	31,46	0,13	2,77

Simpang	Pendekat	V _{LV}	V _{MC}	V _{HV}	ALV	AMC	AHV	PCE _{MC}	PCE _{HV}
Kapten Japa	Hayam Wuruk (T)	18,92	26,80	16,38	12,18	1,2	31,46	0,07	2,98
Kebo Iwa	Gatot Subroto Barat (T)	17,41	12,36	16,95	12,18	1,2	31,46	0,14	2,65
Kebo Iwa	Gatot Subroto Barat (B)	17,15	12,34	16,72	12,18	1,2	31,46	0,14	2,65
Saelus	Diponegoro (S)	14,70	19,27	12,72	12,18	1,2	31,46	0,08	2,98

Dari Tabel 7.1 dapat dilihat bahwa nilai emp menggunakan Metode Chandra, *et al.* (2000), untuk simpang yang ada RHK dengan lebar lajur 7 meter (Pendekat Dewi Sartika dan Teuku Umar) yaitu, emp kendaraan berat sebesar 2,77 dan emp sepeda motor sebesar 0,13. Emp untuk kendaraan berat dan sepeda motor pada simpang dengan lebar lajur 7 meter yang tidak ada RHK (Pendekat Gatot Subroto Barat (T) dan Gatot Subroto Barat (B)) yaitu sebesar 2,65 dan 0,14. Emp untuk kendaraan berat dan sepeda motor pada simpang dengan lebar lajur 5 meter (Pendekat Hayam Wuruk (T)) yang ada RHK yaitu 2,98 dan 0,07. Emp untuk kendaraan berat dan sepeda motor pada simpang dengan lebar lajur 5 meter yang tidak ada RHK (Pendekat Diponegoro (S)) yaitu 2,98 dan 0,08.

D. Analisis Arus Jenuh dengan Metode Time Slice

Pada saat pengamatan rekaman video ATCS sudah dipisahkan berdasarkan perilaku sepeda motor, yaitu sepeda motor di depan garis henti (*infront of stop line*), di luar arus (*beside flow*) dan di dalam arus (*inside flow*). Untuk perilaku sepeda motor di depan garis henti tidak dihitung arus jenuhnya karena proporsi kendaraan sangat kecil dan tidak berpengaruh signifikan. Dari data 6 jam hasil survei hanya dipilih data pada 1 jam puncak yang digunakan dalam analisis selanjutnya untuk masing masing pendekat. Selanjutnya siklus hijau dibagi per *slice* antar 4-6 detik, tergantung pada panjang

siklus hijau yang habis terbagi. Data waktu siklus, waktu hijau, lebar pendekat dan volume kendaraan pada pendekat bisa dilihat pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Lebar pendekat, waktu siklus, waktu hijau dan volume kendaraan

Pendekat		Lebar	Waktu	Waktu	MC	MC	LV	HV
		Pendekat (m)	Siklus (d)	Hijau (d)	<i>inside flow</i>	<i>beside flow</i>		
Dewi Sartika (T)		7	60	28	3.546	2.663	1.364	52
Teuku Umar (B)	Dengan RHK	7	95	46	3.076	2.866	1.635	45
Hayam Wuruk (T)		5	160	40	2.177	1.073	580	5
Gatot Subroto Barat (T)		7	132	34	2.920	1.366	993	69
Gatot Subroto Barat (B)	Tanpa RHK	7	132	34	3.021	2.484	1.113	90
Diponegoro (S)		5	114	58	2.497	2.896	1.048	43

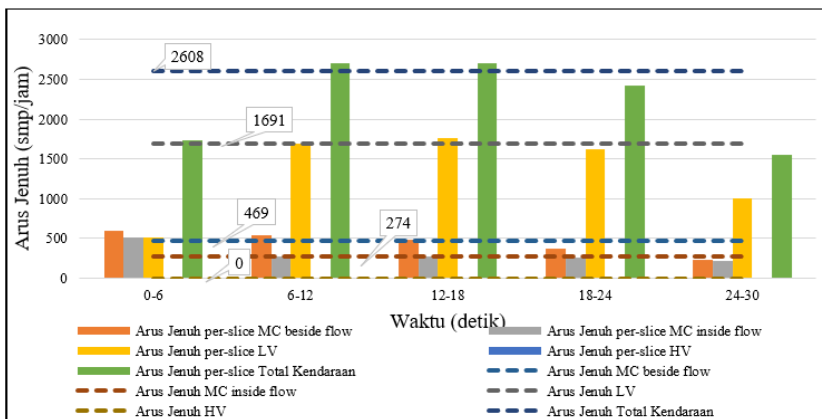
Sebelum melanjutkan ke perhitungan arus jenuh, data hasil konversi emp dieleminasi terlebih dahulu, untuk itu perlu diketahui batasan data yang dipilih. Batas atas adalah rata rata data ditambah standar deviasi dikali nilai kepercayaan 95% ($K=1,96$), sedangkan batas bawah adalah rata rata data dikurangi standar deviasi dikali nilai kepercayaan 95% ($K=1,96$). Arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Arus Jenuh pada Pendekat Dewi Sartika (T) Dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

Waktu hijau Pendekat Dewi Sartika adalah 28 detik dan 2 detik waktu kuning, jadi jumlah *slice* dalam perhitungan arus jenuh Pendekat Dewi Sartika adalah 5 *slice* dengan waktu *slice* 6 detik, diperoleh hasil arus jenuh seperti Tabel 7.3 dan Gambar 7.14.

Tabel 7.3 Arus jenuh pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

Slice	Arus Jenuh MC beside flow (smp/jam)	Arus Jenuh MC inside flow (smp/jam)	Arus Jenuh LV (smp/jam)	Arus Jenuh HV (smp/jam)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	600	514	517	0	1.732
6-12	548	276	1.686	0	2.699
12-18	488	281	1.769	0	2.704
18-24	370	265	1.618	0	2.420
24-30	239	223	1.007	0	1.558
S	469	274	1.691	0	2.608

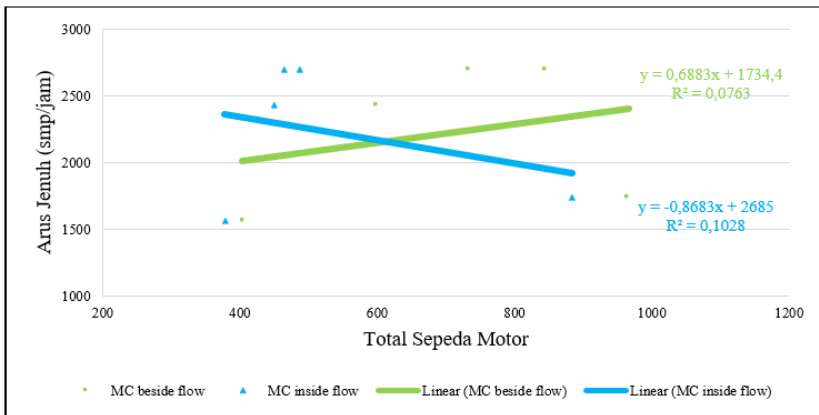


Gambar 7.14 Arus jenuh pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

Dari Tabel 7.3 dan Gambar 7.14 dapat dilihat bahwa arus jenuh sepeda motor *beside flow* sebesar 469 smp/jam, arus jenuh sepeda motor *inside flow* sebesar 274 smp/jam, arus jenuh kendaraan ringan sebesar 1.691 smp/jam, dan arus jenuh kendaraan berat 0 smp/jam, sedangkan total arus jenuh adalah 2.608 smp/jam. Arus jenuh kendaraan berat 0 smp/jam dikarenakan kendaraan berat tidak signifikan jumlahnya melewati pendekat simpang pada saat pengamatan. Hubungan antara perilaku sepeda motor dengan arus jenuh dapat dilihat pada Tabel 7.4 dan Gambar 7.15, dimana perilaku sepeda motor *infront of stop line* tidak dianalisis karena jumlahnya tidak signifikan.

Tabel 7.4 Perilaku sepeda motor pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

<i>Slice</i>	<i>MC beside flow</i> (kendaraan/slice)	<i>MC inside flow</i> (kendaraan/slice)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	966	884	1.732
6-12	845	485	2.699
12-18	732	466	2.704
18-24	599	451	2.420
24-30	404	377	1.558



Gambar 7.15 Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Dewi Sartika (T) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

Dari Gambar 7.15 dapat dilihat bahwa perilaku sepeda motor *inside flow* maupun *beside flow* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh, hal tersebut ditunjukkan dengan nilai dari R^2 sangat kecil yaitu 0,0076 dan 0,10 dengan persamaan regresi sebagai berikut:

$$y_1 = 0,6883x + 1.734,4 \quad (R^2 = 0,0763)$$

$$y_2 = -0,8683x + 2.685 \quad (R^2 = 0,1028)$$

Dimana,

y_1 = sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

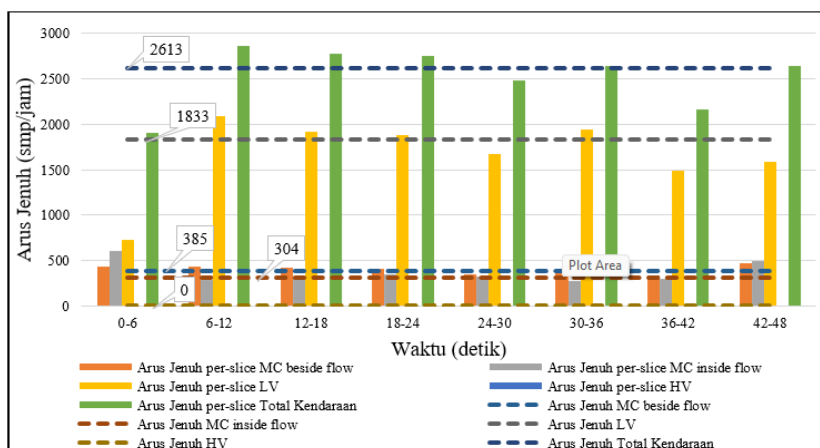
y_2 = sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

2. Arus Jenuh pada Pendekat Teuku Umar (B) Dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

Waktu hijau Pendekat Teuku Umar adalah 46 detik dan 2 detik waktu kuning, jadi jumlah *slice* dalam perhitungan arus jenuh Pendekat Teuku Umar adalah 8 *slice* dengan waktu *slice* 6 detik, diperoleh arus jenuh seperti Tabel 7.5 dan Gambar 7.16.

Tabel 7.5 Arus jenuh pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

<i>Slice</i>	Arus Jenuh MC beside flow (smp/jam)	Arus Jenuh MC inside flow (smp/jam)	Arus Jenuh LV (smp/jam)	Arus Jenuh HV (smp/jam)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	435	602	727	0	1.912
6-12	432	286	2.092	0	2.858
12-18	419	310	1.918	0	2.779
18-24	412	341	1.881	0	2.748
24-30	344	318	1.670	0	2.487
30-36	365	270	1.944	0	2.640
36-42	334	299	1.492	0	2.169
42-48	468	489	1.586	0	2.642
S	385	304	1.833	0	2.613

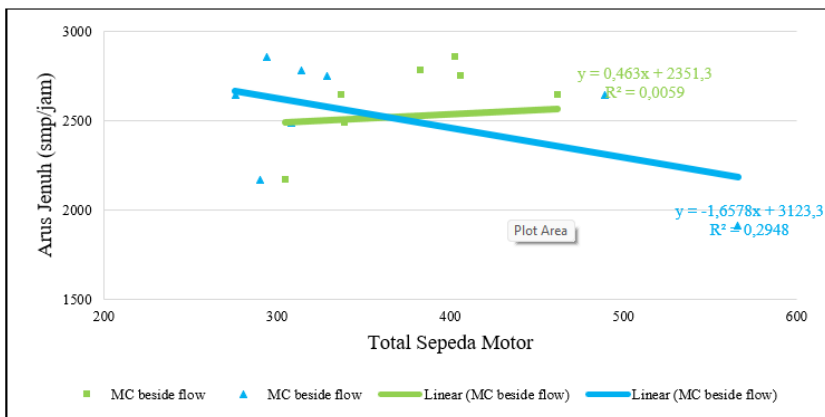


Gambar 7.16 Arus jenuh pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

Dari Tabel 7.5 dan Gambar 7.16 dapat dilihat bahwa arus jenuh sepeda motor *beside flow* sebesar 385 smp/jam, arus jenuh sepeda motor *inside flow* sebesar 304 smp/jam, arus jenuh kendaraan ringan sebesar 1.833 smp/jam, dan arus jenuh kendaraan berat 0 smp/jam, sedangkan total arus jenuh adalah 2.613 smp/jam. Arus jenuh kendaraan berat 0 smp/jam dikarenakan kendaraan berat tidak signifikan jumlahnya melewati pendekat simpang pada saat pengamatan. Hubungan antara perilaku sepeda motor dengan arus jenuh dapat dilihat pada Tabel 7.6 dan Gambar 7.17

Tabel 7.6 Perilaku sepeda motor pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

<i>Slice</i>	<i>MC beside flow</i> (kendaraan/slice)	<i>MC inside flow</i> (kendaraan/slice)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	441	566	1.912
6-12	403	294	2.858
12-18	383	314	2.779
18-24	406	329	2.748
24-30	339	308	2.487
30-36	337	276	2.640
36-42	305	290	2.169
42-48	462	489	2.642



Gambar 7.17 Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Teuku Umar (B) dengan RHK di Simpang Dewi Sartika

Dari Gambar 7.17 dapat dilihat bahwa perilaku sepeda motor *inside flow* maupun *beside flow* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh, hal tersebut ditunjukkan dengan nilai dari R^2 sangat kecil yaitu 0,0059 untuk sepeda motor *beside flow* dan 0,2948 untuk sepeda motor *inside flow* dengan persamaan regresi sebagai berikut:

$$y_1 = 0,463x + 2.351,3 \quad (R^2 = 0,0059)$$

$$y_2 = -1,6578x + 3.123,3 \quad (R^2 = 0,2948)$$

Dimana,

y_1 = sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

y_2 = sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

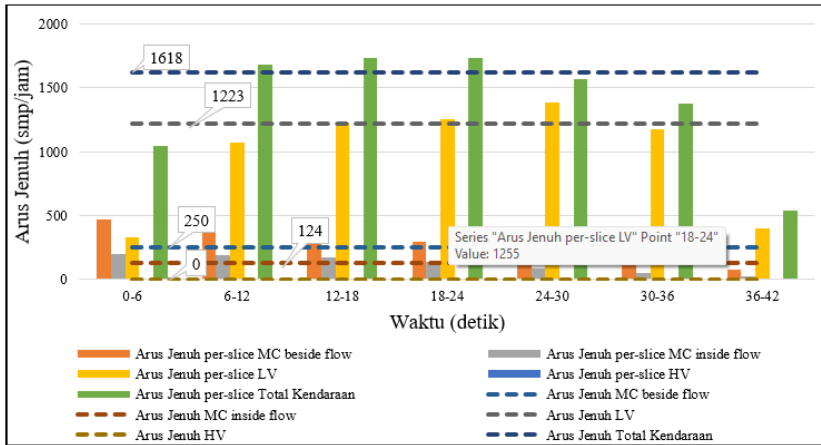
3. Arus Jenuh pada Pendekat Hayam Wuruk (T) Dengan RHK di Simpang Kapten Japa

Waktu hijau Pendekat Hayam Wuruk (T) adalah 40 detik dan 2 detik waktu kuning, jadi jumlah *slice* dalam perhitungan arus jenuh Pendekat Hayam Wuruk (T) adalah 7 *slice* dengan waktu *slice* 6 detik, diperoleh arus jenuh seperti Tabel 7.7 dan Gambar 7.18

Tabel 7.7 Arus jenuh pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kapten Japa

<i>Slice</i>	Arus Jenuh MC <i>beside</i> <i>flow</i> (smp/jam)	Arus Jenuh MC <i>inside</i> <i>flow</i> (smp/jam)	Arus Jenuh LV (smp/jam)	Arus Jenuh HV (smp/jam)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	471	194	325	0	1.042
6-12	415	186	1.075	0	1.680
12-18	280	169	1.227	0	1.735
18-24	290	136	1.255	0	1.732

24-30	135	83	1.383	0	1.569
30-36	129	48	1.176	0	1.375
36-42	72	26	400	0	542
S	250	124	1.223	0	1.618



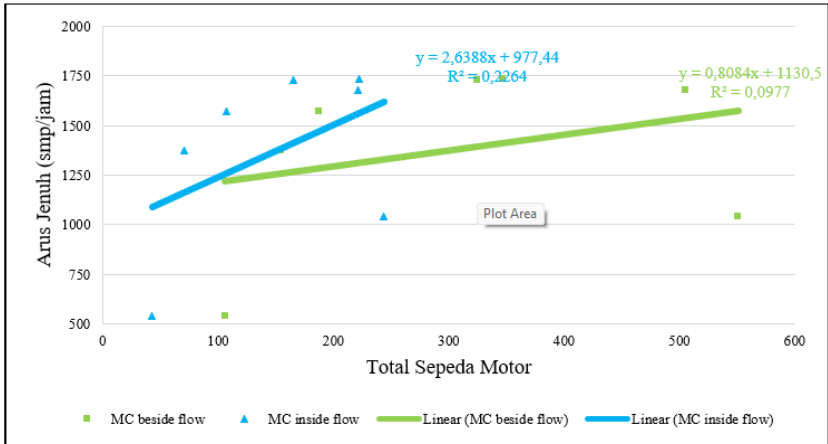
Gambar 7.18 Arus jenuh pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kaptan Japa

Dari Tabel 7.7 dan Gambar 7.18 dapat dilihat bahwa arus jenuh sepeda motor *beside flow* sebesar 250 smp/jam, arus jenuh sepeda motor *inside flow* sebesar 124 smp/jam, arus jenuh kendaraan ringan sebesar 1.223 smp/jam, dan arus jenuh kendaraan berat 0 smp/jam, sedangkan total arus jenuh adalah 1.618 smp/jam. Arus jenuh kendaraan berat 0 smp/jam dikarenakan kendaraan berat tidak signifikan jumlahnya melewati pendekat simpang pada saat pengamatan. Hubungan antara perilaku sepeda motor dengan arus jenuh dapat dilihat pada Tabel 7.8 dan Gambar 7.19.

Tabel 7.8 Perilaku sepeda motor pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kaptan Japa

Slice	MC beside flow (kendaraan/slice)	MC inside flow (kendaraan/slice)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	551	244	1.042
6-12	505	221	1.680

<i>Slice</i>	<i>MC beside flow</i> (kendaraan/slice)	<i>MC inside flow</i> (kendaraan/slice)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
12-18	347	222	1.735
18-24	325	165	1.732
24-30	188	107	1.569
30-36	155	71	1.375
36-42	106	43	542



Gambar 7.19 Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Hayam Wuruk (T) dengan RHK di Simpang Kapten Japa

Dari Gambar 7.19 dapat dilihat bahwa perilaku sepeda motor *inside flow* maupun *beside flow* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh, hal tersebut ditunjukkan dengan nilai dari R^2 sangat kecil yaitu 0,2264 untuk sepeda motor *beside flow* dan 0,0977 untuk sepeda motor *inside flow* dengan persamaan regresi sebagai berikut:

$$y_1 = 0,8084x + 1.130,5 \quad (R^2 = 0,0977)$$

$$y_2 = 2,6388x + 977,44 \quad (R^2 = 0,2264)$$

Dimana,

y_1 = sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

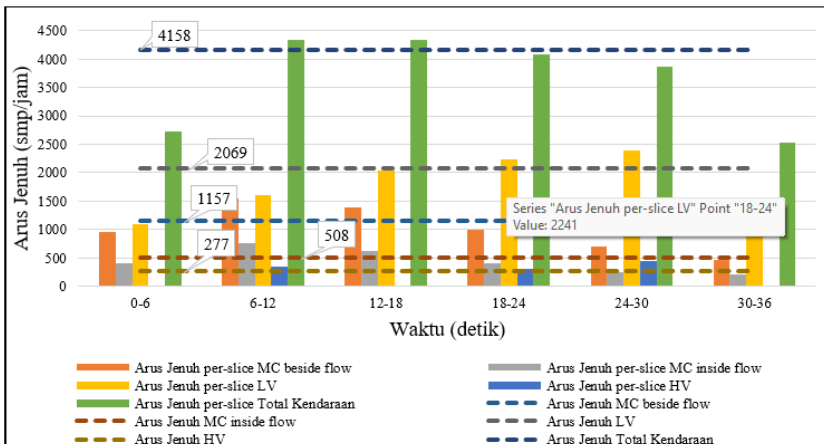
y_2 = sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

4. Arus Jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (T) Tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

Waktu hijau Pendekat Gatot Subroto Barat (T) adalah 34 detik dan 2 detik waktu kuning, jadi jumlah *slice* dalam perhitungan arus jenuh Pendekat Gatot Subroto Barat (T) adalah 6 *slice* dengan waktu *slice* 6 detik, diperoleh arus jenuh seperti Tabel 7.9 dan Gambar 7.20

Tabel 7.9 Arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

<i>Slice</i>	Arus Jenuh MC beside flow (smp/jam)	Arus Jenuh MC inside flow (smp/jam)	Arus Jenuh LV (smp/jam)	Arus Jenuh HV (smp/jam)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	966	413	1.104	0	2.729
6-12	1.553	754	1.600	353	4.345
12-18	1.381	632	2.047	0	4.341
18-24	999	407	2.241	306	4.084
24-30	693	240	2.388	450	3.861
30-36	471	209	1.523	0	2.524
S	1.157	508	2.069	277	4.158

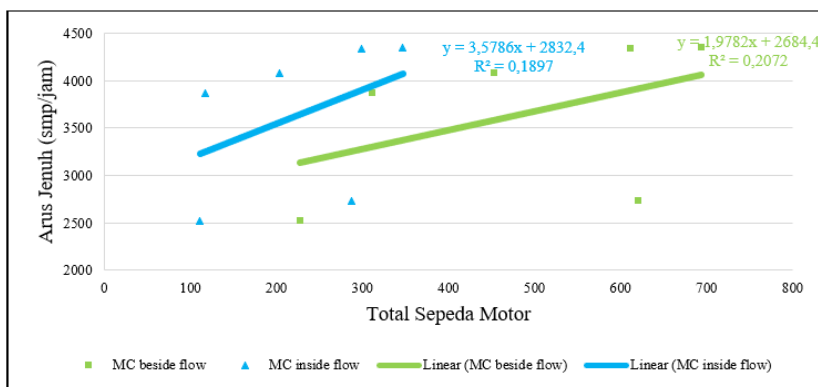


Gambar 7.20 Arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

Dari Tabel 7.9 dan Gambar 7.20 dapat dilihat bahwa arus jenuh sepeda motor *beside flow* sebesar 1.157 smp/jam, arus jenuh sepeda motor *inside flow* sebesar 508 smp/jam, arus jenuh kendaraan ringan sebesar 2.069 smp/jam, dan arus jenuh kendaraan berat 277 smp/jam, sedangkan total arus jenuh adalah 4.158 smp/jam. Hubungan antara perilaku sepeda motor dengan arus jenuh dapat dilihat pada Tabel 7.10 dan Gambar 7.21.

