

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Jalur sepeda merupakan jalur khusus pengguna sepeda yang biasanya terletak bersebelahan dengan jalan umum atau terpisah dari jalan umum. Rahmawati (2014) menjelaskan dengan tersedianya jalur sepeda di suatu daerah ataupun di suatu universitas contohnya seperti Universitas Muhammadiyah Yogyakarta maka akan meningkatkan minat masyarakat atau mahasiswa untuk menggunakan sepeda yang merupakan moda transportasi yang ramah lingkungan.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Janarko (2014) Mengkaji sarana dan prasarana transportasi internal jalur barat Universitas Negeri Semarang. Dalam penelitian yang dikaji didapatkan hasil observasi yang dilakukan pada 95 mahasiswa di Universitas Negeri Semarang tentang kenyamanan jalur sepeda dengan konsep bike line seperti hasil di bawah ini :

- a. Terdapat sebanyak 1,05% dari total responden yang menyatakan sangat nyaman
- b. Terdapat sebanyak 18,95% dari total responden yang menyatakan nyaman
- c. Terdapat sebanyak 43,16% dari total responden yang menyatakan cukup nyaman
- d. Terdapat sebanyak 32,63% dari total responden yang menyatakan tidak nyaman
- e. Terdapat sebanyak 4,21% dari total responden yang menyatakan sangat tidak nyaman

Rahmawati (2014) Melakukan penelitian tentang rencana fasilitas sepeda kota Yogyakarta. Dalam penelitiannya didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Fasilitas sepeda mempunyai peran yang sangat vital terhadap keinginan bersepeda, sehingga untuk meningkatkan jumlah pengguna sepeda sebagai alat.
- b. transportasi sehari-hari, perlu dibangun fasilitas sepeda yang menjamin keamanan /keselamatan dan kenyamanan pesepeda.

- c. Fasilitas sepeda berupa jaringan jalur sepeda dan fasilitas pendukungnya seperti parkir sepeda dan rambu sepeda. Jalur sepeda secara umum dibagi menjadi tiga yaitu bike path, bike lane, dan bike route.
- d. Jalur sepeda harus mampu mengakomodasi seluruh kalangan usia dengan kemampuan bersepeda yang berbeda, sehingga harus tersedia jalur sepeda yang aman serta mampu meminimalkan terjadinya konflik ruang. Salah satu caranya dengan memberi pembatas antara jalur sepeda dengan jalur kendaraan bermotor, serta jaringan yang kontinyu. Fasilitas sepeda yang aman dan nyaman harus didukung dengan adanya pengawasan serta sanksi yang tegas bagi pelanggar. Selain itu, juga perlu adanya sosialisasi/ kampanye bersepeda guna meningkatkan kesadaran pentingnya bersepeda dan juga meningkatkan etika berkendara baik bagi pesepeda maupun pengguna kendaraan bermotor.

Akbar (2016) melakukan penelitian tentang Analisis pengaruh emisi kendaraan terhadap rencana pengadaan *shelter* trans Jogja di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (Study kasus zona selatan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta). Dari hasil analisis menunjukkan bahwa polutan CO sebesar 56,1755 ppm dan HC sebesar 9,3075 ppm telah melebihi baku mutu dan polutan NO_x sebesar 0,0532 ppm dan PM sebesar 7,6804 µg/m³ masih dibawah baku mutu sebelum adanya shelter dan setelah adanya shelter terjadi penurunan emisi gas buang terhadap polutan HC yang dihasilkan yaitu sebesar 1,1583 ppm, dan untuk polutan CO telah berada di bawah baku mutu sebesar 7,1875. Semakin besar volume kendaraan maka emisi polutan yang dihasilkan akan semakin meningkat. Sehingga akan mempengaruhi tingkat polusi dilingkungan sekitar dan akan menyebabkan banyak kerugian yang terjadi mulai dari lingkungan bahkan sampai ekonomi.

2.1.2 Konsep Transportasi Berkelanjutan

Transportasi merupakan perpindahan manusia atau barang dari tempat asal ke tempat tujuan menggunakan sarana transportasi yang dikenal dengan kendaraan (Munawar, 2005). Rukmana,dkk (2017) menjelaskan Transportasi tidak hanya digunakan untuk memindahkan orang dari tempat tinggalnya ke

tempat aktivitasnya tetapi juga memindahkan barang dari tempat produksi ke tempat yang dibutuhkan. Pemodelan transportasi atau transportasi berkelanjutan seperti yang dijelaskan Tamin (2000) dalam penelitian (Kawengian, dkk 2017) merupakan suatu penyederhanaan aspek transportasi berdasarkan kondisi sebenarnya yang umumnya berupa model grafis atau model matematis. Model grafis merupakan pemodelan berupa gambar yang digunakan sebagai media penyampaian berdasarkan keadaan sebenarnya, sedangkan model matematis merupakan suatu pemodelan berbasis persamaan atau fungsi matematika yang digunakan sebagai media penyampaian.