Tabel 7.10 Perilaku sepeda motor pada Pendekat Gatot Subroto Barat (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

<i>Slice</i>	<i>MC beside flow</i> (kendaraan/slice)	<i>MC inside flow</i> (kendaraan/slice)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	621	287	2729
6-12	694	347	4345
12-18	612	299	4341
18-24	453	204	4084
24-30	312	118	3861
30-36	228	111	2524



Gambar 7.21 Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (T) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

Dari Gambar 7.21 dapat dilihat bahwa perilaku sepeda motor *inside flow* maupun *beside flow* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh, hal tersebut ditunjukkan dengan nilai dari R^2 sangat kecil yaitu 0,2072 untuk sepeda motor *beside flow* dan 0,1897 untuk

sepeda motor *inside flow* dengan persamaan regresi sebagai berikut:

$$y_1 = 1,9782x + 2.684,4 \quad (R^2 = 0,2072)$$

$$y_2 = 3,5786x + 2.832,4 \quad (R^2 = 0,1897)$$

Dimana,

y_1 = sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

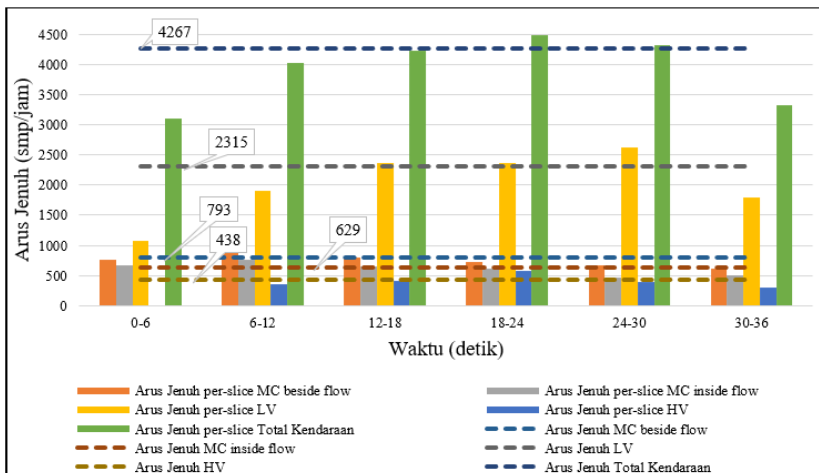
y_2 = sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

5. Arus Jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (B) Tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

Waktu hijau Pendekat Gatot Subroto Barat (B) adalah 34 detik dan 2 detik waktu kuning, jadi jumlah *slice* dalam perhitungan arus jenuh Pendekat Gatot Subroto Barat (B) adalah 6 *slice* dengan waktu *slice* 6 detik, diperoleh arus jenuh seperti Tabel 7.11 dan Gambar 7.22

Tabel 7.11 Arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

<i>Slice</i>	Arus Jenuh MC <i>beside</i> <i>flow</i> (smp/jam)	Arus Jenuh MC <i>inside</i> <i>flow</i> (smp/jam)	Arus Jenuh LV (smp/jam)	Arus Jenuh HV (smp/jam)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	763	669	1.085	0	3.108
6-12	982	771	1.904	353	4.027
12-18	800	655	2.366	420	4.230
18-24	724	614	2.374	581	4.484
24-30	667	474	2.615	398	4.325
30-36	609	509	1.800	306	3.320
S	793	629	2.315	438	4.267

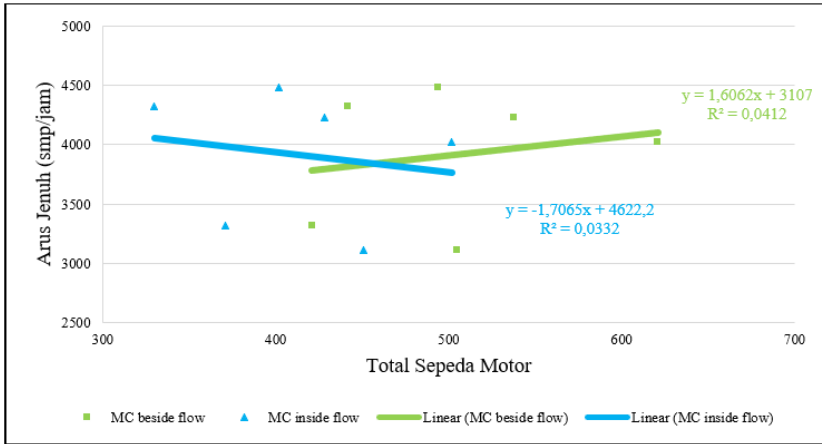


Gambar 7.22 Arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

Dari Tabel 7.11 dan Gambar 7.22 dapat dilihat bahwa arus jenuh sepeda motor *beside flow* sebesar 793 smp/jam, arus jenuh sepeda motor *inside flow* sebesar 629 smp/jam, arus jenuh kendaraan ringan sebesar 2.315 smp/jam, dan arus jenuh kendaraan berat 438 smp/jam, sedangkan total arus jenuh adalah 4.267 smp/jam. Hubungan antara perilaku sepeda motor dengan arus jenuh dapat dilihat pada Tabel 7.12 dan Gambar 7.23.

Tabel 7.12 Perilaku sepeda motor pada Pendekat Gatot Subroto Barat (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

Slice	MC beside flow (kendaraan/slice)	MC inside flow (kendaraan/slice)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	505	451	3.108
6-12	621	502	4.027
12-18	538	428	4.230
18-24	494	402	4.484
24-30	442	330	4.325
30-36	421	371	3.320



Gambar 7.23 Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Gatot Subroto Barat (B) tanpa RHK di Simpang Kebo Iwa

Dari Gambar 7.23 dapat dilihat bahwa perilaku sepeda motor *inside flow* maupun *beside flow* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh, hal tersebut ditunjukkan dengan nilai dari R^2 sangat kecil yaitu 0,0412 untuk sepeda motor *beside flow* dan 0,0332 untuk sepeda motor *inside flow* dengan persamaan regresi sebagai berikut:

$$y_1 = 1,6062x + 3.107 \quad (R^2 = 0,0412)$$

$$y_2 = -1,7065x + 4.622,2 \quad (R^2 = 0,0332)$$

Dimana,

y_1 = sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

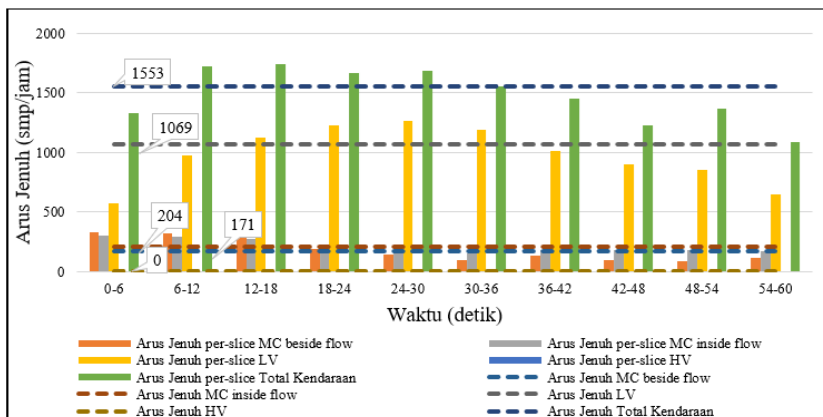
y_2 = sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

6. Arus Jenuh pada Pendekat Diponegoro (S) Tanpa RHK di Simpang Saelus

Waktu hijau Pendekat Diponegoro (S) adalah 58 detik dan 2 detik waktu kuning, jadi jumlah *slice* dalam perhitungan arus jenuh Pendekat Diponegoro (S) adalah 10 *slice* dengan waktu *slice* 6 detik, diperoleh arus jenuh seperti Tabel 7.13 dan Gambar 7.24.

Tabel 7.13 Arus jenuh pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus

Slice	Arus Jenuh MC beside flow (smp/jam)	Arus Jenuh MC inside flow (smp/jam)	Arus Jenuh LV (smp/jam)	Arus Jenuh HV (smp/jam)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	329	303	571	0	1.334
6-12	322	290	977	0	1.724
12-18	295	277	1.123	0	1.738
18-24	190	198	1.229	0	1.665
24-30	146	182	1.263	0	1.689
30-36	98	147	1.190	0	1.552
36-42	131	184	1.016	0	1.454
42-48	96	176	900	0	1.229
48-54	90	181	856	0	1.372
54-60	114	169	650	0	1.087
S	171	204	1.069	0	1.553



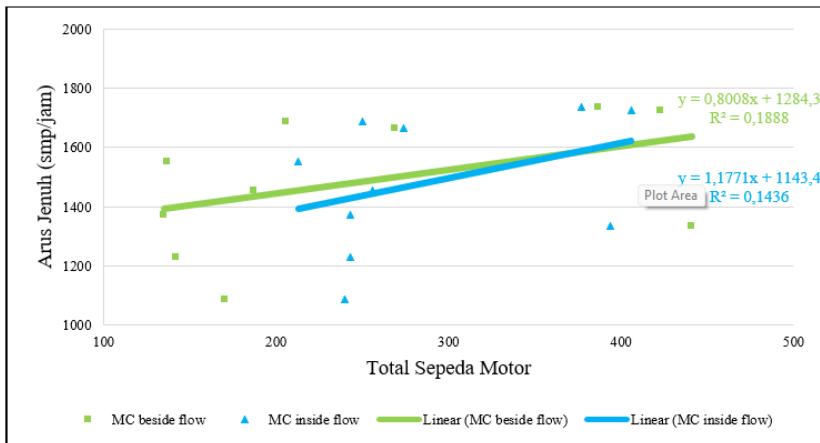
Gambar 7.24 Arus jenuh pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus

Dari Tabel 7.12 dan Gambar 7.24 dapat dilihat bahwa arus jenuh sepeda motor *beside flow* sebesar 171 smp/jam, arus jenuh sepeda motor *inside flow* sebesar 204 smp/jam, arus jenuh kendaraan ringan sebesar 1.069 smp/jam, dan arus jenuh kendaraan berat 0 smp/jam, sedangkan total arus jenuh adalah 1.553 smp/jam.

Arus jenuh kendaraan berat 0 smp/jam dikarenakan kendaraan berat tidak signifikan jumlahnya melewati pendekat simpang pada saat pengamatan. Hubungan antara perilaku sepeda motor dengan arus jenuh dapat dilihat pada Tabel 7.13 dan Gambar 7.25.

Tabel 7.13 Perilaku sepeda motor pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus

<i>Slice</i>	<i>MC beside flow</i> (kendaraan/slice)	<i>MC inside flow</i> (kendaraan/slice)	Arus Jenuh Total Kendaraan (smp/jam)
0-6	441	394	1.334
6-12	423	406	1.724
12-18	387	377	1.738
18-24	269	274	1.665
24-30	206	250	1.689
30-36	137	213	1.552
36-42	187	256	1.454
42-48	142	243	1.229
48-54	135	243	1.372
54-60	170	240	1.087



Gambar 7.25 Pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada Pendekat Diponegoro (S) tanpa RHK di Simpang Saelus

Dari Gambar 7.25 dapat dilihat bahwa perilaku sepeda motor *inside flow* maupun *beside flow* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh, hal tersebut ditunjukkan dengan nilai dari R^2 sangat kecil yaitu 0,1888 untuk sepeda motor *beside flow* dan 0,1436 untuk sepeda motor *inside flow* dengan persamaan regresi sebagai berikut:

$$y_1 = 0,8008x + 1.284,3 \quad (R^2 = 0,1888)$$

$$y_2 = 1,1771x + 1.143,4 \quad (R^2 = 0,1436)$$

Dimana,

y_1 = sepeda motor di luar arus (*beside flow*)

y_2 = sepeda motor di dalam arus (*inside flow*)

Dari studi pendahuluan ini diketahui bahwa distribusi perilaku sepeda motor baik dengan RHK maupun tanpa RHK, sepeda motor lebih memilih posisi di luar arus (*beside flow*), jadi ada dan tidak adanya RHK sepeda motor cenderung berada di samping kendaraan lain (*beside flow*) beda dengan penelitian yang dilakukan Vien, *et al.* (2008), di Malaysia yang menyatakan sepeda motor lebih memilih di dalam arus. Untuk nilai arus jenuh dengan menggunakan metode *time slice* dan dengan emp dari penelitian terdahulu Chandra, *et al.* (2000), diperoleh bahwa hubungan perilaku sepeda motor pada 3 buah simpang dengan RHK dan 3 simpang tanpa RHK hasilnya tidak signifikan mempengaruhi arus jenuh. Hal tersebut dikarenakan emp sepeda motor dari hasil analisis metode dari Chandra, *et al.* (2000) sangat kecil. Model perilaku sepeda motor tidak signifikan dikarenakan variabel x (perilaku sepeda motor) jumlahnya sedikit dimana variabel tersebut diperoleh berdasarkan *slice* (iris) per jam hijau.

Penelitian selanjutnya tidak menggunakan metode Chandra, *et al.* (2000) lagi dalam penentuan nilai emp, tetapi berdasarkan perilaku sepeda motor dari penggabungan beberapa metode dari penelitian terdahulu. Penelitian ini dimulai dari awal, untuk semua pendekat (12 pendekat) untuk lebih meyakinkan signifikansi

pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh pada simpang bersinyal yang terdapat RHK maupun tidak terdapat RHK. Secara umum langkah-langkah penelitian sudah terkonsep seperti penelitian pendahuluan, yang di perbaiki adalah metode yang dipakai dalam penentuan model dan emp berdasarkan perilaku sepeda motor.

E. Analisis Arus Jenuh dengan Discharge Headway

Sebagaimana telah dijelaskan pada Bab 2 Halaman 12, *discharge headway* merupakan interval waktu antara dua kendaraan yang melintas pada titik pengamatan secara berurutan di simpang bersinyal. Dalam analisis arus jenuh data *headway* diuji terlebih dahulu menggunakan program *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) untuk menguji apakah data *headway* terdistribusi normal atau tidak. Bentuk distribusi data dapat diketahui melalui perhitungan statistik dengan pendekatan *Shapiro-Wilk* atau *Kolmogorov Smirnov*. Data yang berjumlah kurang dari 50 menggunakan pendekatan *Shapiro-Wilk*, sedangkan yang lebih dari 50 menggunakan *Kolmogorov-Smirnov*. Data dikatakan berdistribusi normal jika nilai signifikansi dari uji statistik tersebut lebih besar dari 0,05. Contoh penentuan distribusi data pada pendekatan dengan lebar efektif 3 meter tanpa RHK dapat dilihat pada Tabel 7.13.

Tabel 7.13 Penentuan normalitas distribusi discharge headway

Tests of Normality Waktu	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
07.00-07.10	0,202	194	0,000	0,820	194	0,000
07.10-07.20	0,258	236	0,000	0,770	236	0,000
07.20-07.30	0,264	248	0,000	0,665	248	0,000
07.30-07.40	0,231	338	0,000	0,584	338	0,000
07.40-07.50	0,232	333	0,000	0,679	333	0,000
07.50-08.00	0,221	318	0,000	0,746	318	0,000
08.00-08.10	0,204	335	0,000	0,759	335	0,000
08.10-08.20	0,192	312	0,000	0,760	312	0,000

Tests of Normality Waktu	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
08.20-08.30	0,174	322	0,000	0,799	322	0,000
08.30-08.40	0,197	259	0,000	0,755	259	0,000
08.40-08.50	0,243	273	0,000	0,697	273	0,000
08.50-09.00	0,199	258	0,000	0,759	258	0,000
12.00-12.10	0,175	236	0,000	0,802	236	0,000
12.10-12.20	0,193	229	0,000	0,805	229	0,000
12.20-12.30	0,197	249	0,000	0,781	249	0,000
12.30-12.40	0,221	251	0,000	0,743	251	0,000
12.40-12.50	0,215	237	0,000	0,705	237	0,000
12.50-13.00	0,195	247	0,000	0,770	247	0,000
13.00-13.10	0,216	221	0,000	0,741	221	0,000
13.10-13.20	0,171	232	0,000	0,815	232	0,000
13.20-13.30	0,185	236	0,000	0,798	236	0,000
13.30-13.40	0,175	269	0,000	0,757	269	0,000
13.40-13.50	0,189	226	0,000	0,765	226	0,000
13.50-14.00	0,207	250	0,000	0,727	250	0,000
16.00-16.10	0,204	251	0,000	0,718	251	0,000
16.10-16.20	0,209	217	0,000	0,729	217	0,000
16.20-16.30	0,231	254	0,000	0,722	254	0,000
16.30-16.40	0,246	246	0,000	0,725	246	0,000
16.40-16.50	0,219	270	0,000	0,667	270	0,000
16.50-17.00	0,241	244	0,000	0,729	244	0,000
17.00-17.10	0,222	268	0,000	0,698	268	0,000
17.10-17.20	0,232	265	0,000	0,704	265	0,000
17.20-17.30	0,204	308	0,000	0,711	308	0,000
17.30-17.40	0,239	283	0,000	0,730	283	0,000
17.40-17.50	0,217	264	0,000	0,772	264	0,000
17.50-18.00	0,198	261	0,000	0,721	261	0,000

Dari Tabel 7.13 nilai signifikansi dari uji statistik *Shapiro-Wilk* adalah 0,00 dengan demikian semua data *discharge headway* terdistribusi tidak normal. Sesuai dengan uraian pada Bab II, III dan IV, data yang berdistribusi normal selanjutnya dihitung arus jenuhnya dengan persamaan S (Persamaan 2.20 pada BAB 2 Halaman 26), sedangkan data yang berdistribusi tidak normal dihitung dengan rumus S₁ (Persamaan 2.21, pada BAB 2 Halaman 26), S₂ (Persamaan 2.22 pada BAB 2 Halaman 27), atau S₃ (Persamaan 2.23 pada BAB 2 Halaman 27).

Berdasarkan hasil analisis awal nilai arus jenuh pada S1, S2 dan S3 diperoleh nilai arus jenuh yang hampir serupa. Hasil ini juga diperkuat oleh (Shao dan Liu, 2012) yang melakukan simulasi pada perhitungan dengan pendekatan rumus S1, S2 dan S3. Contoh perhitungan penentuan nilai S3 untuk pendekatan dengan lebar efektif 3 meter tanpa RHK dapat dilihat pada Tabel 7.14.

Tabel 7.14 Analisis arus jenuh lebar pendekat 3 meter tanpa RHK

Waktu	Rerata	Varians	DF	Kol	S ₃ (kend/10 menit)
07.00-07.10	2,080	1,435	194	0,000	333
07.10-07.20	1,532	1,058	236	0,000	472
07.20-07.30	1,555	1,767	248	0,000	507
07.30-07.40	1,451	1,795	338	0,000	563
07.40-07.50	1,263	1,328	333	0,000	643
07.50-08.00	1,397	1,202	318	0,000	546
08.00-08.10	1,371	0,995	335	0,000	541
08.10-08.20	1,317	0,967	312	0,000	569
08.20-08.30	1,437	1,131	322	0,000	520
08.30-08.40	1,209	0,920	259	0,000	634
08.40-08.50	1,415	1,303	273	0,000	545
08.50-09.00	1,580	1,445	258	0,000	477
12.00-12.10	1,646	1,153	236	0,000	435
12.10-12.20	1,569	1,198	229	0,000	466
12.20-12.30	1,434	1,151	249	0,000	523
12.30-12.40	1,360	1,058	251	0,000	553
12.40-12.50	1,559	1,518	237	0,000	490
12.50-13.00	1,545	1,190	247	0,000	476
13.00-13.10	1,563	1,741	221	0,000	502
13.10-13.20	1,742	1,330	232	0,000	413
13.20-13.30	1,572	1,460	236	0,000	481
13.30-13.40	1,457	1,169	269	0,000	513
13.40-13.50	1,641	1,448	226	0,000	453
13.50-14.00	1,620	1,798	250	0,000	481
16.00-16.10	1,456	1,557	251	0,000	542
16.10-16.20	1,370	1,260	217	0,000	566
16.20-16.30	1,368	1,086	254	0,000	551
16.30-16.40	1,195	0,927	246	0,000	645
16.40-16.50	1,665	1,959	270	0,000	471

Waktu	Rerata	Varians	DF	Kol	S ₃ (kend/10 menit)
16.50-17.00	1,571	1,331	244	0,000	474
17.00-17.10	1,565	1,647	268	0,000	496
17.10-17.20	1,201	1,084	265	0,000	661
17.20-17.30	1,365	1,539	308	0,000	594
17.30-17.40	1,388	1,510	283	0,000	577
17.40-17.50	1,455	1,211	264	0,000	517
17.50-18.00	1,574	1,409	261	0,000	477

Dari distribusi data ditemukan semua data pada lebar efektif pendekat 3 meter, 5 meter dan 7 meter terdistribusi tidak normal sehingga pada analisis ini menggunakan rumus S₃. S₃ adalah pengembangan akhir dari rumus sebelumnya dimana rumus S₃ mengakomodasi ukuran pemusatan (rerata) dan penyebaran data (*varians*). Nilai arus jenuh masing-masing lebar efektif pendekat baik yang terdapat RHK maupun tanpa RHK ditunjukkan pada Tabel 7.15-7.21.

Pada Tabel 7.15 bisa dilihat bahwa arus jenuh paling tinggi pada jam sibuk pagi adalah pukul 07.40 sampai 08.40 wita sebesar 3.452 kend/jam, jam sibuk siang pada pukul 12.00 sampai 13.00 wita sebesar 3.179 kend/jam dan jam sibuk sore pada pukul 17.00 sampai 18.00 wita sebesar 3.037 kend/jam. Dari ketiga jam sibuk arus jenuh paling kecil terjadi pada jam sibuk sore pukul 16.30 wita sampai 17.30 wita, yaitu sebesar 2.839 kend/jam, sedangkan arus jenuh tertinggi terjadi pada jam sibuk pagi pukul 07.40 wita sampai 08.40 wita, dengan nilai arus jenuh sebesar 3.452 kend/jam. Jumlah sepeda motor sesuai dengan perilaku berbeda-beda setiap jam, untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku sepeda motor *infront of stop line* terbanyak terjadi pada jam sibuk siang pukul 12.40 wita sampai dengan 13.40 wita sebanyak 52 sepeda motor. Jumlah sepeda motor dengan perilaku *beside flow* terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.30 wita sampai 08.30 wita sebanyak 1.419 sepeda motor dan untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku

inside flow terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.10 wita sampai 08.10 wita sebanyak 537 sepeda motor.

Tabel 7.15 Nilai arus jenuh pada lebar efektif 3 meter tanpa RHK

Waktu	MC Infront of stop line (kend)	MC Beside flow (kend)	MC Inside flow (kend)	Arus Jenuh (S ₃) (kend/jam)
07.00-08.00	38	1.189	509	3.064
07.10-08.10	35	1.346	537	3.272
07.20-08.20	33	1.415	526	3.369
07.30-08.30	29	1.419	494	3.381
07.40-08.40	26	1.369	440	3.452
07.50-08.50	29	1.316	372	3.354
08.00-09.00	40	1.242	339	3.285
12.00-13.00	41	1.140	309	3.179
12.10-13.10	40	1.058	292	3.077
12.20-13.20	45	974	295	3.080
12.30-13.30	50	923	293	3.000
12.40-13.40	52	898	275	2.945
12.50-13.50	47	884	272	2.944
13.00-14.00	48	864	265	3.011
16.00-17.00	47	861	258	2.957
16.10-17.10	48	864	239	2.916
16.20-17.20	43	876	222	2.876
16.30-17.30	42	814	203	2.839
16.40-17.40	36	780	207	2.844
16.50-17.50	32	860	210	2.884
17.00-18.00	36	921	240	3.037

Pada Tabel 7.16 bisa dilihat bahwa arus jenuh paling tinggi pada jam sibuk pagi adalah pukul 07.30 sampai 08.30 wita sebesar 3.707 kend/jam, jam sibuk siang pada pukul 12.00 sampai 13.00 wita sebesar 3.506 kend/jam dan jam sibuk sore pada pukul 17.00 sampai 18.00 wita sebesar 3.243 kend/jam. Dari ketiga jam sibuk, arus jenuh paling kecil terjadi pada jam sibuk sore pukul 16.40 wita sampai 17.40 wita, yaitu sebesar 3.112 kend/jam, sedangkan arus jenuh tertinggi terjadi pada jam sibuk pagi pukul

07.30 wita sampai 08.30 wita, dengan nilai arus jenuh sebesar 3.707 kend/jam. Jumlah sepeda motor sesuai dengan perilaku berbeda-beda setiap jam, untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku sepeda motor *infront of stop line* terbanyak terjadi pada jam sibuk sore pukul 16.00 wita sampai dengan 17.00 wita sebanyak 42 sepeda motor. Jumlah sepeda motor dengan perilaku *beside flow* terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.40 wita sampai 08.40 wita sebanyak 1.467 sepeda motor dan untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku *inside flow* jumlah sepeda motor terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.10 wita sampai 08.10 wita sebanyak 433 sepeda motor.

Tabel 7.16 Nilai arus jenuh pada lebar efektif 3 meter dengan RHK

Waktu	MC Infront of stop line (kend)	MC Beside flow (kend)	MC Inside flow (kend)	Arus Jenuh (S ₃) (kend/jam)
07.00-08.00	6	1216	413	3.383
07.10-08.10	7	1357	433	3.493
07.20-08.20	6	1462	441	3.663
07.30-08.30	7	1450	420	3.707
07.40-08.40	8	1467	397	3.702
07.50-08.50	10	1413	367	3.658
08.00-09.00	10	1355	342	3.604
12.00-13.00	10	1268	313	3.506
12.10-13.10	13	1197	298	3.377
12.20-13.20	19	1120	267	3.304
12.30-13.30	27	1036	243	3.152
12.40-13.40	31	982	223	3.126
12.50-13.50	36	945	233	3.147
13.00-14.00	41	959	252	3.163
16.00-17.00	42	933	250	3.157
16.10-17.10	35	930	261	3.133
16.20-17.20	29	939	254	3.141
16.30-17.30	28	940	247	3.123
16.40-17.40	25	919	227	3.112
16.50-17.50	22	950	216	3.190
17.00-18.00	19	977	220	3.243

Pada pendekatan dengan lebar efektif 3 meter baik dengan RHK maupun tanpa RHK, perilaku *beside flow* terbanyak hampir sama jamnya sedangkan untuk perilaku *inside flow* persis sama jam terjadinya. Untuk jam puncak juga hampir sama terjadinya hanya selisih 10 menit antara yang ada RHK maupun tanpa RHK.

Tabel 7.17 Nilai arus jenuh pada lebar efektif 5 meter tanpa RHK

Waktu	MC Infront of stop line (kend)	MC Beside flow (kend)	MC Inside flow (kend)	Arus Jenuh (S ₃) (kend/jam)
07.00-08.00	21	906	718	2.192
07.10-08.10	24	1.048	754	2.387
07.20-08.20	22	1.198	806	2.544
07.30-08.30	32	1.261	894	2.789
07.40-08.40	32	1.329	1.002	3.023
07.50-08.50	30	1.317	1.092	3.267
08.00-09.00	34	1.237	1.119	3.221
12.00-13.00	34	1.179	1.136	3.217
12.10-13.10	35	1.086	1.140	3.166
12.20-13.20	28	1.010	1.137	3.087
12.30-13.30	27	902	1.162	2.913
12.40-13.40	26	859	1.123	2.687
12.50-13.50	24	888	1.166	2.720
13.00-14.00	23	866	1.261	2.645
16.00-17.00	17	839	1.334	2.572
16.10-17.10	17	866	1.266	2.518
16.20-17.20	17	916	1.163	2.410
16.30-17.30	19	949	1.092	2.337
16.40-17.40	18	973	1.033	2261
16.50-17.50	16	1.146	1.078	2332
17.00-18.00	18	1.254	1.186	2384

Dari Tabel 7.18 bisa dilihat bahwa arus jenuh paling tinggi pada jam sibuk pagi adalah pukul 07.50 sampai 08.50 wita sebesar 3.267 kend/jam, jam sibuk siang pada pukul 12.00 sampai 13.00 wita sebesar 3.217 kend/jam dan jam sibuk sore pada pukul 16.00 sampai 17.00 wita sebesar 2.572 kend/jam. Dari ketiga jam sibuk arus jenuh paling kecil terjadi pada jam sibuk pagi pukul 07.00 wita sampai 08.00 wita, yaitu sebesar 2.192 kend/jam, sedangkan arus

jenuh tertinggi terjadi pada jam sibuk pagi pukul 07.50 wita sampai 08.50 wita, dengan nilai arus jenuh sebesar 3.267 kend/jam. Jumlah sepeda motor sesuai dengan perilaku berbeda-beda setiap jam, untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku sepeda motor *infront of stop line* terbanyak terjadi pada jam sibuk siang pada pukul 12.10 wita sampai dengan 13.10 wita sebanyak 35 sepeda motor. Jumlah sepeda motor dengan perilaku *beside flow* terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.40 wita sampai 08.40 wita sebanyak 1.329 sepeda motor dan untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku *inside flow* jumlah sepeda motor terbanyak pada jam sibuk siang pukul 13.00 wita sampai 14.00 wita sebanyak 1.261 sepeda motor.

Tabel 7.18 Nilai arus jenuh pada lebar efektif 5 meter dengan RHK

Waktu	MC Infront of stop line (kend)	MC Beside flow (kend)	MC Inside flow (kend)	Arus Jenuh (S ₃) (kend/jam)
07.00-08.00	12	1.219	479	2.938
07.10-08.10	12	1.126	443	2.950
07.20-08.20	18	1.081	431	2.951
07.30-08.30	17	1.070	444	2.995
07.40-08.40	19	1.069	465	3.073
07.50-08.50	20	1.104	473	3.161
08.00-09.00	20	1.073	500	3.184
12.00-13.00	24	1.112	527	3.237
12.10-13.10	23	1.145	555	3.291
12.20-13.20	20	1.166	571	3.328
12.30-13.30	19	1.178	580	3.367
12.40-13.40	18	1.124	601	3.379
12.50-13.50	21	1.143	634	3.392
13.00-14.00	18	1.143	628	3.356
16.00-17.00	16	1.140	619	3.346
16.10-17.10	20	1.104	597	3.314
16.20-17.20	25	1.077	587	3.328
16.30-17.30	28	1.113	581	3.289
16.40-17.40	29	1.119	545	3.307
16.50-17.50	28	1.109	541	3.370
17.00-18.00	26	1.085	547	3.398

Dari Tabel 7.19 bisa dilihat bahwa arus jenuh paling tinggi pada jam sibuk pagi adalah pukul 08.00 sampai 09.00 wita sebesar 3.184 kend/jam, jam sibuk siang pada pukul 12.50 sampai 13.50 wita sebesar 3.392 kend/jam dan jam sibuk sore pada pukul 17.00 sampai 18.00 wita sebesar 3.398 kend/jam. Dari ketiga jam sibuk arus jenuh paling kecil terjadi pada jam sibuk pagi pukul 07.00 wita sampai 08.00 wita, yaitu sebesar 2.938 kend/jam, sedangkan arus jenuh tertinggi terjadi pada jam sibuk sore pukul 17.00 wita sampai 18.00 wita, dengan nilai arus jenuh sebesar 3.398 kend/jam. Jumlah sepeda motor sesuai dengan perilaku berbeda-beda setiap jam, untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku sepeda motor *infront of stop line* terbanyak terjadi pada jam sibuk pagi pukul 07.00 wita sampai dengan 08.00 wita sebanyak 12 sepeda motor. Jumlah sepeda motor dengan perilaku *beside flow* terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.00 wita sampai 08.00 wita sebanyak 1.219 sepeda motor dan untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku *inside flow* jumlah sepeda motor terbanyak pada jam sibuk siang pukul 12.50 wita sampai 13.50 wita sebanyak 634 sepeda motor.

Tabel 7.19 Nilai arus jenuh pada lebar efektif 7 meter tanpa RHK

Waktu	MC <i>Infront of stop line</i> (kend)	MC <i>Beside flow</i> (kend)	MC <i>Inside flow</i> (kend)	Arus Jenuh (S ₃) (kend/jam)
07.00-08.00	19	1.195	941	3.321
07.10-08.10	21	1.337	961	3.267
07.20-08.20	17	1.386	957	3.219
07.30-08.30	20	1.422	986	3.096
07.40-08.40	19	1.373	961	3.016
07.50-08.50	19	1.385	943	2.950
08.00-09.00	20	1.367	942	2.854
12.00-13.00	25	1.238	956	2.680
12.10-13.10	36	1.137	941	2.569
12.20-13.20	41	1.003	868	2.555
12.30-13.30	51	932	893	2.494
12.40-13.40	57	825	876	2.407

Waktu	MC Infront of stop line (kend)	MC Beside flow (kend)	MC Inside flow (kend)	Arus Jenuh (S ₃) (kend/jam)
12.50-13.50	60	753	857	2.380
13.00-14.00	60	770	852	2.569
16.00-17.00	57	808	851	2.679
16.10-17.10	58	826	856	2.727
16.20-17.20	67	829	829	2.843
16.30-17.30	66	820	817	2.983
16.40-17.40	70	780	785	3.115
16.50-17.50	68	876	747	2.953
17.00-18.00	67	981	762	2.918

Dari Tabel 7.20 bisa dilihat bahwa arus jenuh paling tinggi pada jam sibuk pagi adalah pukul 07.00 sampai 08.00 wita sebesar 3.321 kend/jam, jam sibuk siang pada pukul 12.00 sampai 13.00 wita sebesar 2.680 kend/jam dan jam sibuk sore pada pukul 16.30 sampai 17.30 wita sebesar 2.983 kend/jam. Dari ketiga jam sibuk, arus jenuh paling kecil terjadi pada jam sibuk siang pukul 12.50 wita sampai 13.50 wita, yaitu sebesar 2.380 kend/jam, sedangkan arus jenuh tertinggi terjadi pada jam sibuk pagi pukul 07.00 wita sampai 08.00 wita, dengan nilai arus jenuh sebesar 3.321 kend/jam. Jumlah sepeda motor sesuai dengan perilaku berbeda-beda setiap jam, untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku sepeda motor *infront of stop line* terbanyak terjadi pada jam sibuk sore pukul 16.40 wita sampai dengan 17.40 wita sebanyak 70 sepeda motor. Jumlah sepeda motor dengan perilaku *beside flow* terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.30 wita sampai 08.30 wita sebanyak 1.422 sepeda motor dan untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku *inside flow* jumlah sepeda motor terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.30 wita sampai 08.30 wita sebanyak 986 sepeda motor.

Tabel 7.20 Nilai arus jenuh pada lebar efektif 7 meter dengan RHK

Waktu	MC Infront of stop line (kend)	MC Beside flow (kend)	MC Inside flow (kend)	Arus Jenuh (S3) (kend/jam)
07.00-08.00	12	1.585	1.172	2.293
07.10-08.10	11	1.723	1.200	2.339
07.20-08.20	8	1.804	1.122	2.381
07.30-08.30	4	1.877	1.035	2.423
07.40-08.40	4	1.856	997	2.420
07.50-08.50	6	1.839	952	2.808
08.00-09.00	5	1.773	932	2.833
12.00-13.00	5	1.658	953	2.826
12.10-13.10	5	1.495	1.015	2.794
12.20-13.20	4	1.356	1.086	2.763
12.30-13.30	5	1.289	1.121	2.751
12.40-13.40	5	1.240	1.158	2.356
12.50-13.50	6	1.210	1.182	2.328
13.00-14.00	6	1.251	1.188	2.334
16.00-17.00	7	1.296	1.132	2.340
16.10-17.10	9	1.343	1.096	2.346
16.20-17.20	8	1.380	1.047	2.674
16.30-17.30	9	1.404	1.044	2.676
16.40-17.40	9	1.452	1.037	2.688
16.50-17.50	8	1.477	1.058	2.682
17.00-18.00	8	1.489	1.057	2.692

Dari Tabel 7.21 bisa dilihat bahwa arus jenuh paling tinggi pada jam sibuk pagi adalah pukul 08.00 sampai 09.00 wita sebesar 2.833 kend/jam, jam sibuk siang pada pukul 12.00 sampai 13.00 wita sebesar 2.826 kend/jam dan jam sibuk sore pada pukul 17.00 sampai 18.00 wita sebesar 2.692 kend/jam. Dari ketiga jam sibuk arus jenuh paling kecil terjadi pada jam sibuk pagi pukul 07.00 wita sampai 08.00 wita, yaitu sebesar 2.293 kend/jam, sedangkan arus jenuh tertinggi terjadi pada jam sibuk pagi pukul 08.00 wita sampai 09.00 wita, dengan nilai arus jenuh sebesar 2.833 kend/jam. Jumlah sepeda motor sesuai dengan perilaku berbeda-beda setiap jam, untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku sepeda motor *infront of stop line* terbanyak terjadi pada jam sibuk pagi pukul 07.00 wita

sampai dengan 08.00 wita sebanyak 12 sepeda motor. Jumlah sepeda motor dengan perilaku *beside flow* terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.30 wita sampai 08.30 wita sebanyak 1.877 sepeda motor dan untuk jumlah sepeda motor dengan perilaku *inside flow* jumlah sepeda motor terbanyak pada jam sibuk pagi pukul 07.10 wita sampai 08.10 wita sebanyak 1.200 sepeda motor. Perbandingan arus jenuh antara pendekat dengan RHK maupun tanpa RHK dapat dilihat pada Tabel 7.22.

Tabel 7.21 Perbandingan arus jenuh pada pendekat dengan dan tanpa RHK

No	Lebar Pendekat (m)	Arus Jenuh (kend/jam)	
		Tanpa RHK	Dengan RHK
1	3	3.452	3.707
2	5	3.267	3.398
3	7	3.321	2.833

Arus jenuh pada pendekat dengan RHK lebih besar dari pada tanpa RHK pada lebar efektif pendekat 3 meter dan 5 meter, sedangkan untuk lebar pendekat 7 meter nilai arus jenuh lebih besar pada pendekat tanpa RHK. Hal tersebut membuktikan pada pendekat lebar 3 meter dan 5 meter dengan RHK mampu melewati arus secara maksimal dalam jam hijau, karena sepeda motor dapat bermanuver lebih awal sehingga tidak mengganggu kendaraan lain di belakangnya. Sepeda motor tidak membutuhkan waktu yang lama untuk memulai bergerak.

F. Perbandingan Arus Jenuh antara Pendekat dengan RHK dan Tanpa RHK

Bentuk distribusi melalui perhitungan statistik dengan pendekatan *Shapiro-Wilk* menghasilkan semua data *headway* dari pendekat dengan lebar efektif 3 meter, 5 meter dan 7 meter baik dengan RHK maupun tanpa RHK berdistribusi tidak normal. Arus jenuh pada pendekat dengan lebar efektif 3 meter tanpa RHK

paling kecil yaitu sebesar 2.839 smp/jam, sedangkan nilai arus jenuh tertinggi sebesar 3.452 kend/jam. Arus jenuh pada pendekatan dengan lebar efektif 3 meter dengan RHK nilai arus jenuh maksimal sebesar 3.707 kend/jam. Arus jenuh pada pendekatan dengan lebar efektif 5 meter tanpa RHK nilai arus jenuh maksimal sebesar 3.267 kend/jam, sedangkan arus jenuh maksimal pada pendekatan dengan lebar efektif 5 meter dengan RHK sebesar 3.398 kend/jam. Pada lebar pendekatan 3 meter dan 5 meter dengan RHK, arus jenuhnya lebih besar dari pada tanpa RHK karena pendekatan dengan RHK mampu melewati arus secara maksimal disebabkan oleh sepeda motor dapat bermanuver lebih awal sehingga tidak mengganggu kendaraan ringan ataupun berat di belakangnya.

Sepeda motor tidak membutuhkan waktu yang lama untuk memulai bergerak beda halnya dengan kendaraan ringan maupun berat yang membutuhkan waktu untuk memulai bergerak. Arus jenuh maksimal pada pendekatan dengan lebar efektif 7 meter tanpa RHK sebesar 3.321 kend/jam, sedangkan arus jenuh maksimal pada pendekatan dengan lebar efektif 7 meter dengan RHK sebesar 2.833 kend/jam. Perbandingan arus jenuh antara pendekatan dengan RHK maupun tanpa RHK dapat dilihat pada Tabel 7.7. Semakin besar persentase volume sepeda motor *beside flow* semakin besar arus jenuhnya dan semakin besar persentase volume sepeda motor *inside flow* semakin kecil arus jenuhnya. Berbeda dengan penelitian oleh Vien, et al. (2008) di Malaysia dan Adams, et al. (2015) di Ghana, dimana ditemukan semakin besar persentase volume sepeda motor *inside flow* semakin besar arus jenuhnya. Perbedaan hasil penelitian disebabkan karena perilaku sepeda motor di Malaysia dan di Ghana lebih banyak berada di *beside flow*, pengendara sepeda motor mematuhi peraturan *first in first out* dengan berada pada tengah tengah lajur. Perlu dibuatkan lajur khusus untuk sepeda motor disamping kiri lajur untuk mengadopsi perilaku *flow* pada simpang bersinyal.