Mundorf, dkk (2018) menjelaskan Transportasi berkelanjutan merupakan salah satu faktor kunci dalam kesehatan masyarakat. Karena pilihan moda transportasi mempengaruhi kualitas lingkungan dengan mengurangi ketergantungan pada transportasi yang mengeluarkan gas emisi seperti mobil dan motor dengan demikian berdampak pada kualitas udara, desain lingkungan, dan kehidupan masyarakat. Hal terpenting moda transportasi yang paling berkelanjutan adalah dampak kesehatan yang termasuk aktivitas fisik disebabkan oleh transportasi dan bisa merugikan lingkungan sekitar. Peningkatan aktivitas fisik dapat mencegah tingkat obesitas, diabetes, penyakit jantung, beberapa kanker, dan beberapa masalah kesehatan mental dan kognitif lainnya. (for Sustainable Transportation, 2002)

Definisi lain dari system transportasi berkelanjutan menurut (The Centre for Sustainable Transportation, 2002) didefinisikan sebagai salah satu system transportasi yang :

- a. Memaksimalkan kebutuhan akses dasar baik individu maupun masyarakat dapat terpenuhi secara aman, nyaman dan dengan cara yang konsisten terhadap kesehatan manusia dan ekosistem lingkungan, dan dengan circle di dalam dan antar generasi.
- b. Dapat beroperasi secara efisien, terjangkau dan menawarkan pilihan moda transportasi yang dapat mendukung pertumbuhan ekonomi lingkungan sekitar.
- c. Dapat meminimalisir penggunaan sumber daya tak terbarukan dan serta mencari solusi agar emisi dan limbahnya mampu diserap oleh bumi agar

terciptanya lingkungan yang lebih nyaman serta meminimalkan penggunaan lahan dan kebisingan.

Sementara Word Bank (1996) dalam (Nathan dan Reddy, 2011) Mengkonsepkan transportasi berkelanjutan dalam tiga dimensi seperti pada Tabel 2.1 dan penjelasan sebagai berikut :

1. Keberlanjutan ekonomi transportasi memastikan kemampuan terus mendukung kebutuhan transportasi dengan solusi biaya efektif dan kompetitif.
2. Keberlanjutan social, membahas kebutuhan transportasi bagi kalangan menengah ke bawah dan menegaskan pemerataan manfaat transportasi oleh semua lapisan masyar akat.
3. Keberlanjutan lingkungan, berkaitan dengan transportasi yang mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan dengan demikian menghasilkan peningkatan terbesar mungkin dalam kualitas umum kehidupan.

Tabel 2.1 Strategi Transportasi Berkelanjutan Menurut World Bank
(Nathan, H.S.K.,Reddy,B.S.2011)

Ekonomi	Sosial	Lingkungan
Perubahan teknologi kendaraan/bahan bakar	Perbaikan jalan/kendaraan	Manajemen permintaan
Perbaikan efisiensi kendaraan	Pengaturan arus lalu lintas	Penggantian moda transportasi
Teknologi kendaraan baru	Sistem transportasi cerdas	Penggantian telekomunikasi
Bahan bakar baru	Pelatihan berkendara	Strategi guna lahan transportasi

Dalam kategori manajemen permintaan, disebutkan adanya strategi guna lahan transportasi. Contoh dari strategi tersebut yaitu pembangunan kota kompak, pembangunan *mixed use*, serta pembangunan transit, jalur pedestrian dan kota ramah sepeda. Sementara itu American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2009) membagi strategi transportasi berkelanjutan menjadi lima kategori dalam merancang transportasi agar segala rencana yang di inginkan bisa dicapai. Strategi transportasi berkelanjutan menurut AASHTO bisa dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Strategi Transportasi Berkelanjutan Menurut AASHTO
(AASHTO,2009)

Kategori Transportasi Berkelanjutan	Contoh Solusi
Mengakomodasi kebutuhan tanpa meningkatkan permintaan perjalanan.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keseimbangan antara rumah dan pekerja di sub area 2. Perumahan terjangkau di pusat pekerja
Mengakomodasi permintaan perjalanan tanpa memperluas infrastruktur transportasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Program berbagi kendaraan 2. Meningkatkan tingkat pelayanan transit 3. Program berbagi sepeda
Memaksimalkan efisiensi infrastruktur transportasi yang sudah ada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manajemen dan respon insiden 2. Sistem transportasi cerdas 3. Manajemen akses 4. Operasional dan pemeliharaan
Memperluas infrastruktur jalan kereta api, transit, sepeda dan pedestrian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jalur sepeda 2. Lajur khusus kendaraan/jalur bus

Dari solusi yang dikemukakan oleh AASHTO (2009) diatas, tampak bahwa penyediaan jalur sepeda juga merupakan salah satu cara agar tercipta transportasi yang berkelanjutan, dengan bersepeda otomatis akan mengurangi dampak polusi udara yang disebabkan oleh kendaraan dan dalam bidang transportasi juga bisa menurunkan tingkat kemacetan yang terjadi dijalanan. dari tabel diatas juga disebutkan bahwa memperluas dan menyediakan infrastruktur seperti kereta api, sepeda dan pedestrian merupakan salah satu terwujudnya transportasi berkelanjutan.