G. Model Arus Jenuh Berdasarkan Perilaku Sepeda Motor

Setelah nilai arus jenuh (S) diperoleh berdasarkan berbagai kriteria di atas, selanjutnya dilakukan analisis model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor. Analisis model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor dibagi menjadi dua yaitu analisis parsial dan simultan. Model arus jenuh simultan yaitu model arus jenuh sepeda motor *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* secara bersamaan sedangkan model arus jenuh parsial adalah model arus jenuh sepeda motor *infront of stop line*, model arus jenuh perilaku sepeda motor *beside flow* dan model arus jenuh perilaku sepeda motor *inside flow*.

Model yang diperoleh selanjutnya dievaluasi berdasarkan nilai signifikansi menggunakan pendekatan *Adjust R-Square* dan *F-hitung* (signifikansi F). Model yang nilai signifikansinya baik layak untuk diinterpretasikan, sedangkan model yang nilai signifikansinya masih lemah dianggap tidak layak. Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor dianalisis menjadi 2 bagian, yaitu pengaruh sepeda motor terhadap arus jenuh secara parsial atau masing masing perilaku dengan mengabaikan perilaku yang lain dan secara simultan yaitu pengaruh semua perilaku sepeda motor (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*) terhadap arus jenuh. Dalam model parsial digunakan persentase masing masing perilaku sepeda motor untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing perilaku sepeda motor secara parsial terhadap arus jenuh.

1. Model Regresi Linier Sederhana Arus Jenuh Berdasarkan Perilaku Sepeda Motor

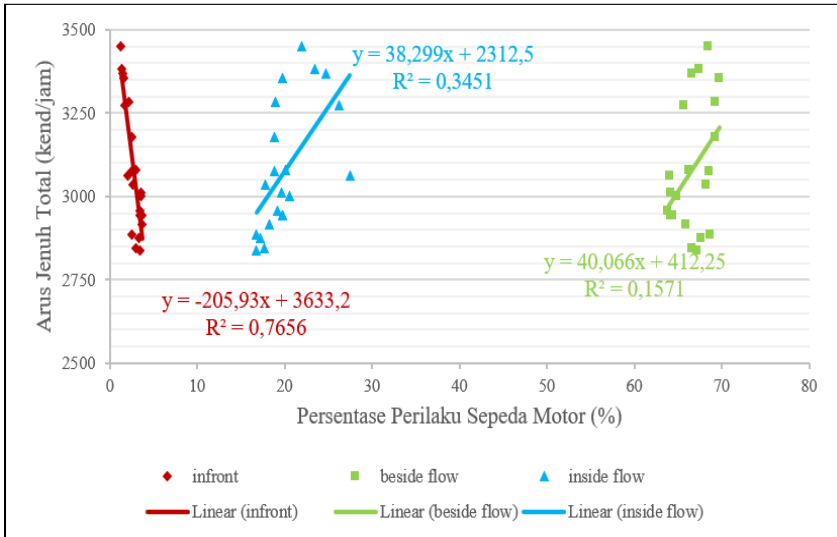
Untuk model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial dengan memodelkan pengaruh persentase perilaku sepeda motor dan mengabaikan perilaku yang lain diperoleh model

seperti pada Gambar 7.3 sampai 7.8. Tujuan dari model parsial ini untuk menentukan pengaruh masing-masing persentase perilaku (*infront of stop line*, *inside flow* dan *beside flow*) terhadap arus jenuh pada pendekatan 3 meter, 5 meter dan 7 meter dengan dan tanpa RHK.

a. Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekatan 3 meter

Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekatan 3 meter mengacu pada pemodelan aliran lalu lintas di jalan yang melibatkan sepeda motor dengan memperhatikan karakteristik dan perilaku khusus mereka dalam mengoccupy ruang di jalan. Dalam model ini, lebar efektif pendekatan 3 meter mengacu pada lebar area jalan yang secara efektif digunakan oleh sepeda motor dalam pergerakannya. Hal ini mempertimbangkan fakta bahwa sepeda motor memiliki ukuran fisik yang lebih kecil dibandingkan dengan kendaraan lain seperti mobil, sehingga mereka dapat mengoccupy ruang jalan dengan lebih efisien dalam hal lebar.

Dalam pemodelan ini, faktor-faktor seperti laju kecepatan sepeda motor, interaksi dengan kendaraan lain, dan kapasitas jalan akan diperhitungkan secara khusus untuk sepeda motor. Ini memungkinkan analisis yang lebih akurat tentang bagaimana sepeda motor berkontribusi terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan di jalan. Model arus jenuh ini dapat digunakan untuk memprediksi kepadatan atau volume sepeda motor dalam kondisi tertentu, mengidentifikasi pola pergerakan dan distribusi sepeda motor di jalan, serta mengukur kinerja jalan yang melibatkan sepeda motor. Dengan demikian, pemodelan ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi perencana transportasi dalam merencanakan dan mengoptimalkan sistem lalu lintas yang mempertimbangkan sepeda motor sebagai bagian integral dari arus lalu lintas di jalan.



Gambar 7.26 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 3 meter tanpa RHK

Model regresi pada lebar pendekat 3 meter tanpa RHK, dimana hanya memperhitungkan satu perilaku dan mengabaikan perilaku yang lain sehingga didapatkan bahwa hanya persentase perilaku *infront of stop line* dan *inside flow* yang berpengaruh terhadap arus jenuh, ditunjukkan dengan model:

$$y_1 = -205,93x + 3633,2 \quad (R^2 = 0,7656)$$

$$y_2 = 38,299x + 2312,5 \quad (R^2 = 0,3451)$$

$$y_3 = 40,066x + 412,25 \quad (R^2 = 0,1571)$$

Dimana,

y_1 = Arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* (kend/jam)

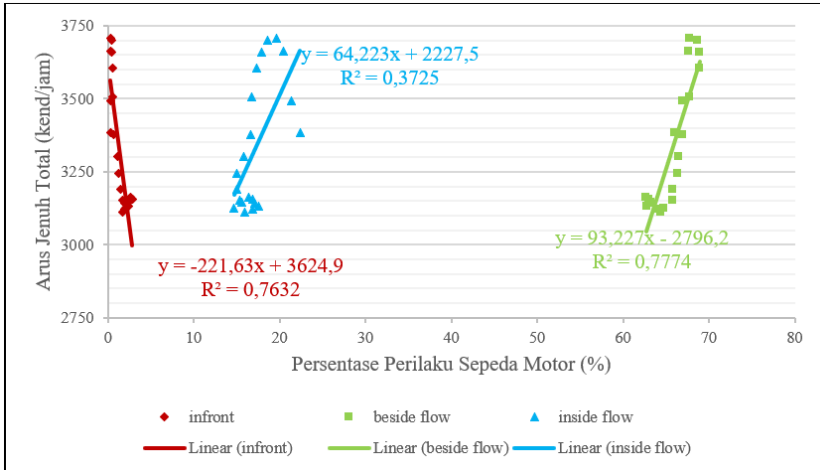
y_2 = Arus Jenuh sepeda motor *inside flow* (kend/jam)

y_3 = Arus Jenuh sepeda motor *beside flow* (kend/jam)

x = Persentase perilaku sepeda motor (%)

Model arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* dapat diketahui bahwa persentase volume perilaku sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh 76,56 persen terhadap arus jenuh, tetapi persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh negatif yang berarti jika jumlah perilaku sepeda motor *infront of stop line* semakin banyak, maka arus jenuh semakin kecil. Model arus jenuh persentase sepeda motor *inside flow* menunjukkan bahwa persentase perilaku sepeda motor *inside flow* berpengaruh 34,51 persen terhadap arus jenuh, perilaku sepeda motor *inside flow* berpengaruh positif yang berarti semakin besar persentase perilaku sepeda motor *inside flow* semakin besar juga arus jenuhnya. Model arus jenuh sepeda motor *beside flow* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh karena nilai signifikansinya lebih besar dari 0,05.

Dari model mempunyai nilai signifikansi $<0,05$ yang berarti model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line*, model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *inside flow* berpengaruh terhadap arus jenuh. Model arus jenuh persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* mempunyai *Adjust R-Square* paling besar yaitu 0,7656, hal tersebut menunjukkan bahwa persentase volume sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh terhadap arus jenuh sebesar 76,56 %. Untuk arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* terdapat nilai negatif yang berarti semakin banyak persentase sepeda motor *infront of stop line* arus jenuh semakin kecil. Perilaku sepeda motor *infront of stop line* adalah sepeda motor yang berhenti di depan garis henti.



Gambar 7.27 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 3 dengan RHK

Model regresi pada lebar pendekat 3 meter dengan RHK menunjukkan setiap persentase perilaku secara parsial (*infront of stop line*, *inside flow* dan *beside flow*) berpengaruh terhadap arus jenuh ditunjukkan dengan model:

$$y_1 = -221,63x + 3624,9 \quad (R^2=0,7632)$$

$$y_2 = 64,223x + 2227,5 \quad (R^2 = 0,3725)$$

$$y_3 = 93,227x - 2796,2 \quad (R^2 = 0,7774)$$

Dimana,

y_1 = Arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* (kend/jam)

y_2 = Arus Jenuh sepeda motor *inside flow* (kend/jam)

y_3 = Arus Jenuh sepeda motor *beside flow* (kend/jam)

x = Persentase perilaku sepeda motor (%)

Model arus jenuh perilaku sepeda motor *infront of stop line* dapat diketahui bahwa persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh 76,32 persen terhadap arus jenuh, tetapi perilaku sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh negatif yang

berarti jika persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* semakin banyak, maka arus jenuh semakin kecil. Model arus jenuh sepeda motor *inside flow* menunjukkan bahwa persentase perilaku sepeda motor *inside flow* berpengaruh 37,25 persen terhadap arus jenuh, perilaku sepeda motor *inside flow* berpengaruh positif yang berarti semakin besar perilaku sepeda motor *inside flow* semakin besar juga arus jenuhnya. Model arus jenuh sepeda motor *beside flow* menunjukkan bahwa persentase perilaku sepeda motor *beside flow* berpengaruh 77,74 persen terhadap arus jenuh, perilaku sepeda motor *beside flow* berpengaruh positif yang berarti semakin besar persentase perilaku sepeda motor *beside flow* semakin besar juga arus jenuhnya.

Dari ketiga model mempunyai nilai signifikansi $<0,05$ yang berarti model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line*, model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *inside flow* dan model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *beside flow* berpengaruh terhadap arus jenuh. Model arus jenuh persentase perilaku sepeda motor *beside flow* mempunyai *Adjust R-Square* paling besar yaitu 0,7774. Hal tersebut menunjukkan bahwa persentase volume sepeda motor *beside flow* berpengaruh terhadap arus jenuh sebesar 77,74%. Untuk arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* terdapat nilai negatif yang berarti semakin besar persentase volume sepeda motor *infront of stop line* arus jenuh semakin kecil.

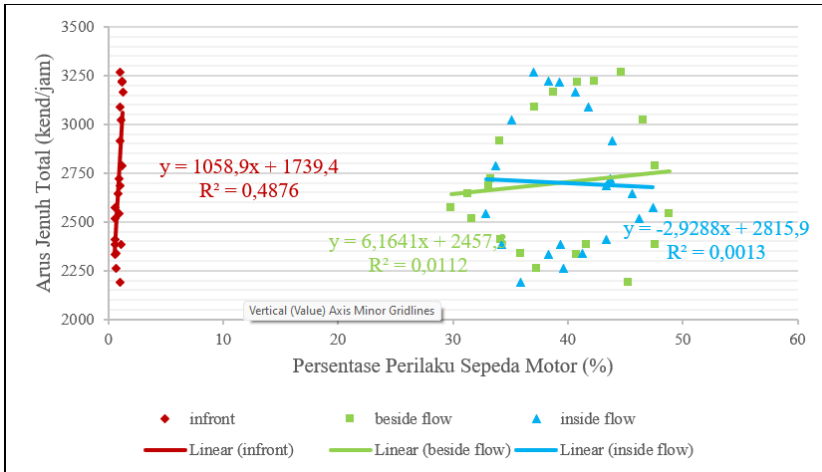
b. Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 5 meter

Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 5 meter mengacu pada pemodelan aliran lalu lintas di jalan yang melibatkan sepeda motor dengan memperhatikan karakteristik dan perilaku khusus mereka dalam mengoccupy ruang di jalan. Dalam model ini, lebar efektif

pendekat 5 meter mengacu pada lebar area jalan yang secara efektif digunakan oleh sepeda motor dalam pergerakannya. Lebar ini mencerminkan ukuran fisik sepeda motor dan memberikan ruang yang cukup untuk manuver dan pergerakan mereka di antara kendaraan lain.

Pemodelan arus jenuh ini memperhitungkan faktor-faktor seperti kecepatan sepeda motor, interaksi dengan kendaraan lain, dan kapasitas jalan yang relevan dengan sepeda motor. Hal ini memungkinkan analisis yang lebih akurat tentang bagaimana sepeda motor berperilaku dan berkontribusi terhadap arus lalu lintas di jalan. Dengan menggunakan model ini, dapat diprediksi kepadatan atau volume sepeda motor dalam kondisi tertentu, pola pergerakan dan distribusi sepeda motor di jalan, serta kinerja jalan yang melibatkan sepeda motor. Model ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana sepeda motor berinteraksi dengan kendaraan lain dan bagaimana mereka mempengaruhi aliran lalu lintas secara keseluruhan.

Pemodelan arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 5 meter dapat memberikan wawasan yang berharga dalam perencanaan transportasi dan pengaturan lalu lintas yang lebih baik untuk memperhitungkan keberadaan sepeda motor dan memastikan kelancaran dan keamanan lalu lintas di jalan.



Gambar 7.128 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 5 tanpa RHK

Model regresi pada lebar pendekat 5 meter tanpa RHK menunjukkan hanya persentase perilaku *infront of stop line* yang berpengaruh terhadap arus jenuh ditunjukkan dengan model:

$$y_1 = 1058,9x + 1739,4 \quad (R^2 = 0,4876)$$

$$y_2 = -2,9288x + 2815,9 \quad (R^2 = 0,0013)$$

$$y_3 = 6,1641x + 2457,3 \quad (R^2 = 0,0112)$$

Dimana,

y_1 = Arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* (kend/jam)

y_2 = Arus Jenuh sepeda motor *inside flow* (kend/jam)

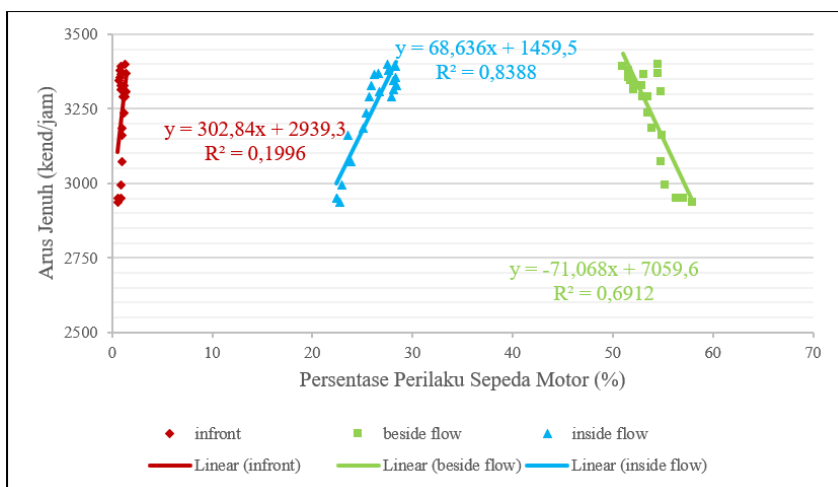
y_3 = Arus Jenuh sepeda motor *beside flow* (kend/jam)

x = Persentase perilaku sepeda motor

Model arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* dapat diketahui bahwa persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh 48,76 persen terhadap arus jenuh, sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh positif yang berarti jika jumlah perilaku sepeda motor *infront of stop line* semakin banyak, maka

arus jenuh semakin besar. Model Arus jenuh sepeda motor *inside flow* dan *beside flow* mempunyai nilai signifikansi diatas 0,05 jadi model tidak dapat mengintrepetasikan arus jenuh.

Dari ketiga model yang mempunyai nilai signifikansi <0,05 yaitu model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* sedangkan model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *beside flow* dan *inside flow* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh. Model arus jenuh perilaku sepeda motor *infront of stop line* mempunyai Adjust R-Square paling besar yaitu 0,4876. Hal tersebut menunjukkan bahwa persentase sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh terhadap arus jenuh sebesar 48,76 %. Perilaku sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh positif yang berarti semakin besar persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* semakin besar juga arus jenuhnya.



Gambar 7.29 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 5 meter dengan RHK

Model regresi pada lebar pendekat 5 meter dengan RHK menunjukkan bahwa persentase perilaku *beside flow* dan *inside flow* berpengaruh terhadap arus jenuh ditunjukkan dengan model:

$$y_1 = 302,84x + 2939,3 \quad (R^2 = 0,1996)$$

$$y_2 = 68,636x + 1459,5 \quad (R^2 = 0,8388)$$

$$y_3 = -71,068x + 7059,6 \quad (R^2 = 0,6912)$$

Dimana,

y_1 = Arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* (kend/jam)

y_2 = Arus Jenuh sepeda motor *inside flow* (kend/jam)

y_3 = Arus Jenuh sepeda motor *beside flow* (kend/jam)

x = Persentase perilaku sepeda motor (%)

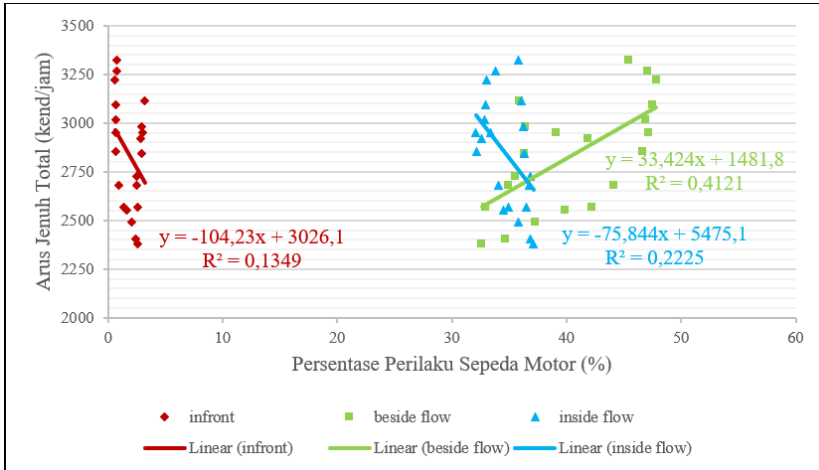
Model regresi arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* mempunyai nilai signifikansi diatas 0,05 jadi model tidak dapat mengintrepetasikan arus jenuh. Model arus jenuh sepeda motor *inside flow* menunjukkan bahwa perilaku sepeda motor *inside flow* berpengaruh 83,88 persen terhadap arus jenuh, perilaku sepeda motor *inside flow* berpengaruh positif yang berarti semakin besar perilaku sepeda motor *inside flow* semakin besar juga arus jenuhnya. Model arus jenuh sepeda motor *beside flow* menunjukkan bahwa persentase perilaku sepeda motor *beside flow* berpengaruh 69,12 persen terhadap arus jenuh, perilaku sepeda motor *beside flow* berpengaruh negatif yang berarti semakin besar persentase perilaku sepeda motor *beside flow* semakin kecil arus jenuhnya.

Dari ketiga model yang mempunyai nilai signifikansi <0,05 yaitu model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *beside flow* dan *inside flow* sedangkan model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh karena nilai signifikansi >0,05. Model arus jenuh persentase perilaku sepeda motor *inside flow* mempunyai *Adjust R-Square* paling besar yaitu 0,8388 hal tersebut menunjukkan bahwa persentase volume sepeda motor *inside flow* berpengaruh terhadap arus jenuh sebesar 83,88 %.

c. Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 7 meter

Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 7 meter mengacu pada pemodelan aliran lalu lintas di jalan yang memperhitungkan karakteristik dan perilaku khusus sepeda motor dalam mengoccupy ruang jalan. Dalam model ini, lebar efektif pendekat 7 meter menggambarkan lebar area jalan yang secara efektif digunakan oleh sepeda motor dalam pergerakannya. Hal ini mempertimbangkan ukuran fisik sepeda motor serta memberikan ruang yang memadai untuk manuver dan pergerakan mereka di antara kendaraan lain di jalan. Pemodelan arus jenuh ini memperhatikan faktor-faktor seperti kecepatan sepeda motor, interaksi dengan kendaraan lain, dan kapasitas jalan yang relevan dengan sepeda motor. Dengan mempertimbangkan perilaku sepeda motor secara parsial, model ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana sepeda motor berperilaku dan berkontribusi terhadap arus lalu lintas di jalan.

Model ini dapat digunakan untuk memprediksi kepadatan atau volume sepeda motor dalam kondisi tertentu, mengidentifikasi pola pergerakan dan distribusi sepeda motor di jalan, serta mengukur kinerja jalan yang melibatkan sepeda motor. Dengan demikian, pemodelan ini dapat memberikan wawasan penting bagi perencanaan transportasi dalam merencanakan dan mengoptimalkan sistem lalu lintas yang mencakup sepeda motor sebagai bagian integral dari arus lalu lintas di jalan. Pemodelan arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 7 meter memungkinkan adanya perhitungan yang lebih akurat tentang peran dan pengaruh sepeda motor dalam aliran lalu lintas, sehingga dapat membantu dalam perencanaan transportasi yang lebih efisien dan pengaturan lalu lintas yang lebih baik untuk memastikan kelancaran dan keamanan lalu lintas di jalan.