2.1.3 Gerakan transportasi berkelanjutan di dunia

Kampanye transportasi berkelanjutan dalam beberapa tahun belakangan sangat meningkat drastis, hal ini dikarenakan dampak yang besar disebabkan oleh dampak transportasi itu sendiri mulai dari polusi udara, kemacetan lalu lintas hingga kecelakaan yang menyebabkan banyak nyawa.

Rojas (2016) menjelaskan dalam jurnalnya bahwa dalam bidang transportasi kendaraan bermotor bertanggung jawab atas 70% pencemaran lingkungan di kota-kota eropa. Berbagai organisasi internasional seperti United Nasional

Environmental Program PBB, European Environmental Agency and the United States Environmental Protection Agency telah mengusulkan kebijakan transportasi berkelanjutan untuk mendorong transportasi tidak bermotor (berjalan kaki dan bersepeda) dan angkutan umum di kota-kota untuk mengurangi sebagian masalah lingkungan dan kesehatan.

Polusi udara juga telah diklasifikasikan sebagai salah satu dari sepuluh faktor resiko utama penyakit diseluruh dunia. Waqas (2018) juga menjelaskan transportasi perkotaan di Tiongkok adalah masalah serius, yang merupakan penyebab masalah lingkungan dan kesehatan. Biro manajemen lalu lintas mengeluarkan laporan yang menunjukkan transformasi dari sepeda dan sepeda motor ke mobil, yang terdiri dari 61% memiliki mobil karena kepemilikan kendaraan pribadi telah mencapai 279 juta. Pada tahun 2016 tingkat kepemilikan mobil di Tiongkok 172 juta, karena tingginya tingkat kepemilikan mobil maka masalah yang paling menonjol adalah kemacetan lalu lintas dan masalah parkir. Pemerintah Tiongkok telah mengambil langkah untuk mengatasi masalah ini dengan mempromosikan transportasi berkelanjutan dengan bantuan sektor swasta, seperti transportasi ramah lingkungan, memberikan subsidi untuk mobil listrik, layanan sepeda publik dari pemerintah dan layanan sepeda dari sektor swasta seperti OFO, dan MOBIKE. Langkah inisiatif ini dilakukan untuk membantu pencemaran lingkungan dan mempromosikan transportasi berkelanjutan di warga Tiongkok.

Zhou *et al.* (2016) juga menjelaskan bahwa pada tahun 2013 pemerintah china mengeluarkan tindakan untuk mengurangi polusi udara yang disebabkan oleh transportasi dan industri dan bertujuan untuk mencapai minimal 15% pengurangan konsentrasi partikulat (PM2.5) .

Wang dan Yang (2018) menjelaskan bahwa salah satu program kampanye transportasi berkelanjutan yang telah ditetapkan oleh pemerintah china adalah perpindahan moda dari kendaraan pribadi ke kendaraan umum dalam penelitiannya wang menjelaskan dampak pergeseran moda angkutan darat ke angkutan umum kereta api tidak hanya berhasil mengurangi konsentrasi PM2.5 di suatu provinsi, tetapi juga telah mengurangi juga pada provinsi tetangga.

2.1.4 Teori Perencanaan Fasilitas Sepeda

Pengguna sepeda mempunyai karakter dan tingkat kemampuan yang berbeda-beda dalam penggunaan sehari-hari, oleh dari itu, dalam perencanaan fasilitas sepeda harus bisa memfasilitasi aspek-aspek dalam bersepeda. Dalam perencanaan fasilitas sepeda, ada beberapa hal yang yang penting untuk diperhatikan. Ada beberapa prinsip dalam membuat desain jalur sepeda. Salah satunya disebutkan bahwa pesepeda harus mempunyai akses yang aman, nyaman serta nikmat untuk menuju ke tempat tujuannya.