Gambar 7.30 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 7 tanpa RHK

Model regresi pada lebar pendekat 7 meter tanpa RHK menunjukkan hanya persentase perilaku *inside flow* dan *beside flow* berpengaruh terhadap arus jenuh ditunjukkan dengan model.

$$y_1 = -104,23x + 3026,1 \quad (R^2 = 0,1349)$$

$$y_2 = -75,844x + 5475,1 \quad (R^2 = 0,2225)$$

$$y_3 = 33,424x + 1481,8 \quad (R^2 = 0,4121)$$

Dimana,

y_1 = Arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* (kend/jam)

y_2 = Arus Jenuh sepeda motor *inside flow* (kend/jam)

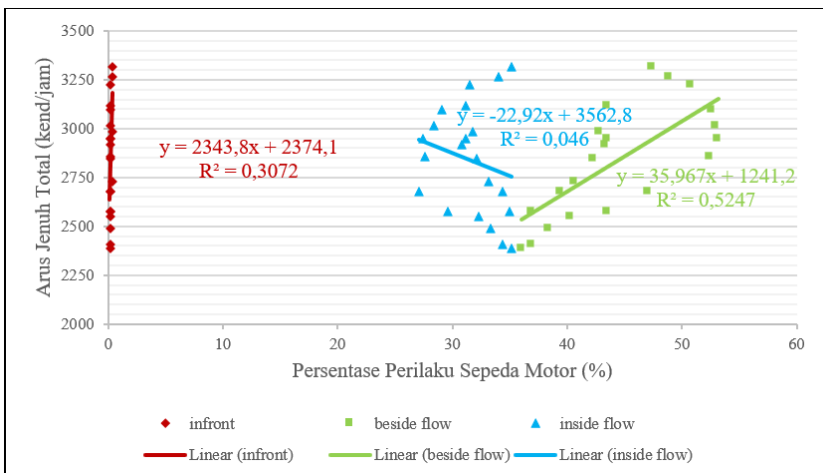
y_3 = Arus Jenuh sepeda motor *beside flow* (kend/jam)

x = Persentase perilaku sepeda motor (%)

Model arus jenuh perilaku sepeda motor *inside flow* dapat diketahui bahwa persentase perilaku sepeda motor *inside flow* berpengaruh 22,25 persen terhadap arus jenuh, persentase sepeda motor *inside flow* berpengaruh negatif yang berarti jika persentase

perilaku sepeda motor *inside flow* semakin banyak, maka arus jenuh semakin kecil. Model arus jenuh sepeda motor *beside flow* mempunyai berpengaruh 41,21 persen terhadap arus jenuh, persentase perilaku sepeda motor *beside flow* berpengaruh positif yang berarti semakin besar persentase perilaku sepeda motor *beside flow* semakin besar juga arus jenuhnya.

Dari ketiga model yang mempunyai nilai signifikansi $<0,05$ yaitu model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *inside flow* dan model arus jenuh dari perilaku sepeda motor *beside flow* sedangkan model arus jenuh dari perilaku sepeda motor *infront of stop line* tidak berpengaruh terhadap arus jenuh. Model arus jenuh persentase perilaku sepeda motor *beside flow* mempunyai *Adjust R-Square* paling besar yaitu 0,4121. Hal tersebut menunjukkan bahwa persentase volume sepeda motor *beside flow* berpengaruh terhadap arus jenuh sebesar 41,21 %. Untuk arus jenuh dari perilaku sepeda motor *inside flow* terdapat nilai negatif yang berarti semakin besar persentase volume sepeda motor *infront of stop line* arus jenuh semakin kecil.



Gambar 7.31 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor secara parsial pada lebar efektif pendekat 7 dengan RHK

Model regresi pada lebar pendekat 7 meter dengan RHK menunjukkan bahwa persentase perilaku *infront of stop line* dan *beside flow* yang berpengaruh terhadap arus jenuh ditunjukkan dengan model:

$$y_1 = 2343,8x + 2374,1 (R^2 = 0,3072)$$

$$y_2 = -22,92x + 3562,8 (R^2 = 0,046)$$

$$y_3 = 35,967x + 1241,2 (R^2 = 0,5247)$$

Dimana,

y_1 = Arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* (kend/jam)

y_2 = Arus Jenuh sepeda motor *inside flow* (kend/jam)

y_3 = Arus Jenuh sepeda motor *beside flow* (kend/jam)

x = Persentase perilaku sepeda motor (%)

Dari model arus jenuh sepeda motor *inside flow* mempunyai nilai signifikansi diatas 0,05 jadi model tidak dapat mengintrepetasikan arus jenuh. Model arus jenuh sepeda motor *infront of stop line* menunjukkan bahwa perilaku sepeda motor *infront of stop line* berpengaruh hanya 30,72 persen terhadap arus jenuh. Model arus jenuh sepeda motor *beside flow* menunjukkan bahwa perilaku sepeda motor *beside flow* berpengaruh hanya 52,47 persen terhadap arus jenuh.

Dari enam model yang dihasilkan pada pendekat 3 meter persentase perilaku yang berpengaruh positif terhadap arus jenuh adalah perilaku *inside flow* pada pendekat dengan RHK dan *beside flow* pada pendekan tanpa RHK. Pada pendekat 5 meter yang berpengaruh positif adalah perilaku sepeda motor *infront of stop line* untuk tanpa RHK dan perilaku *inside flow* untuk pendekat dengan RHK. Pendekat 7 meter dengan RHK maupun tanpa RHK yang berpengaruh positif adalah perilaku *beside flow*. Persentase *beside flow* cenderung berpengaruh positif terhadap arus jenuh

yang berarti semakin tinggi persentase perilaku *beside flow* semakin besar arus jenuhnya.

Dari ketiga model yang mempunyai nilai signifikansi $<0,05$ yaitu model arus jenuh dari persentase perilaku *infront of stop line* dan *beside flow*, sedangkan model arus jenuh dari persentase perilaku sepeda motor *inside flow* mempunyai nilai signifikansi $>0,05$. Model arus jenuh dari persentase perilaku *beside flow* mempunyai *Adjust R-Square* paling besar yaitu 0,5247. Hal tersebut menunjukkan bahwa persentase volume sepeda motor *beside flow* berpengaruh terhadap arus jenuh sebesar 52,47 %.

Tabel 7.22 Rekapitulasi model arus jenuh parsial berdasarkan perilaku sepeda motor

No	RHK	Lajur	Statistik	<i>Infront of stop line</i>	<i>Inside Flow</i>	<i>Beside Flow</i>
1	Non RHK	3	Model	$y_1 = -205,93x + 3633,2$	$y_2 = 38,299x + 2312,5$	$y_3 = 40,066x + 412,25$
			R ²	0,7656	0,3451	0,1571
2	Non RHK	5	Model	$y_1 = 1058,9x + 1739,4$	$y_2 = -2,9288x + 2815,9$	$y_3 = 6,1641x + 2457,3$
			R ²	0,4876	0,0013	0,0112
3	Non RHK	7	Model	$y_1 = -104,23x + 3026,1$	$y_2 = -75,844x + 5475,1$	$y_3 = 33,424x + 1481,8$
			R ²	0,1349	0,2225	0,4121
4	RHK	3	Model	$y_1 = -221,63x + 3624,9$	$y_2 = 64,223x + 2227,5$	$y_3 = 93,227x - 2796,2$
			R ²	0,7632	0,3725	0,7774
5	RHK	5	Model	$y_1 = 302,84x + 2939,3$	$y_2 = 68,636x + 1459,5$	$y_3 = -71,068x + 7059,6$
			R ²	0,1996	0,8388	0,6912
6	RHK	7	Model	$y_1 = 2343,8x + 2374,1$	$y_2 = -22,92x + 3562,8$	$y_3 = 35,967x + 1241,2$
			R ²	0,3072	0,046	0,5247

Dari Tabel 7.22 bisa dilihat pada pendekatan 3 meter tanpa RHK perilaku *infront of stop line* paling berpengaruh terhadap arus jenuh tetapi pengaruhnya negatif dimana semakin besar persentase perilaku sepeda motor *infront of stop line* semakin kecil arus jenuhnya. Pendekat 3 meter dengan RHK perilaku *beside flow* paling berpengaruh terhadap arus jenuh, dimana semakin besar persentase perilaku *beside flow* semakin besar juga arus jenuhnya. Pendekat 5 meter tanpa RHK perilaku *infront of stop line* paling berpengaruh terhadap arus jenuh, dimana semakin besar persentase perilaku *infront of stop line* semakin besar juga arus jenuhnya. Pendekat 5 meter dengan RHK perilaku *inside flow* paling

berpengaruh terhadap arus jenuh, dimana semakin besar persentase perilaku *inside flow* semakin besar juga arus jenuhnya. Pendekat 7 meter dengan maupun tanpa RHK perilaku *beside flow* paling berpengaruh terhadap arus jenuh, dimana semakin besar persentase perilaku *beside flow* semakin besar juga arus jenuhnya. Dari semua pendekatan yang diteliti baik dengan RHK maupun tanpa RHK perilaku *beside flow* cenderung berpengaruh positif terhadap arus jenuh yang berarti semakin besar persentase perilaku *beside flow* semakin besar juga arus jenuhnya.

2. Model Regresi Linier Berganda Arus Jenuh Berdasarkan Perilaku Sepeda Motor

Sebelum data dianalisis terlebih dahulu dilakukan uji prasyarat analisis (uji asumsi klasik) yang terdiri dari uji normalitas, linieritas, multikolonieritas dan heteroskedastisitas yang ditunjukkan oleh Tabel 7.23 dan Tabel 7.24. Dari hasil uji asumsi klasik model memenuhi syarat dalam regresi linier berganda.

Tabel 7.23 Uji asumsi klasik pendekatan tanpa RHK

Uji Asumsi Klasik	Perilaku Sepeda Motor	Tanpa RHK 3 meter	Tanpa RHK 5 meter	Tanpa RHK 7 meter	Syarat Uji
Normalitas Shapiro-Wilk		0,493	0,868	0,174	Sig.>0,05
Linieritas (Linearity)	<i>Infront</i>	0,02	0,00	0,020	Sig.<0,05
	<i>Beside</i>	0,048	0,045	0,048	Sig.<0,05
	<i>Inside</i>	0,02	0,033	0,018	Sig.<0,05
Linieritas (Deviation from Linearity)	<i>Infront</i>	0,106	0,069	0,080	Sig.>0,05
	<i>Beside</i>	0,751	0,079	0,751	Sig.>0,05
	<i>Inside</i>	0,106	0,433	0,859	Sig.>0,05
Multikolinieritas (VIF)	<i>Infront</i>	2,028	1,817	7,962	Sig <10
	<i>Beside</i>	8,454	2,515	1,791	Sig.<10
	<i>Inside</i>	6,311	1,714	9,242	Sig.<10
Heteroskedastisitas	<i>Infront</i>	0,603	0,162	0,162	Sig.>0,05

(Glejser)	Beside	0,511	0,315	0,315	Sig.>0,05
	Inside	0,842	0,211	0,211	Sig.>0,05

Tabel 7.24 Uji asumsi klasik pendekatan dengan RHK

Uji Asumsi Klasik	Perilaku Sepeda Motor	RHK 3 meter	RHK 5 meter	RHK 7 meter	Syarat Uji
Normalitas Kolmogorov-Smirnov		0,195	0,837	0,938	Sig.>0,05
Linieritas (Linearity)	Infront	0,01	0,025	0,016	Sig.<0,05
	Beside	0,033	0,028	0,048	Sig.<0,05
	Inside	0,048	0,033	0,002	Sig.<0,05
Linieritas (Deviation from Linearity)	Infront	0,598	0,791	0,526	Sig.>0,05
	Beside	0,443	0,190	0,751	Sig.>0,05
	Inside	0,751	0,433	0,108	Sig.>0,05
Multikolinieritas (VIF)	Infront	4,143	1,459	1,242	Sig.<10
	Beside	9,013	1,465	1,446	Sig.<10
	Inside	6,150	1,439	1,718	Sig.<10
Heteroskedastisitas (Glejser)	Infront	0,826	0,081	0,109	Sig.>0,05
	Beside	0,521	0,218	0,800	Sig.>0,05
	Inside	0,242	0,691	0,163	Sig.>0,05

Untuk menunjukkan hubungan antara pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh secara bersama-sama pada lebar efektif pendekatan 3 meter, 5 meter dan 7 meter dengan RHK ditunjukkan pada Tabel 7.25 dan 7.26. Dalam analisis SPSS digunakan metode *enter*, karena semua perilaku sepeda motor terjadi di lapangan bagaimanapun pengaruhnya tetap harus dihitung.

Tabel 7.25 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor pada pendekatan tanpa RHK

Statistics	Tanpa RHK 3 meter	Tanpa RHK 5 meter	Tanpa RHK 7 meter
Model	$Y = 1.968,85 + 1,92X_1 + 1,21X_2 -$	$Y = 346,31 + 46,78X_1 + 0,27X_2 +$	$Y = 5.710,93 - 7,79X_1 + 0,90X_2 -$

Statistics	Tanpa RHK 3 meter	Tanpa RHK 5 meter	Tanpa RHK 7 meter
	0,7X3	0,86X3	3,93X3
Adjust R ²	0,935	0,900	0,370
Sig. F	0,000	0,000	0,012
Constant	1.968,85	346,31	5.710,93
Uns. Coeff.	Infront (X1): 1,92	Infront (X1): 46,78	Infront (X1): - 7,79
	Beside (X2): 1,21	Beside (X2): 0,27	Beside (X2): 0,90
	Inside (X3): - 0,7	Inside (X3): 0,86	Inside (X3): - 3,93
Sig. t	Infront (X1): 0,38	Infront (X1): 0,000	Infront (X1): 0,55
	Beside (X2): 0,000	Beside (X2): 0,15	Beside (X2): 0,21
	Inside (X3): 0,013	Inside (X3): 0,000	Inside (X3): 0,084

Dimana:

Y = Arus jenuh (kend/jam)

X1 = Sepeda motor *infront of stop line* (kend/jam)

X2 = Sepeda motor *beside flow*(kend/jam)

X3 = Sepeda motor *inside flow*(kend/jam)

Tabel 7.26 Model arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor pada pendekat dengan RHK

Statistics	RHK 3 meter	RHK 5 meter	RHK 7 meter
Model	Y = 2.017,18 + 0,14X1 + 1,19X2 - 0,42X3	Y = 2.131,43 + 10,61X1 - 0,18X2 + 2,01X3	Y = 5.748,76 + 4,35X1 - 0,35X2 - 2,5X3
Adjust R ²	0,967	0,884	0,551
Sig. F	0,000	0,000	0,000
Constant	2.017,18	2.131,43	5.748,76
Uns. Coeff.	Infront (X1): 0,14	Infront (X1): 10,61	Infront (X1): 4,35
	Beside (X2): 1,19	Beside (X2): - 0,18	Beside (X2): - 0,35
	Inside (X3): - 0,42	Inside (X3): 2,01	Inside (X3): - 2,5
Sig. t	Infront (X1): 0,928	Infront (X1): 0,003	Infront (X1): 0,755

Statistics	RHK 3 meter	RHK 5 meter	RHK 7 meter
	Beside (X ₂): 0,000	Beside (X ₂): 0,65	Beside (X ₂): 0,034
	Inside (X ₃): 0,16	Inside (X ₃): 0,000	Inside (X ₃): 0,000

Dimana:

Y = Arus jenuh (kend/jam)

X₁ = Sepeda motor *infront of stop line* (kend/jam)

X₂ = Sepeda motor *beside flow*(kend/jam)

X₃ = Sepeda motor *inside flow*(kend/jam)

a. Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 3 meter tanpa RHK

Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar pendekat 3 meter tanpa RHK dengan memperhitungkan semua perilaku sepeda motor dalam analisis (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*) nilai signifikansi F yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Secara parsial hanya *beside flow* dan *inside flow* yang mempunyai pengaruh signifikan pada arus jenuh di simpang bersinyal tanpa RHK dengan lebar efektif pendekat 3 meter ditunjukkan dengan model:

$$S = 1.968,85 + 1,92 mc \text{ infront of stop line} + 1,21 mc \text{ beside flow} - 0,7 mc \text{ inside flow} \dots\dots\dots (5.1)$$

Model regresi arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor pada pendekat lebar 3 meter tanpa RHK di simpang bersinyal, dengan uji normalitas (uji *Shapiro-Wilk*) nilai signifikansi *asympt (2-tailed)* sebesar 0,493. Hal ini menunjukkan bahwa nilai signifikansi lebih besar dari nilai tingkat kepercayaan ($\alpha=0,05$) sehingga variabel residual berdistribusi normal. Uji linieritas menunjukkan bahwa nilai

signifikansi *linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,02, 0,048 dan 0,020 lebih kecil dari 0,05. Nilai signifikansi *deviation from linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,106, 0,751 dan 0,106 lebih besar dari 0,05, jadi data yang dipergunakan dapat dijelaskan oleh regresi linier dengan cukup baik. Uji Multikoleniaritas dengan hasil *Variance Inflation Faktor (VIF)* dari *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 2,028, 8,458 dan 6,311 menunjukkan bahwa *VIF* lebih kecil dari 10 yang berarti model regresi tidak mengandung multikoleniaritas dan model regresi layak digunakan. Uji heteroskedastisitas dengan uji *Glejser* nilai signifikansinya *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,603, 0,511 dan 0,842 lebih besar dari 0,05 yang artinya tidak terjadi heteroskedastisitas.

Model regresi arus jenuh dengan memperhitungkan semua perilaku (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*) menghasilkan nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjusted R Square* sebesar 0,935 dan signifikansi *F* sebesar 0,000. Nilai signifikansi *F* yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Dengan memperhatikan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0,935 mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 93,5% sedangkan sisanya sebesar 6,5% dipengaruhi oleh faktor lain di luar ketiga variabel bebas tersebut. Secara parsial diperoleh nilai signifikansi pada *infront of stop line* sebesar 0,38 yang berarti tidak terdapat pengaruh perilaku sepeda motor *infront of stop line* terhadap arus jenuh. Namun berbeda halnya dengan *beside flow* dan *inside flow* yang masing-masing memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 dan 0,013, yang berarti perilaku *beside flow* dan *inside flow* menyumbang pengaruh yang signifikan pada arus jenuh total.

Dalam model arus jenuh pada pendekat lebar 3 meter tanpa RHK perilaku sepeda motor *inside flow* bernilai negatif, hal tersebut disebabkan karena sepeda motor *inside flow* mengganggu kendaraan lain dibelakangnya untuk bermanuver, kendaraan lain menjaga jarak dengan sepeda motor *inside flow*, sehingga semakin banyak sepeda motor *inside flow* semakin kecil arus jenuhnya. Model arus jenuh yang dihasilkan pada pendekat lebar 3 meter tanpa RHK di simpang bersinyal adalah:

$$S = 1.968,85 + 1,92 mc \textit{ infront} + 1,21 mc \textit{ beside} - 0,7 mc \textit{ inside}$$

b. Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 3 meter dengan RHK

Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 3 meter dengan RHK nilai signifikansi F yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Secara parsial tidak ada pengaruh perilaku sepeda motor *infront of stop line* dan *inside flow* terhadap arus jenuh, hanya perilaku *beside flow* berpengaruh terhadap arus jenuh di simpang bersinyal dengan RHK dengan lebar pendekat 3 meter. Model yang dihasilkan adalah:

$$S = 2.017,18 + 0,14 mc \textit{ infront of stop line} + 1,19 mc \textit{ beside flow} - 0,42 mc \textit{ inside flow} \dots\dots\dots(5.2)$$

Model regresi arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor pada pendekat lebar 3 meter dengan RHK di simpang bersinyal, dengan uji normalitas (uji *Shapiro-Wilk*) nilai signifikansi *asympt (2-tailed)* sebesar 0,195. Hal ini menunjukkan bahwa nilai signifikansi lebih besar dari nilai tingkat kepercayaan ($\alpha=0,05$) sehingga variabel residual berdistribusi normal. Uji linieritas menunjukkan bahwa nilai signifikansi *linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,010, 0,033 dan 0,048 lebih kecil

dari 0,05. Nilai signifikansi *deviation from linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,106, 0,751 dan 0,106 lebih besar dari 0,05, jadi data yang dipergunakan dapat dijelaskan oleh regresi linier dengan cukup baik. Uji multikoleniaritas dengan hasil *Variance Inflation Faktor (VIF)* dari *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 4,143, 9,013 dan 6,150 menunjukkan bahwa *VIF* lebih kecil dari 10 yang berarti bahwa model regresi tidak mengandung multikoleniaritas dan model regresi layak digunakan. Uji heteroskedastisitas dengan uji *Glejser* nilai signifikansinya *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,826, 0,521 dan 0,242 lebih besar dari 0,05 jadi tidak terjadi heteroskedastisitas.

Model regresi dengan memperhitungkan semua perilaku (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*) menghasilkan nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjusted R Square* sebesar 0,967 dan signifikansi *F* sebesar 0,000. Nilai signifikansi *F* yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Dengan memperhatikan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0,967 mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 96,7%, sedangkan sisanya sebesar 3,3% dipengaruhi oleh faktor lain di luar ketiga variabel bebas tersebut.

Secara parsial, diperoleh nilai signifikansi pada *infront of stop line* sebesar 0,928 dan *inside flow* sebesar 0,16 yang berarti tidak ada pengaruh perilaku sepeda motor *infront of stop line* dan *inside flow* terhadap arus jenuh. Namun berbeda halnya dengan *beside flow* memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 yang berarti perilaku *beside flow* menyumbang pengaruh yang signifikan pada arus jenuh total. Dalam model arus jenuh pada pendekatan lebar 3 meter dengan RHK perilaku sepeda motor *inside flow* bernilai negatif,

hal tersebut disebabkan karena sepeda motor *inside flow* mengganggu kendaraan lain dibelakangnya untuk bermanuver, kendaraan lain menjaga jarak dengan sepeda motor *inside flow*, sehingga semakin banyak sepeda motor *inside flow* semakin kecil arus jenuhnya.

Model arus jenuh yang dihasilkan pada pendekat lebar 3 meter dengan RHK di simpang bersinyal adalah:

$$S = 2.017,18 + 0,14 mc \textit{ infront} + 1,19 mc \textit{ beside} - 0,42 mc \textit{ inside}$$

c. Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 5 meter tanpa RHK

Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 5 meter tanpa RHK nilai signifikansi F yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Secara parsial, hanya perilaku *infront of stop line* dan *inside flow* pengaruh yang signifikan pada arus jenuh, dengan model arus jenuhnya adalah:

$$S = 346,31 + 46,78 mc \textit{ infront of stop line} + 0,27 mc \textit{ beside flow} - 0,86 mc \textit{ inside flow} \dots\dots\dots (5.3)$$

Model regresi arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor pada pendekat lebar 5 meter tanpa RHK di simpang bersinyal, dengan uji normalitas (uji *Shapiro-Wilk*) nilai signifikansi *asympt (2-tailed)* sebesar 0,868. Hal ini menunjukkan bahwa nilai signifikansi lebih besar dari nilai tingkat kepercayaan ($\alpha=0,05$) sehingga variabel residual berdistribusi normal. Uji linieritas menunjukkan bahwa nilai signifikansi *linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,000, 0,045 dan 0,033 lebih kecil dari 0,05. Nilai signifikansi *deviation from linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,069, 0,079 dan 0,433 lebih besar dari 0,05, jadi data yang dipergunakan

dapat dijelaskan oleh regresi linier dengan cukup baik. Uji multikoleniaritas dengan hasil *Variance Inflation Faktor (VIF)* dari *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 1,817, 2,515 dan 1,714 menunjukkan bahwa *VIF* lebih kecil dari 10 yang berarti bahwa model regresi tidak mengandung multikoleniaritas dan model regresi layak digunakan. Uji heteroskedastisitas dengan uji *Glejser* nilai signifikansinya berturut-turut adalah 0,162, 0,315 dan 0,211 lebih besar dari 0,05 jadi tidak terjadi heteroskedastisitas.

Model regresi arus jenuh dengan memperhitungkan semua perilaku (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*) menghasilkan nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjusted R Square* sebesar 0,900 dan signifikansi *F* sebesar 0,000. Nilai signifikansi *F* yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Dengan memperhatikan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0,900 mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 90%, sedangkan sisanya sebesar 10,0 % dipengaruhi oleh faktor lain di luar ketiga variabel bebas tersebut. Secara parsial, diperoleh nilai signifikansi *beside flow* sebesar 0,15 yang berarti tidak ada pengaruh perilaku sepeda motor *beside flow* terhadap arus jenuh, namun berbeda halnya dengan *infront of stop line* dan *inside flow* memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,000 dimana *infront of stop line* dan *inside flow* menyumbang pengaruh yang signifikan pada arus jenuh total. Dalam model arus jenuh pada pendekat lebar 5 meter tanpa RHK perilaku sepeda motor *inside flow* bernilai negatif, hal tersebut disebabkan karena sepeda motor *inside flow* mengganggu kendaraan lain dibelakangnya untuk bermanuver, kendaraan lain menjaga jarak dengan sepeda motor *inside flow*, sehingga semakin banyak sepeda motor *inside flow* semakin kecil arus jenuhnya. Model arus jenuh yang dihasilkan pada pendekat lebar 5 meter tanpa RHK di simpang bersinyal adalah:

$$S = 346,31 + 46,78 mc \text{ infront} + 0,27 mc \text{ beside} - 0,86 mc \text{ inside}$$

d. Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 5 meter dengan RHK

Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 5 meter dengan RHK menghasilkan nilai signifikansi F yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Secara parsial, hanya perilaku *infront of stop line* dan *inside flow* yang signifikan berpengaruh pada arus jenuh di simpang bersinyal dengan RHK dengan lebar pendekat 5 meter, model yang dihasilkan adalah:

$$S = 2.131,43 + 10,61 mc \text{ infront of stop line} - 0,18 mc \text{ beside flow} + 2,01 mc \text{ inside flow} \dots\dots\dots (5.4)$$

Model regresi arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor pada pendekat lebar 5 meter dengan RHK di simpang bersinyal, dengan uji normalitas (uji *Shapiro-Wilk*) nilai signifikansi *asymptotic (2-tailed)* sebesar 0,837. Hal ini menunjukkan bahwa nilai signifikansi lebih besar dari nilai tingkat kepercayaan ($\alpha=0,05$) sehingga variabel residual berdistribusi normal. Uji linieritas menunjukkan bahwa nilai signifikansi *linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,025, 0,028 dan 0,033 lebih kecil dari 0,05. Nilai signifikansi *deviation from linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,791, 0,190 dan 0,433 lebih besar dari 0,05, jadi data yang dipergunakan dapat dijelaskan oleh regresi linier dengan cukup baik. Uji multikoleniaritas dengan hasil *Variance Inflation Faktor (VIF)* dari *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 1,459, 1,465 dan 1,439 menunjukkan bahwa VIF lebih kecil dari 10 yang berarti bahwa model regresi tidak mengandung multikoleniaritas dan model regresi layak digunakan. Uji heteroskedastisitas dengan uji *Glejser* nilai signifikansinya *infront of*

stop line, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,081, 0,218 dan 0,691 lebih besar dari 0,05 jadi tidak terjadi heteroskedastisitas.

Model regresi arus jenuh dengan memperhitungkan semua perilaku (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*) menghasilkan nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjusted R Square* sebesar 0,884 dan signifikansi F sebesar 0,000. Nilai signifikansi F yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Dengan memperhatikan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0,884 mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 88,4 %, sedangkan sisanya sebesar 11,6 % dipengaruhi oleh faktor lain di luar ketiga variabel bebas tersebut. Secara parsial, diperoleh nilai signifikansi *beside flow* sebesar 0,652 yang berarti tidak ada pengaruh perilaku sepeda motor *beside flow* terhadap arus jenuh. Namun berbeda halnya dengan *infront of stop line* dan *inside flow* memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,003 dan 0,000 yang berarti *infront of stop line* dan *inside flow* menyumbang pengaruh yang signifikan pada arus jenuh total. Dalam model arus jenuh pada pendekatan lebar 5 meter dengan RHK perilaku sepeda motor *beside flow* bernilai negatif, hal tersebut disebabkan karena sepeda motor *beside flow* mengganggu kendaraan lain dibelakangnya untuk bermanuver, kendaraan lain menjaga jarak dengan sepeda motor *beside flow*, sehingga semakin banyak sepeda motor *inside flow* semakin kecil arus jenuhnya. Model arus jenuh yang dihasilkan pada pendekatan lebar 5 meter dengan RHK di simpang bersinyal adalah:

$$S = 2.131,43 + 10,61 mc \textit{ infront} - 0,18 mc \textit{ beside} + 2,01 mc \textit{ inside}$$

e. Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 7 meter tanpa RHK

Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar pendekat 7 meter tanpa RHK menghasilkan nilai signifikansi F yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Secara parsial, tidak ada pengaruh perilaku sepeda motor *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* terhadap arus jenuh, model yang dihasilkan adalah:

$$S = 5.710,93 - 7,79 mc \text{ infront of stop line} + 0,90 mc \text{ beside flow} - 3,93 mc \text{ inside flow} \dots\dots\dots (5.5)$$

Model regresi arus jenuh berdasarkan perilaku sepeda motor pada pendekat lebar 7 meter tanpa RHK di simpang bersinyal, dengan uji normalitas (uji *Shapiro-Wilk*) nilai signifikansi *asymptotic (2-tailed)* sebesar 0,174. Hal ini menunjukkan bahwa nilai signifikansi lebih besar dari nilai tingkat kepercayaan ($\alpha=0,05$) sehingga variabel residual berdistribusi normal. Uji linieritas menunjukkan bahwa nilai signifikansi *linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,020, 0,048 dan 0,018 lebih kecil dari 0,05. Nilai signifikansi *deviation from linearity* untuk nilai *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,080, 0,751 dan 0,859 lebih besar dari 0,05, jadi data yang dipergunakan dapat dijelaskan oleh regresi linier dengan cukup baik. Uji multikoleniaritas dengan hasil *Variance Inflation Faktor (VIF)* dari *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 7,962, 9,791 dan 9,242 menunjukkan bahwa VIF lebih kecil dari 10 yang berarti bahwa model regresi tidak mengandung multikoleniaritas dan model regresi layak digunakan. Uji heteroskedastisitas dengan uji *Glejser* nilai signifikansinya *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,162,

0,315 dan 0,211 lebih besar dari 0,05 jadi tidak terjadi heteroskedastisitas.

Model regresi arus jenuh dengan memperhitungkan semua perilaku (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*) menghasilkan nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjusted R Square* sebesar 0,370 dan signifikansi F sebesar 0,012. Nilai signifikansi F yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Dengan memperhatikan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0,370 mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 37 %. Nilai *Adjusted R Square* kecil disebabkan karena masih ada faktor lain yang pengaruhnya cukup besar yaitu 63 %, faktor lain tersebut sesuai pengamatan di lapangan adalah perilaku kendaraan ringan, dimana pada lebar lajur 7 meter kendaraan ringan tidak tertib terhadap lajur, kendaraan ringan berada di samping lajur sehingga menghalangi sepeda motor untuk bermanuver ke depan. Secara parsial, diperoleh nilai signifikansi *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* masing-masing sebesar 0,549, 0,206 dan 0,084 yang berarti tidak ada pengaruh perilaku sepeda motor *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* terhadap arus jenuh total secara terpisah. Dalam model arus jenuh pada pendekat lebar 7 meter tanpa RHK perilaku sepeda motor *infront of stop line* dan *inside flow* bernilai negatif, hal tersebut disebabkan karena sepeda motor *infront of stop line* dan *inside flow* mengganggu kendaraan lain dibelakangnya untuk bermanuver, kendaraan lain menjaga jarak dengan sepeda motor *infront of stop line* dan *inside flow*, sehingga semakin banyak sepeda motor *infront of stop line* dan *inside flow* semakin kecil arus jenuhnya. Model arus jenuh yang dihasilkan pada pendekat lebar 7 meter tanpa RHK di simpang bersinyal adalah:

$$S = 5.710,93 - 7,79 mc \text{ infront} + 0,90 mc \text{ beside} - 3,93 mc \text{ inside}$$

f. Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 7 meter dengan RHK

Model regresi pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 7 meter dengan RHK menghasilkan nilai signifikansi F yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Secara parsial, hanya perilaku *beside flow* dan *inside flow* menyumbang pengaruh yang signifikan pada arus jenuh di simpang bersinyal dengan RHK dengan lebar pendekat 7 meter, model yang dihasilkan adalah:

$$S = 5.748,76 + 4,35 mc \text{ in front of stop line} - 0,35 mc \text{ beside flow} - 2,5 mc \text{ inside flow} \dots\dots\dots(5.6)$$

Model regresi arus jenuh pada pendekat lebar 7 meter dengan RHK di simpang bersinyal, dengan uji normalitas (uji *Shapiro-Wilk*) nilai signifikansi *asympt (2-tailed)* sebesar 0,938. Hal ini menunjukkan bahwa nilai signifikansi lebih besar dari nilai tingkat kepercayaan ($\alpha=0,05$) sehingga variabel residual berdistribusi normal. Uji linieritas menunjukkan bahwa nilai signifikansi *linearity* untuk nilai *in front of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,016, 0,048 dan 0,002 lebih kecil dari 0,05. Nilai signifikansi *deviation from linearity* untuk nilai *in front of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 0,526, 0,751 dan 0,108 lebih besar dari 0,05, jadi data yang dipergunakan dapat dijelaskan oleh regresi linier dengan cukup baik. Uji multikoleniaritas dengan hasil *Variance Inflation Faktor (VIF)* dari *in front of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* berturut-turut adalah 1,242, 1,446 dan 1,718 menunjukkan bahwa *VIF* lebih kecil dari 10 yang berarti bahwa model regresi tidak mengandung multikoleniaritas dan model regresi layak digunakan. Uji heteroskedastisitas dengan uji *Glejser* nilai signifikansinya *in front of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*

berturut-turut adalah 0,109, 0,800 dan 0,163 lebih besar dari 0,05 jadi tidak terjadi heteroskedastisitas.

Model regresi arus jenuh dengan memperhitungkan semua perilaku (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*) menghasilkan nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjusted R Square* sebesar 0,551 dan signifikansi F sebesar 0,000. Nilai signifikansi F yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 yang berarti model yang dibangun berdasarkan data yang diperoleh telah layak. Dengan memperhatikan nilai *Adjusted R Square* sebesar 0,551 mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 55,1%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar ketiga variabel bebas tersebut seperti perilaku kendaraan ringan. Secara parsial, diperoleh nilai signifikansi *infront of stop line* sebesar 0,755 yang berarti tidak ada pengaruh perilaku sepeda motor *infront of stop line* terhadap arus jenuh. Namun berbeda halnya dengan *beside flow* dan *inside flow* memperoleh nilai signifikansi sebesar 0,034 dan 0,000 yang berarti *beside flow* dan *inside flow* memberikan pengaruh yang signifikan pada arus jenuh total. Dalam model arus jenuh pada pendekatan lebar 7 meter dengan RHK perilaku sepeda motor *beside flow* dan *inside flow* bernilai negatif, hal tersebut disebabkan karena sepeda motor *beside flow* dan *inside flow* mengganggu kendaraan lain dibelakangnya untuk bermanuver, kendaraan lain menjaga jarak dengan sepeda motor *beside flow* dan *inside flow*, sehingga semakin banyak sepeda motor *beside flow* dan *inside flow* semakin kecil arus jenuhnya. Model arus jenuh yang dihasilkan pada pendekatan lebar 7 meter dengan RHK di simpang bersinyal adalah:

$$S = 5.748,76 + 4,35 mc \textit{ infront} - 0,35 mc \textit{ beside} - 2,5 mc \textit{ inside}$$

H. Analisis EMP Berdasarkan Perilaku Sepeda Motor

Dalam penentuan emp, nilai arus jenuh (S) yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya diregresikan dimana variable bebasnya adalah perilaku sepeda motor *infront of stop line*, sepeda motor *beside flow*, sepeda motor *inside flow*, dan kendaraan berat. Kendaraan ringan menjadi faktor pengurangan dari nilai arus jenuh karena kendaraan ringan menjadi acuan untuk memperoleh satuan mobil penumpang (SMP). Nilai emp ditentukan berdasarkan koefisien dari regresi linier berganda. Dalam analisis ini digunakan *standardized coefficients* untuk nilai koefisien karena variabel sepeda motor, kendaraan ringan dan kendaraan berat merupakan suatu unit pengukuran (*measurement unit*) yang tidak sama. Hasil analisis emp dapat dilihat pada Tabel 7.27 sampai Tabel 7.32.

Tabel 7.27 Emp dan arus jenuh pada pendekat lebar 3 meter tanpa RHK

Waktu	MC <i>infront</i>	MC <i>beside</i>	MC <i>Inside</i>	LV	HV	S_3 (kend/jam)
07.00-08.00	38	1189	509	113	7	3064
07.10-08.10	35	1346	537	126	8	3272
07.20-08.20	33	1415	526	144	8	3369
07.30-08.30	29	1419	494	156	9	3381
07.40-08.40	26	1369	440	158	10	3452
07.50-08.50	29	1316	372	161	10	3354
08.00-09.00	40	1242	339	163	11	3285
12.00-13.00	41	1140	309	131	25	3179
12.10-13.10	40	1058	292	132	24	3077
12.20-13.20	45	974	295	135	22	3080
12.30-13.30	50	923	293	140	18	3000
12.40-13.40	52	898	275	153	17	2945
12.50-13.50	47	884	272	156	19	2944
13.00-14.00	48	864	265	151	20	3011
16.00-17.00	47	861	258	170	14	2957
16.10-17.10	48	864	239	148	13	2916
16.20-17.20	43	876	222	143	13	2876
16.30-17.30	42	814	203	142	12	2839
16.40-17.40	36	780	207	139	10	2844
16.50-17.50	32	860	210	142	11	2884

Waktu	MC infront	MC beside	MC Inside	LV	HV	S ₃ (kend/jam)
17.00-18.00	36	921	240	144	9	3037

R² = 95.80%; Adjust R²= 94.7%; emp mc infront = 0,02; emp mc beside = 1,2; emp mc inside = 0,2; emp hv = 0,1; emp lv = 1,00

Tabel 7.27 menunjukkan bahwa pada pendekat lebar 3 meter tanpa RHK, analisis regresi arus jenuhnya memperoleh nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjust R-Square* sebesar 0,947. Perilaku sepeda motor (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*), kendaraan ringan dan kendaraan berat berkontribusi sebesar 94,7 % terhadap arus jenuh sisanya sebesar 5,3 % dipengaruhi oleh faktor lain, dengan signifikansi F sebesar 0,000 yang berarti model yang dibangun telah layak. Model regresi linier berganda yang dihasilkan adalah $S = - 0,02 mc\ infront + 1,2 mc\ beside - 0,2 mc\ inside + 0,1 HV$. Dalam model analisis regresi juga ditemukan semakin besar *mc beside flow* dan kendaraan berat semakin besar juga arus jenuhnya, tetapi semakin besar *mc inside flow* dan *mc infront of stop line* mengurangi nilai arus jenuh. Penentu terbesar dari arus jenuh pada lebar efektif pendekat 3 meter adalah *mc beside flow* karena mempunyai nilai emp sebesar 1,2.

Tabel 7.28 Emp dan arus jenuh pada pendekat lebar 3 meter dengan RHK

Waktu	MC infront	MC beside	MC Inside	LV	HV	S ₃ (kend/jam)
07.00-08.00	6	1216	413	204	6	3383
07.10-08.10	7	1357	433	223	8	3493
07.20-08.20	6	1462	441	247	7	3663
07.30-08.30	7	1450	420	257	8	3707
07.40-08.40	8	1467	397	256	10	3702
07.50-08.50	10	1413	367	251	13	3658
08.00-09.00	10	1355	342	246	15	3604
12.00-13.00	10	1268	313	267	14	3506
12.10-13.10	13	1197	298	268	14	3377
12.20-13.20	19	1120	267	264	16	3304
12.30-13.30	27	1036	243	257	14	3152
12.40-13.40	31	982	223	268	14	3126
12.50-13.50	36	945	233	266	15	3147
13.00-14.00	41	959	252	267	12	3163

Waktu	MC <i>infront</i>	MC <i>beside</i>	MC <i>Inside</i>	LV	HV	S ₃ (kend/jam)
16.00-17.00	42	933	250	248	9	3157
16.10-17.10	35	930	261	249	8	3133
16.20-17.20	29	939	254	258	9	3141
16.30-17.30	28	940	247	249	7	3123
16.40-17.40	25	919	227	249	7	3112
16.50-17.50	22	950	216	250	6	3190
17.00-18.00	19	977	220	251	5	3243

R² = 98,1%; Adjust R² = 97,6%; emp mc *infront* = 0,06; emp mc *beside* = 1,2; emp mc *inside* = 0,2; emp hv = 0,1; emp lv = 1,00

Tabel 7.28 menunjukkan bahwa pada pendekatan lebar 3 meter dengan RHK, analisis regresi arus jenuhnya memperoleh nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjust R-Square* sebesar 0,976. Perilaku sepeda motor (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*), kendaraan ringan dan kendaraan berat berkontribusi sebesar 97,6 % terhadap arus jenuh sisanya sebesar 2,4 % dipengaruhi oleh faktor lain, dengan nilai signifikansi F sebesar 0,000 yang berarti model yang dibangun telah layak. Model regresi linier berganda yang dihasilkan adalah $S = - 0,06 \text{ mc } \textit{infront} + 1,2 \text{ mc } \textit{beside} - 0,2 \text{ mc } \textit{inside} - 0,1 \text{ HV}$. Dalam analisis regresi ditemukan semakin besar *mc infront of stop line* dan *mc beside flow* semakin besar juga arus jenuhnya. Penentu terbesar dari arus jenuh pada lebar pendekatan 3 meter adalah *mc beside flow* karena mempunyai nilai emp sebesar 1,2.

Tabel 7.29 Emp dan arus jenuh pada pendekatan lebar 5 meter tanpa RHK

Waktu	MC <i>infront</i>	MC <i>beside</i>	MC <i>Inside</i>	LV	HV	S ₃ (kend/jam)
07.00-08.00	21	906	718	318	40	2192
07.10-08.10	24	1048	754	342	37	2387
07.20-08.20	22	1198	806	384	43	2544
07.30-08.30	32	1261	894	411	52	2789
07.40-08.40	32	1329	1002	435	59	3023
07.50-08.50	30	1317	1092	447	66	3267
08.00-09.00	34	1237	1119	467	68	3221
12.00-13.00	34	1179	1136	489	54	3217
12.10-13.10	35	1086	1140	491	53	3166
12.20-13.20	28	1010	1137	492	55	3087

Waktu	MC <i>infront</i>	MC <i>beside</i>	MC <i>Inside</i>	LV	HV	S ₃ (kend/jam)
12.30-13.30	27	902	1162	495	62	2913
12.40-13.40	26	859	1123	520	65	2687
12.50-13.50	24	888	1166	524	65	2720
13.00-14.00	23	866	1261	549	68	2645
16.00-17.00	17	839	1334	573	52	2572
16.10-17.10	17	866	1266	536	55	2518
16.20-17.20	17	916	1163	527	60	2410
16.30-17.30	19	949	1092	527	60	2337
16.40-17.40	18	973	1033	529	56	2261
16.50-17.50	16	1146	1078	527	49	2332
17.00-18.00	18	1254	1186	509	45	2384

R² = 91,3%; Adjust R²= 89,1%; emp mc *infront* = 0,8; emp mc *beside* = 0,1; emp mc *inside* = 0,3; emp hv = 0,2; emp lv = 1,00

Tabel 7.29 menunjukkan bahwa pada pendekatan lebar 5 meter tanpa RHK, analisis regresi arus jenuhnya memperoleh nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjust R-Square* sebesar 0,891. Perilaku sepeda motor (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*), kendaraan ringan dan kendaraan berat berkontribusi sebesar 89,1% terhadap arus jenuh sisanya sebesar 10,9% dipengaruhi oleh faktor lain, dengan signifikansi F sebesar 0,000 yang berarti model yang dibangun telah layak. Model regresi linier berganda yang dihasilkan adalah $S = 0,8 \text{ mc } \textit{infront} + 0,1 \text{ mc } \textit{beside} + 0,3 \text{ mc } \textit{inside} + 0,2 \text{ HV}$. Dalam analisis regresi juga ditemukan semakin besar *mc infront of stop line*, *mc beside flow*, *mc inside flow* dan kendaraan berat semakin besar juga arus jenuhnya. Penentu terbesar dari arus jenuh pada lebar pendekatan 5 meter tanpa RHK adalah *mc infront of stop line* karena mempunyai nilai emp sebesar 0,8.

Tabel 7.30 Emp dan arus jenuh pada pendekatan lebar 5 meter dengan RHK

Waktu	MC <i>infront</i>	MC <i>beside</i>	MC <i>Inside</i>	LV	HV	S ₃ (kend/jam)
07.00-08.00	12	1219	479	385	10	2939
07.10-08.10	12	1126	443	382	12	2950
07.20-08.20	18	1081	431	380	12	2951
07.30-08.30	17	1070	444	392	13	2995
07.40-08.40	19	1069	465	385	14	3073
07.50-08.50	20	1104	473	399	13	3161

Waktu	MC <i>infront</i>	MC <i>beside</i>	MC <i>Inside</i>	LV	HV	S ₃ (kend/jam)
08.00-09.00	20	1073	500	381	17	3184
12.00-13.00	24	1112	527	409	7	3237
12.10-13.10	23	1145	555	430	6	3291
12.20-13.20	20	1166	571	444	6	3328
12.30-13.30	19	1178	580	434	8	3367
12.40-13.40	18	1124	601	428	8	3379
12.50-13.50	21	1143	634	435	9	3392
13.00-14.00	18	1143	628	420	11	3356
16.00-17.00	16	1140	619	421	8	3346
16.10-17.10	20	1104	597	395	7	3314
16.20-17.20	25	1077	587	374	5	3328
16.30-17.30	28	1113	581	357	3	3289
16.40-17.40	29	1119	545	348	2	3307
16.50-17.50	28	1109	541	356	3	3370
17.00-18.00	26	1085	547	332	2	3398

R² = 90,3%; Adjust R²= 87,9 %; emp mc *infront* = 0,4; emp mc *beside* = 0,1; emp mc *inside* = 0,7; emp hv = 0,1; emp lv = 1,00

Tabel 7.30 menunjukkan bahwa pada pendekatan lebar 5 meter dengan RHK, analisis regresi arus jenuhnya memperoleh nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjust R-Square* sebesar 0,879. Perilaku sepeda motor (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*), kendaraan ringan dan kendaraan berat berkontribusi sebesar 87,9 % terhadap arus jenuh sisanya sebesar 12,1 % dipengaruhi oleh faktor lain, dengan signifikansi F sebesar 0,000 yang berarti model yang dibangun telah layak. Model regresi linier berganda yang dihasilkan adalah $S = 0,4 \text{ infront} - 0,1 \text{ beside} - 0,7 \text{ inside} - 0,1 \text{ HV}$. Dalam analisis regresi juga ditemukan semakin besar *mc infront of stop line*, *mc inside flow* dan kendaraan ringan semakin besar juga arus jenuhnya, sedangkan semakin besar *mc beside flow* dan kendaraan berat mengurangi nilai arus jenuh. Penentu terbesar dari arus jenuh pada lebar pendekatan 5 meter dengan RHK adalah *mc inside flow* karena mempunyai nilai emp sebesar 0,7.

Tabel 7.31 Emp dan arus jenuh pada pendekat lebar 7 meter tanpa RHK

Waktu	MC <i>infront</i>	MC <i>beside</i>	MC <i>Inside</i>	LV	HV	S ₃ (kend/jam)
07.00-08.00	19	1195	941	446	31	3321
07.10-08.10	21	1337	961	492	32	3267
07.20-08.20	17	1386	957	508	32	3219
07.30-08.30	20	1422	986	531	35	3096
07.40-08.40	19	1373	961	539	37	3016
07.50-08.50	19	1385	943	545	46	2950
08.00-09.00	20	1367	942	550	54	2854
12.00-13.00	25	1238	956	524	65	2680
12.10-13.10	36	1137	941	512	70	2569
12.20-13.20	41	1003	868	533	73	2555
12.30-13.30	51	932	893	551	72	2494
12.40-13.40	57	825	876	548	73	2407
12.50-13.50	60	753	857	566	74	2380
13.00-14.00	60	770	852	582	73	2569
16.00-17.00	57	808	851	553	48	2679
16.10-17.10	58	826	856	539	47	2727
16.20-17.20	67	829	829	520	41	2843
16.30-17.30	66	820	817	514	38	2983
16.40-17.40	70	780	785	505	37	3115
16.50-17.50	68	876	747	512	37	2953
17.00-18.00	67	981	762	501	32	2918

R² = 95,7%; Adjust R²= 91,7 %; emp mc *infront* = 0,8; emp mc *beside* = 0,4; emp mc *inside* = 0,3; emp hv = 0,9; emp lv = 1,00

Tabel 7.31 menunjukkan bahwa pada pendekat lebar 7 meter tanpa RHK, analisis regresi arus jenuhnya memperoleh nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjust R-Square* sebesar 0,917. Perilaku sepeda motor (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*), kendaraan ringan dan kendaraan berat berkontribusi sebesar 91,7 % terhadap arus jenuh sisanya sebesar 8,3% dipengaruhi oleh faktor lain, dengan signifikansi F sebesar 0,000 yang berarti model yang dibangun telah layak. Model regresi linier berganda yang dihasilkan adalah $S = - 0,8 \textit{ infront} - 0,4 \textit{ beside} - 0,3 \textit{ inside} + 0,9 \textit{ HV}$. Dalam analisis regresi juga ditemukan semakin besar volume kendaraan berat, *mc infront of stop line*, *mc beside flow* dan *mc inside flow* semakin kecil arus jenuhnya. Penentu terbesar dari arus jenuh

pada lebar pendekat 7 meter tanpa RHK adalah kendaraan berat karena mempunyai nilai emp sebesar 0,9.

Tabel 7.32 Emp dan arus jenuh pada pendekat dengan lebar efektif 7 meter dengan RHK

Waktu	MC <i>infront</i>	MC <i>beside</i>	MC <i>Inside</i>	LV	HV	S ₃ (kend/jam)
07.00-08.00	12	1585	1172	556	15	2293
07.10-08.10	11	1723	1200	582	15	2339
07.20-08.20	8	1804	1122	607	16	2381
07.30-08.30	4	1877	1035	637	18	2423
07.40-08.40	4	1856	997	636	19	2420
07.50-08.50	6	1839	952	639	23	2808
08.00-09.00	5	1773	932	646	24	2833
12.00-13.00	5	1658	953	880	24	2826
12.10-13.10	5	1495	1015	897	20	2794
12.20-13.20	4	1356	1086	904	20	2763
12.30-13.30	5	1289	1121	928	23	2751
12.40-13.40	5	1240	1158	932	25	2356
12.50-13.50	6	1210	1182	936	28	2328
13.00-14.00	6	1251	1188	926	27	2334
16.00-17.00	7	1296	1132	832	26	2340
16.10-17.10	9	1343	1096	829	26	2346
16.20-17.20	8	1380	1047	814	23	2674
16.30-17.30	9	1404	1044	816	16	2676
16.40-17.40	9	1452	1037	820	15	2688
16.50-17.50	8	1477	1058	845	13	2682
17.00-18.00	8	1489	1057	869	12	2692

$R^2 = 76,4\%$; Adjust $R^2 = 70,5\%$; emp mc *infront* = 0,2; emp mc *beside* = 0,2; emp mc *inside* = 0,8; emp hv = 0,2; emp lv = 1,00

Tabel 7.32 menunjukkan bahwa pada pendekat lebar 7 meter dengan RHK, analisis regresi arus jenuhnya memperoleh nilai *goodness of fit* dengan pendekatan *Adjust R-Square* sebesar 0,705. Perilaku sepeda motor (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*), kendaraan ringan dan kendaraan berat berkontribusi sebesar 70,5 % terhadap arus jenuh sisanya sebesar 29,5% dipengaruhi oleh faktor lain, dengan signifikansi F sebesar 0,000 yang berarti model yang dibangun telah layak. Model regresi linier berganda yang dihasilkan adalah $S = 0,2 \text{ infront} + 0,2 \text{ beside} - 0,8 \text{ inside} - 0,2 \text{ HV}$.

Dalam analisis regresi juga ditemukan semakin besar volume kendaraan berat dan *mc insideflow*, semakin kecil arus jenuhnya dan semakin besar *mc beside flow* dan *mc infront of stop line* semakin besar arus jenuhnya, Penentu terbesar dari arus jenuh pada lebar pendekat 7 meter dengan RHK adalah *mc inside flow* karena mempunyai nilai emp sebesar 0,8.

Rekapitulasi nilai emp berdasarkan perilaku sepeda motor untuk simpang bersinyal dengan lebar pendekat 3 meter, 5 meter dan 7 meter tanpa maupun dengan RHK ditunjukkan pada Tabel 7.33.

Tabel 7.33 Rekapitulasi nilai emp

Lebar efektif pendekat	Model Regresi Linier Berganda	emp			LV	HV
		MC Infront	MC Beside	MC Inside		
3m	Tanpa RHK	$S=-0,02$	$+1,2$	$-0,2$	1	0,1
	RHK	$S=-0,06$	$+1,2$	$-0,2$	1	0,1
5m	Tanpa RHK	$S=0,8$	$+0,1$	$+0,3$	1	0,2
	RHK	$S=0,4$	$-0,1$	$-0,7$	1	0,1
7m	Tanpa RHK	$S=-0,8$	$-0,4$	$-0,3$	1	0,9
	RHK	$S=0,2$	$+0,2$	$-0,8$	1	0,2

Dari Tabel 7.33 bisa dilihat bahwa secara umum semakin besar lebar pendekat semakin besar nilai emp dari *mc inside flow* dan HV baik pendekat dengan RHK maupun tanpa RHK, hal tersebut disebabkan karena semakin besar lebar lajur semakin besar juga volume *mc inside flow* dan HV. Sedangkan untuk nilai emp yang lainnya bervariasi disetiap lebar pendekat baik yang ada RHK maupun tanpa RHK, hal tersebut disebabkan karena volume sepeda motor *beside flow* dan *infront of stop line* bervariasi disetiap lebar pendekat. Secara umum nilai emp kendaraan berat kecil, hal

tersebut disebabkan karena volume kendaraan berat sedikit melewati simpang per jam.

Nilai emp diperoleh dari koefisien regresi pada model regresi dengan mengadopsi perilaku sepeda motor, yaitu perilaku sepeda motor *infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow* disertai kendaraan ringan dan kendaraan berat. Nilai emp yang diperoleh dari hasil regresi pada pendekatan lebar 3 meter tanpa RHK antara lain, emp sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,02, emp sepeda motor *beside flow* 1,2, sepeda motor *inside flow* 0,2, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,1. Emp paling besar adalah emp sepeda motor *beside flow* yang nilainya melebihi emp kendaraan ringan sebesar 1,2 kali kendaraan ringan. Hal tersebut diakibatkan dari pergerakan perilaku sepeda motor *beside flow* yang mengganggu pergerakan kendaraan lainnya sehingga kendaraan lain tidak bisa bermanuver dengan bebas dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor *beside flow* adalah 1,2 dari area kendaraan ringan.

Pada penelitian Rongviriyapanich and Suppattrakul (2005) di Thailand ditemukan juga emp sepeda motor sebesar 1 sama dengan emp kendaraan ringan. Beda halnya dengan perilaku sepeda motor *inside flow* empnya adalah 0,2 kali emp kendaraan ringan. Hal tersebut diakibatkan dari pergerakan perilaku *inside flow* sedikit mengganggu kendaraan lain sehingga kendaraan lain bermanuver dengan konstan dimana area dari perilaku sepeda motor *inside flow* adalah 0,2 kali kendaraan ringan. Emp sepeda motor *infront of stop line* 0,02 kali emp kendaraan ringan sehingga perilaku sepeda motor *infront of stop line* tidak mengganggu kendaraan lain dimana perilaku sepeda motor *infront of stop line* paling awal bermanuver meninggalkan simpang.

Emp kendaraan berat 0,1 kali emp kendaraan ringan karena selain volume kendaraan berat sangat kecil saat melewati pendekatan

dalam 1 jam, kendaraan berat juga tidak mengganggu kendaraan lain sehingga kendaraan lain bermanuver teratur dengan konstan dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari kendaraan berat adalah 0,1 kali kendaraan ringan. Dalam penelitian Pertiwi, et al. (2017) pada Simpang Don Bosco, Kaliwiru, Semarang, Jawa Tengah juga ditemukan nilai emp kendaraan berat lebih kecil dari nilai emp kendaraan ringan yaitu sebesar 0,207. Pada penelitian sebelumnya (Suweda dan Priyantha 2021) juga menemukan bahwa emp sepeda motor di simpang Gatot Subroto-Kenyeri-Seroja lebih besar dari kendaraan ringan dan emp kendaraan berat lebih kecil dari emp kendaraan ringan yaitu 1,02 untuk emp sepeda motor dan 0,2 untuk kendaraan berat.

Nilai emp yang diperoleh dari hasil regresi pada pendekatan lebar 3 meter dengan RHK antara lain, emp sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,06, emp sepeda motor *beside flow* 1,2, sepeda motor *inside flow* 0,2, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,1. Emp paling besar adalah emp sepeda motor *beside flow* yang nilainya melebihi emp kendaraan ringan sebesar 1,2 kali kendaraan ringan. Hal tersebut diakibatkan dari pergerakan perilaku sepeda motor *beside flow* yang mengganggu pergerakan kendaraan lainnya sehingga kendaraan lain tidak bisa bermanuver dengan bebas dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor *beside flow* adalah 1,2 dari area kendaraan ringan. Beda halnya dengan perilaku sepeda motor *inside flow* empnya adalah 0,2 kali emp kendaraan ringan.

Hal tersebut diakibatkan dari pergerakan perilaku *inside flow* sedikit mengganggu kendaraan lain sehingga kendaraan lain bermanuver dengan konstan dimana area dari perilaku sepeda motor *inside flow* adalah 0,2 kali kendaraan ringan. Emp sepeda motor *infront of stop line* 0,06 kali emp kendaraan ringan sehingga perilaku sepeda motor *infront of stop line* tidak mengganggu kendaraan lain dimana perilaku sepeda motor *infront of stop line*

paling awal bermanuver meninggalkan simpang. Emp kendaraan berat 0,1 kali emp kendaraan ringan karena selain volume kendaraan berat sangat kecil saat melewati pendekat dalam 1 jam, kendaraan berat juga tidak mengganggu kendaraan lain sehingga kendaraan lain bermanuver teratur dengan konstan dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari kendaraan berat adalah 0,1 kali kendaraan ringan.

Nilai emp sepeda motor *beside flow*, sepeda motor *inside flow* dan kendaraan berat pada pendekat lebar 3 meter dengan maupun tanpa RHK sama. Kesamaan nilai emp menunjukkan bahwa distribusi perilaku, proporsi kendaraan dan headway kendaraan hampir sama pada simpang dengan lebar efektif pendekat 3 meter dengan dan tanpa RHK. Perbedaan terjadi pada emp sepeda motor *infront of stop line* dengan RHK lebih besar dari pendekat tanpa RHK dengan selisih 0,04, hal ini disebabkan volume kendaraan *infront of stop line* pada pendekat 3 meter tanpa RHK lebih sedikit daripada dengan RHK sehingga kendaraan dibelakang tidak membutuhkan waktu lama untuk bermanuver.

Nilai emp yang diperoleh dari hasil regresi pada pendekat lebar 5 meter tanpa RHK antara lain, emp sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,8, emp sepeda motor *beside flow* 0,1, sepeda motor *inside flow* 0,3, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,2. Emp sepeda motor *infront of stop line* 0,8 kali kendaraan ringan, hal tersebut diakibatkan dari pergerakan perilaku sepeda motor *infront of stop line* yang mengganggu pergerakan kendaraan lainnya sehingga kendaraan lain tidak bisa bermanuver dengan bebas dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor *infront of stop line* adalah 0,8 dari area kendaraan ringan.

Beda halnya dengan perilaku sepeda motor *inside flow* dan *beside flow* empnya 0,3 dan 0,1 kali emp kendaraan ringan karena perilaku *inside flow* dan *beside flow* tidak mengganggu kendaraan

lain dibelakangnya. Kendaraan lain bermanuver dengan konstan dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor *inside flow* dan *beside flow* adalah 0,3 dan 0,1 kali kendaraan ringan. Emp kendaraan berat 0,2 kali emp kendaraan ringan karena selain volume kendaraan berat sangat kecil saat melewati pendekat dalam 1 jam, kendaraan berat juga tidak mengganggu kendaraan lain sehingga kendaraan lain bermanuver teratur dengan konstan dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari kendaraan berat adalah 0,2 kali kendaraan ringan.

Nilai emp yang diperoleh dari hasil regresi pada pendekat lebar 5 meter dengan RHK antara lain, emp sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,4, emp sepeda motor *beside flow* 0,1, sepeda motor *inside flow* 0,7, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,1. Emp sepeda motor *infront of stop line* 0,4 kali kendaraan ringan, hal tersebut dikarenakan perilaku sepeda motor *infront of stop line* meninggalkan pendekat paling awal sehingga tidak mengganggu kendaraan lain dalam bermanuver. Area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor *infront of stop line* adalah 0,4 dari area kendaraan ringan. Emp sepeda motor *beside flow* 0,1 kali kendaraan ringan, hal tersebut dikarenakan perilaku sepeda motor *beside flow* tidak mengganggu kendaraan lain dalam bermanuver.

Area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor *beside flow* adalah 0,1 dari area kendaraan ringan. Emp kendaraan berat 0,1 kali emp kendaraan ringan karena selain volume kendaraan berat sangat kecil saat melewati pendekat dalam 1 jam, kendaraan berat juga tidak mengganggu kendaraan lain sehingga kendaraan lain bermanuver teratur dengan konstan dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari kendaraan berat adalah 0,1 kali kendaraan ringan. Beda halnya dengan perilaku sepeda motor *inside flow* 0,7 kali emp kendaraan ringan, hal tersebut diakibatkan dari pergerakan perilaku sepeda motor *inside flow* yang mengganggu pergerakan kendaraan lainnya sehingga kendaraan

lain tidak bisa bermanuver dengan bebas dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor *inside flow* adalah 0,7 dari area kendaraan ringan.

Nilai emp yang diperoleh dari hasil regresi pada pendekat lebar 7 meter tanpa RHK antara lain, emp sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,8, emp sepeda motor *beside flow* 0,4, sepeda motor *inside flow* 0,3, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,9. Emp sepeda motor *beside flow* dan *inside flow* nilainya hampir sama yaitu 0,4 dan 0,3, hal itu dikarenakan pada pendekat dengan lebar lajur 7 meter tanpa RHK perilaku sepeda motor *beside flow*, *inside flow* pergerakannya konstan jadi tidak mengganggu kendaraan lain dalam bermanuver. Emp sepeda motor *infront of stop line* 0,8 kali kendaraan ringan, hal tersebut dikarenakan perilaku sepeda motor *infront of stop line* mengganggu pergerakan kendaraan lain dibelakangnya. Kendaraan lain tidak bisa manuver dengan bebas, kendaraan lain menjaga jarak aman dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor *infront of stop line* adalah 0,8 dari area kendaraan ringan. Emp kendaraan berat 0,9 kali emp kendaraan ringan hampir mendekati kendaraan ringan, karena volume kendaraan berat pada pendekat ini sudah mulai banyak dan stabil sehingga area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari kendaraan berat adalah 0,9 kali kendaraan ringan.

Nilai emp yang diperoleh dari hasil regresi pada pendekat lebar 7 meter dengan RHK antara lain, emp sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,2, emp sepeda motor *beside flow* 0,2, sepeda motor *inside flow* 0,2, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,2. Emp sepeda motor *infront of stop line* dan *beside flow* nilainya sama yaitu 0,2 kali kendaraan ringan, hal tersebut dikarenakan perilaku sepeda motor *infront of stop line* dan *beside flow* tidak mengganggu kendaraan lain dalam bermanuver.

Area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor *infront of stop line* dan *beside flow* adalah 0,2 dari area kendaraan ringan. Kendaraan berat empunya 0,2 kali emp kendaraan ringan karena disamping volume kendaraan berat sangat kecil melewati pendekat dalam 1 jam, kendaraan berat juga tidak mengganggu kendaraan ringan sehingga kendaraan lain bermanuver teratur dengan konstan dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku kendaraan berat adalah 0,2 kali kendaraan ringan. Beda halnya dengan perilaku sepeda motor *inside flow* 0,8 kali emp kendaraan ringan, hal tersebut diakibatkan dari pergerakan perilaku sepeda motor *inside flow* yang mengganggu pergerakan kendaraan lainnya sehingga kendaraan lain tidak bisa bermanuver dengan bebas dimana area yang dibutuhkan untuk jarak aman dari perilaku sepeda motor 0,8 kali kendaraan ringan.

Secara umum semakin besar lebar pendekat semakin besar nilai emp dari *MC inside flow* dan HV baik pendekat dengan RHK maupun tanpa RHK, hal tersebut disebabkan karena semakin besar lebar lajur semakin besar juga volume *MC inside flow* dan HV. Sedangkan untuk nilai emp yang lainnya bervariasi disetiap lebar pendekat baik yang ada RHK maupun tanpa RHK hal tersebut disebabkan karena volume sepeda motor *beside flow* dan *infront of stop line* bervariasi disetiap lebar pendekat.



BAB 8

PENUTUP

Hasil analisis dan pembahasan dari distribusi perilaku sepeda motor, perbandingan arus jenuh, model arus jenuh dan nilai emp berdasarkan perilaku sepeda motor pada simpang bersinyal dengan lebar efektif pendekat 3 meter, 5 meter dan 7 meter disimpulkan sebagai berikut:

1. Distribusi perilaku sepeda motor tertinggi adalah perilaku *beside flow* baik pendekat yang ada RHK maupun tanpa RHK. Sepeda motor mendominasi pergerakan lalu lintas di Kota Denpasar dan pengendara sepeda motor lebih memilih perilaku *beside flow*. Hal tersebut disebabkan karena sepeda motor lebih cepat bermanuver tanpa dihalangi kendaraan lain pada perilaku sepeda motor *beside flow*.
2. Arus jenuh pada lebar pendekat 3 meter tanpa RHK lebih kecil dari arus jenuh dengan RHK, dimana nilai arus jenuh tanpa RHK sebesar 3.452 kend/jam dan arus jenuh dengan RHK

sebesar 3.707 kend/jam. Arus jenuh pada lebar pendekat 5 meter tanpa RHK lebih kecil dari arus jenuh dengan RHK, dimana nilai arus jenuh tanpa RHK sebesar 3.267 kend/jam dan dengan RHK sebesar 3.398 kend/jam. Arus jenuh pada lebar pendekat 7 meter tanpa RHK besar dari arus jenuh dengan RHK, dimana nilai arus jenuh tanpa RHK sebesar 3.321 kend/jam dan dengan RHK sebesar 2.833 kend/jam. Dalam analisis arus jenuh ditemukan nilai arus jenuh pada pendekat dengan RHK lebih besar dari pada tanpa RHK pada lebar efektif pendekat 3 meter dan 5 meter karena proporsi sepeda motor lebih besar pada pendekat dengan RHK dari pada tanpa RHK. Hal tersebut juga disebabkan pada pendekat 3 meter dan 5 meter dengan RHK volume sepeda motor lebih banyak dilewatkan dalam jam hijau dari pada tanpa RHK karena pada lebar pendekat tersebut kendaraan ringan pada umumnya tertib berada pada lajur. Pada pendekat 7 meter nilai arus jenuh lebih besar pada pendekat tanpa RHK hal tersebut disebabkan oleh proporsi sepeda motor lebih besar pada pendekat tanpa RHK dari pada dengan RHK. Semakin besar volume sepeda motor semakin besar juga arus jenuhnya dan semakin besar volume sepeda motor di luar arus semakin besar juga arus jenuhnya. Dari hasil penelitian juga diperoleh semakin besar lebar pendekat semakin kecil nilai arus jenuhnya baik dengan RHK maupun tanpa RHK.

3. Dalam analisis model regresi linier sederhana diperoleh kecenderungan persentase perilaku *beside flow* berpengaruh positif terhadap arus jenuh, dimana semakin besar persentase sepeda motor *beside flow* arus jenuh semakin besar juga. Dalam model regresi linier berganda diadopsi semua perilaku sepeda motor (*infront of stop line*, *beside flow* dan *inside flow*), dikarenakan semua perilaku berkontribusi terhadap arus jenuh. Adapun model arus jenuh yang dihasilkan berdasarkan

perilaku sepeda motor dalam pada kajian analisis ini adalah:

- a. Model regresi linier berganda pada lebar pendekat 3 meter tanpa RHK di simpang bersinyal dengan mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 93,5 % sedangkan sisanya sebesar 6,5 % dipengaruhi oleh faktor lain, ditunjukkan dengan model, $S = 1.968,85 + 1,92 \text{ mc in front of stop line} + 1,21 \text{ mc beside flow} - 0,7 \text{ mc inside flow}$ sedangkan pada lebar pendekat 3 meter dengan RHK mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 96,7 % sedangkan sisanya sebesar 3,3 % dipengaruhi oleh faktor lain, dengan model yang dihasilkan adalah $S = 2.017,18 + 0,14 \text{ mc in front of stop line} + 1,19 \text{ mc beside flow} - 0,42 \text{ mc inside flow}$.
- b. Model regresi linier berganda pada lebar pendekat 5 meter tanpa RHK di simpang bersinyal mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 90,0 % sedangkan sisanya sebesar 10,0 % dipengaruhi oleh faktor lain, model arus jenuhnya adalah $S = 346,31 + 46,78 \text{ mc in front of stop line} + 0,27 \text{ mc beside flow} - 0,86 \text{ mc inside flow}$ sedangkan pada lebar pendekat 5 meter dengan RHK mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 90,1%, dengan model yang dihasilkan adalah $S = 2.131,43 + 10,61 \text{ mc in front of stop line} - 0,18 \text{ mc beside flow} + 2,01 \text{ mc inside flow}$.
- c. Model regresi linier berganda pada lebar pendekat 7 meter tanpa RHK di simpang bersinyal mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor

terhadap arus jenuh sebesar 46,4% ditunjukkan dengan model, $S = 5.710,93 - 7,79 \text{ mc infront of stop line} + 0,90 \text{ mc beside flow} - 3,93 \text{ mc inside flow}$ sedangkan pada lebar pendekat 7 meter dengan RHK mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh perilaku sepeda motor terhadap arus jenuh sebesar 67,6%, model yang dihasilkan adalah $S = 5.748,76 + 4,35 \text{ mc infront of stop line} - 0,35 \text{ mc beside flow} - 2.5 \text{ mc inside flow}$.

EMP berdasarkan perilaku sepeda motor pada lebar efektif 3 meter tanpa RHK adalah emp sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,02, emp sepeda motor *beside flow* 1,2, sepeda motor *inside flow* 0,2, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,1. Pendekat dengan lebar efektif 3 meter dengan RHK emp yang diperoleh adalah sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,06, emp sepeda motor *beside flow* 1,2, sepeda motor *inside flow* 0,2, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,1. Pendekat dengan lebar efektif 5 meter tanpa RHK emp yang diperoleh adalah sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,8, emp sepeda motor *beside flow* 0,1, sepeda motor *inside flow* 0,3, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,2.

Pendekat dengan lebar efektif 5 meter dengan RHK emp yang diperoleh adalah sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,4, emp sepeda motor *beside flow* 0,1, sepeda motor *inside flow* 0,7, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,1. Pendekat dengan lebar efektif 7 meter tanpa RHK emp yang diperoleh adalah emp sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,8, emp sepeda motor *beside flow* 1,4, sepeda motor *inside flow* 0,3, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,9. Pendekat dengan lebar efektif 7 meter dengan RHK emp yang diperoleh adalah emp sepeda motor *infront of stop line* sebesar 0,2, emp sepeda motor *beside flow* 0,2, sepeda motor *inside flow* 0,2, kendaraan ringan 1 dan kendaraan berat 0,2.

Perilaku sepeda motor *beside flow* mempunyai nilai emp yang besar yaitu pada pendekat dengan lebar efektif 3 meter dengan RHK maupun tanpa RHK dan pendekat dengan lebar efektif 7 meter tanpa RHK sebesar 1,2 dan 1,4. Nilai emp *HV* mempunyai nilai yang rendah yaitu 0,1 dan 0,2 pada lebar efektif pendekat 3 meter, 5 meter dan 7 meter baik dengan RHK maupun tanpa RHK. Secara umum semakin besar lebar pendekat semakin besar nilai emp dari *mc inside flow* dan *HV* baik pendekat dengan RHK maupun tanpa RHK, hal tersebut disebabkan karena semakin besar lebar lajur, semakin besar juga volume *mc inside flow* dan *HV*. Sedangkan untuk nilai emp yang lainnya bervariasi disetiap lebar pendekat baik yang ada RHK maupun tanpa RHK hal tersebut disebabkan karena volume sepeda motor *beside flow* dan *infront of stop line* bervariasi disetiap lebar pendekat. Sebagian besar nilai emp *HV* sangat kecil yaitu 0,1 dan 0,2 hal tersebut diakibatkan karena volume kendaraan berat yang sedikit melewati simpang dalam satu jam.



DAFTAR PUSTAKA

- Adams, C.A., Zambang, M.A.M. and Opoku-Boahen, R. 2015. Effects of Motorcycle on Saturation Flow Rates of Mixed Traffic at Signalized Intersection in Ghana. *International Journal of Traffic and Transportation Engineering*, Vol. 4(3): 94-101.
- Afnaria. 2011. Studi Tentang Distribusi Log-Normal. *Seminar Nasional Matematika dan Terapan 2011*.
- Al-Ghamdi, A.S. 1999. Entering Headway for Through Movements at Urban Signalized Intersections. *Transportation Research Record 1678*, Paper no. 99-1232: 42-47.
- Amelia, S. and Juanita. 2011. Efektivitas Penerapan Ruang Henti Khusus (RHK) Di Persimpangan Jalan Perkotaan. *Majalah Ilmiah Techno*, Vol. 12(2): Hal. 94-100.
- Anonim. 2001. *A policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 4th Edition. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- Anonim. 2009. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan*. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. 2020. *Bali dalam Angka*. Denpasar: Badan Pusat Statistik Provinsi Bali.

- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2019. *Statistik Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Branston, D. and Zuylen, H.V. 1978. The Estimation of Saturation Flow, Effective Green Time and Passenger Car Equivalents at Traffic Signals by Multiple Linier Regression. *Transportation Research*, Vol. 12: 47-53.
- Chand, S., Gupta, N.J. and Velmurugan, S. 2016. Development of Saturation Flow Model at Signalized Intersection for Heterogeneous Traffic. *Transportation Research Procedia* 25(2017): 1662–1671.
- Chandra, S. and Sikdar, P.K. 2000. Factors Affecting PCU in Mixed Traffic on Urban Roads. *Road and Transport Research*, Vol. 9(3): 40–50.
- Chaudhry, M.S., Ranjitkar, P. and Wilson, D.J. 2011. Queue Discharge Behavior at Signalized Intersection: A comparison between Field Measurements with Analytical and Microsimulation Models. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 9: 1628-1643.
- Dajan, A. 1995. *Pengantar Metode Statistik Jilid I*, Jakarta: LP3ES.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Fadli, S. dan Elhasnet. 2012. Perbandingan Nilai Arus Jenuh Pada Pendekat Simpang Dengan Dan Tanpa Ruang Henti Khusus. *Jurnal Transportasi*, Vol. 12(3): 217-226.
- Ghozali, I. 2011. *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Gujarati, D. 2007. *Dasar-dasar Ekonometrika*. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Hobbs, F. 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Edisi Kedua. Jogjakarta: Gadjah Mada University Press.

- Indriastuti, A.K., Priyono, E.E.Y., Widowati, L.A. and Zuhri, A.S. 2019. Adjusted Saturation Flow of Some Signalized Intersection in Semarang, Indonesia. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol.615: 1-10.
- Kariyana, I M., Suthanaya, P.A., Wedagama, D.M.P., Ariawan, I M.A. and Dissanayake, D. 2021. The influence of motorcycle behavior on saturation flow rate at signalized intersections with and without exclusive stopping space for motorcycle (ESSM). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, Vol.673: 1-9.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. *Pedoman Perancangan Ruang Henti Khusus (RHK) Sepeda Motor pada Simpang Bersinyal di Kawasan Perkotaan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kementerian Perhubungan. 2006. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 14 Tahun 2006 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas di Jalan*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Kementerian Perhubungan. 2015. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 96 Tahun 2015 tentang Manajemen dan Rekayasa Lalu Lintas*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Kimber, R. M., McDonald, H., and Hounsell, N. B. (1985). Passenger Car Units in Saturation Flows: Concept, Definition, Derivation. *Transportation Research Part B*, No.1: 39 - 61.
- Lubis, M. 2017. Analisa Nilai Ruang Henti Khusus (RHK) Kendaraan Roda Dua di Persimpangan Jl. Imam Bonjol – Jl. Perdana Kota Medan. *Buletin Utama Teknik*, Vol.13(1): 61–68.
- Lubis, R.I. dan Surbakti, M.S. 2017. Analisa Arus Jenuh Dan Panjang Antrian Pada Simpang Bersinyal Dan Mikrosimulasi Menggunakan Software Vissim. *Jurnal Teknik Sipil USU*, Vol. 6(1).
- Martina, N. 2007. *Buku Ajar Statistik Terapan*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.

- Minh, C.C. and Sano, K. 2003. Analysis of Motorcycle Effects to Saturation Flow Rate at Signalized Intersection in Developing Countries. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.5: 1211-1222.
- Minh, C.C., Sano, K., and Matsumoto, S. 2005. The Speed, Flow and Headway Analyses of Motorcycle Traffic. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6: 1496 – 1508.
- Minh, C.C., Sano, K., and Matsumoto, S. 2006. Models of Motorcycle Deceleration Behavior at Signalized Intersection. *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, Vol.23: 927-936.
- Ministry of Works Malaysia. 2006. *Malaysian Highway Capacity Manual 2006*. Chapter 3.
- Miro, F. 2005. *Perencanaan Transportasi untuk Mahasiswa, Perencana, dan Praktisi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mohan, M. and Chandra, S. 2017. Queue Clearance Rate Method for Estimating Passenger Car Equivalents at Signalized Intersections. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, Vol.4(5): 487-495.
- Morlok, E. K. 1988. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Muhson, Ali. 2005. *Aplikasi Komputer*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Mulyadi, A.M. and Amelia, S. 2013. Influence of Red Motorcycle Box to the Traffic Conflict and Traffic Flow at the Ahmad Yani-Laswi Signalized Intersection. *Proceedings of the 16th International Conference Road Safety on Four Continents*.
- Mulyadi, A.M. 2016. Evaluation of Red Motorcycle Box to the Traffic Flow, Occupancy Rate and Stop Line Violation at Signalized Intersection in Bogor. *Proceedings of the Australasian Road Safety Conference*.

- Mulyadi, A.M. 2017. Influence of Dimension Box Differences and Time Differences during Operations of Red Box for Motorcycles at Signalized Intersection. *AIP Conference Proceedings*, Vol.1903: 1-11.
- Nainggolan, J., Purba, A. dan Sulistyorini, R. 2018. Studi Efektivitas Ruang Henti Khusus (RHK) Sepeda Motor Pada Simpang Bersinyal. *JRSDD*; Edisi Juni 2018, Vol.6 (2): 1-13.
- Nambisan, S.S. and Pulugurtha, S.S. 2001. Estimating Time-Dependent Origin Destination Trip Tables with Trips Originating in Multiple Time Slices. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, Vol.1752(1): 133-139.
- Negara, N.W., Kwintaryana, P. dan Wibawa, I.G.A.S.B. 2019. Perbandingan Nilai Saturation Flow Antara Metode Time Slice Dengan Pendekatan DPU 1997. *Jurnal Spektran*, Vol.7(2): 271–279.
- Nguyen, H. and Montgomery, F. 2007. Different Models of Saturation Flow in Traffic Dominated by Motorcycles. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.7: 2381-2395.
- Nuryadi, Astuti, T.D., Utami, E.S. dan Budiantara, M. 2017. *Dasar Dasar Statistik Penelitian*. Yogyakarta: Sibuku Media.
- Palilingan, A.G., Pandey, S. dan Rumayar. A. 2018. Studi Penetapan Nilai Emp Dengan Metode Rasio Headway Dan Analisa Regresi Linier. *Jurnal Sipil Statik*, Vol.6(5): 315-322.
- Pertiwi, N.S., Hayuningtyas. P., Yulipriyono, E., dan Purwanto, D. 2017. Perbandingan Evaluasi Kinerja Simpang Bersinyal Berdasarkan Nilai Ekivaen Mobil Penumpang (Emp) Terkoreksi Dan Mkji 1997 (Studi Kasus: Simpang Don Bosco, Kaliwiru, Semarang, Jawa Tengah). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Vol.6(2): 159-165.

- Radhakrishnan, S. and Ramadurai, G. 2015. Discharge Headway Model for Heterogeneous Traffic Conditions. *Transportation Research Procedia*, Vol.10: 145-154.
- Rajgor, T.B., Patel, A. K. and Gundaliya, P. J. 2016. Development of Saturation Flow Rate Model for Heterogeneous Traffic at Urban Signalized Intersection. *International Journal of Innovative Research in Technology*, Vol.2(12): 151-155.
- Rameez, M., Singla, S. and Kaushal, M. 2018. A Study on Discharge Headway Modelling at a Signalized Intersection under Heterogeneous Traffic Conditions. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, Vol.6(X): 232-238.
- Rongviriyapanich, T. and Suppatrakul, C. 2005. Effects of Motorcycles on Traffic Operations on Arterial Streets. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.6: 137 – 146.
- Saha, P., Hossain, Q.S., Mahmud, H.M.I. and Islam, MD.Z. 2009. Passenger Car Equivalent (PCE) of Through Vehicles at Signalized Intersections in Dhaka Metropolitan City, Bangladesh. *IATSS Research*, Vol.33(2): 99-104.
- Salter, R.J. 1980. *Highway Traffic Analysis and Design*. London: The Macmillan Press LTD.
- Santosa, B.P dan Ashari. 2005. *Analisis Statistik dengan Microsoft Excel & SPSS*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Shao, C. and Liu, X. 2012. Estimation of Saturation Flow Rates at Signalized Intersections. *Hindawi Publishing Corporation Discrete Dynamics in Nature and Society*, Vol.2012: 1-9.
- Sinha, S., Taneerananon, P. and Chandra, S. 2010. A Comparative Study of Effect of Motorcycle Volume on Capacity of Four Lane Urban Roads in India and Thailand. *Journal of Society for Transportation and Traffic Studies (JSTS)*, Vol.3(4): 52-62.
- Stoke, R. W., Stover, V. G. and Messer, C. J. 1987. Use and Effectiveness of Simple Linear Regression to Estimate

Saturation Flows at Signalized Intersections, *Transportation Research Record*, Vol.1091: 95 – 101.

- Sugiyono. 2007. *Statistika Untuk Penelitian*. Alfabeta; Bandung.
- Suweda, I W. and Wedagama, D.M.P. 2021. The Influence of Motorcycles on Discharge Headway and Saturation Flows at Signalized Intersections under Mixed Traffic Conditions. *Civil Engineering and Architecture*, 9(3): 595-604.
- Tamin, O.Z. 2000. *Perencanaan & Pemodelan Transportasi*. Edisi Kedua. Bandung: ITB.
- Tirta, I M. 2011. *Analisis Regresi dengan R (Versi Elektronik)*. Jember: Universitas Jember.
- Transportation Research Board. 2000. *Highway Capacity Manual*. Washington, DC: Transportation Research Board Publications.
- Vien, L.L., Ibrahim, W.H.W. and Farhan, A.M. 2008. Effect of Motorcycles Travel Behaviour on Saturation Flow Rates at Signalized Intersections in Malaysia. *23rd ARRB Conference – Research Partnering with Practitioners*, Adelaide Australia.
- Wall, G.T., Davies, D. G. and Crabtree, M. 2003. *Capacity Implications of Advanced Stop Lines for Cyclists*. Crowthorne: TRL Report 585.
- Wang, M. and Benekohal, R. 2010. Analysis of Left-Turn Saturation Flow Rates and Capacity at Signalized Intersections. *Journal of the Transportation Research Board*, No 2173: 96–104.
- Zhu, W.X. and Zhang, H.M. 2018. Analysis of Mixed Traffic Flow with Human-Driving and Autonomous Cars Based on Car-Following Model. *Physica A*, Vol. 496: 274–285.



BIOGRAFI PENULIS



Dr. Ir. I Made Kariyana, ST.,MT.,IPU.

Penulis Lahir pada Tanggal 22 Desember 1981 di Desa Kelating, Kecamatan Kerambitan, Kabupaten Tabanan, Bali. Menyelesaikan Pendidikan SD Negeri 1 Kelating Tahun 1994, menyelesaikan Pendidikan di SMP 1 Kerambitan Tahun 1997, menyelesaikan Pendidikan di SMA 1 Tabanan Tahun 2000, menyelesaikan Program Sarjana(S1) Pada Program Studi Teknik Sipil Udayana tahun 2005, menyelesaikan Program Magister(S2) pada Program Studi Pascasarjana Teknik Sipil Udayana tahun 2009, menyelesaikan program profesi Insinyur di Universitas Pendidikan Nasional Tahun 2020, dan menyelesaikan Program Doctor(S3) pada Program Doktor Ilmu Teknik Udayana tahun 2021.

Penulis merupakan Dosen di Universitas Ngurah Rai pada program studi Teknik sipil, penulis juga bekerja di dunia konstruksi dan menjadi team ahli pada beberapa konsultan maupun kontraktor swasta.