Sebagai contoh dikota bogota yang telah di atur oleh pemerintah setempat ada lima kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan fasilitas sepeda (Barbosa dan Garcia, 2010), lima kriteria tersebut yaitu :

1. Keselamatan (*safety*)

Keselamatan merupakan hal penting dalam setiap kegiatan berkendara, begitu juga bagi pengguna sepeda keselamatan merupakan hal utama yang harus diperhatikan. Dalam konteks ini salah satu caranya dengan membatasi jumlah persimpangan seminimal mungkin agar dapat meminimalkan resiko kecelakaan. Jika tingkat keselamatan diperhatikan dan pesepeda merasa aman maka akan semakin banyak orang tertarik untuk bersepeda.

2. Kenyamanan (*comfortableness*)

Kenyamanan saat bersepeda juga sangat penting yang harus diperhatikan, seperti lebar permukaan jalan harus memadai dan badan jalan juga harus diperhatikan mulai dari jalan retak, berlubang dan permasalahan serupa yang bisa menyebabkan ketidaknyamanan saat berkendara. Selain itu, titik konflik harus seminimal mungkin agar pengguna sepeda tidak harus selalu berhenti dan berkendara lagi, karena hal seperti itu sangat membuat pesepeda tidak nyaman.

3. Kecepatan (*speed*)

Dalam berkendara setiap pengendara pasti ingin sampai ke tempat tujuan secepat mungkin, dalam hal ini pesepeda juga ingin sampai di tempat tujuan dengan cepat tanpa ada halangan, sehingga jalur sepeda harus menjamin pesepeda tidak turun dari sepedanya selama dalam perjalanan.

4. Koheren (*coherence*)

Jalur sepeda harus memenuhi kebutuhan transportasi, jalur sepeda juga harus menghubungkan titik asal dan tujuan. Sehingga semua jalur harus saling terkoneksi menjadi satu jaringan. Integrasi dengan sistem jaringan transportasi lain merupakan komponen kunci yang harus dipertimbangkan dalam menentukan jalur sepeda.

5. Menarik (*attractiveness*)

Lingkungan yang bersih dan indah akan menjadi daya tarik bagi pesepeda. Lokasi dari pepohonan atau tempat pedestrian yang melindungi jalur sepeda akan menjadi kondisi yang nyaman bagi pengguna sepeda. Dalam perencanaan fasilitas sepeda ada beberapa multi kriteria yang harus diperhatikan seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pembobotan Multi Kriteria Trase Jalur Sepeda

Keselamatan/ <i>Safety</i>			
A	Kriteria	Bobot	Keterangan
A	Kecepatan Kendaraan Bermotor	1	Kecepatan lalu lintas di jalan cukup tinggi sehingga bisa mengganggu keselamatan bersepeda.
		2	Kecepatan lalu lintas di jalan Sedang, tidak terlalu mengganggu keselamatan bersepeda
		3	Kecepatan lalu lintas rendah dan sangat aman untuk pengendara sepeda
	Kepadatan Lalu Lintas	1	Kepadatan lalu lintas cukup tinggi sehingga bisa mengganggu keselamatan bersepeda
		2	Kepadatan lalu lintas Sedang tidak terlalu mengganggu keselamatan bersepeda
		3	Kepadatan lalu lintas rendah dan sangat aman untuk pengendara sepeda
Lalu Lintas Kendaraan Lain	1	Banyak Kendaraan berat seperti bus dan truk yang bisa mengganggu keselamatan bersepeda	
	2	Banyak kendaraan ringan (roda empat) Kendaraan Roda dua yang cukup mengganggu bersepeda	

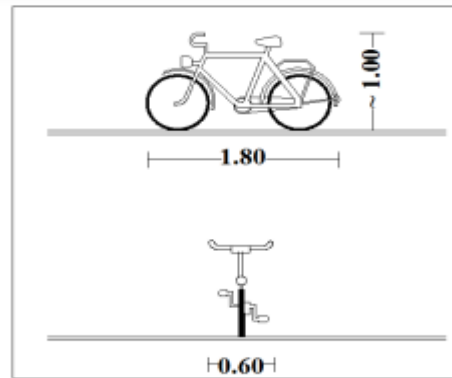
		3	Hanya ada kendaraan roda dua dan sedikit kendaraan roda empat
		1	Tingkat kendaraan parkir di pinggir jalan tinggi sehingga mengganggu aktivitas bersepeda
	Parkir <i>On The Street</i>	2	Tingkat kendaraan parkir di pinggir jalan sedang
		3	Tingkat kendaraan parkir di pinggir jalan rendah bahkan tidak ada dan sangat baik untuk bersepeda
Kenyamanan/ <i>Comfort</i>			
B	Kriteria	Bobot	Keterangan
		1	Persimpangan jalan pada rute sepeda banyak sehingga bisa mengganggu kenyamanan bersepeda
	Persimpangan Jalan	2	Persimpangan jalan pada rute sepeda sedang
		3	Persimpangan jalan pada rute sepeda sedikit dan tidak terlalu mengganggu kenyamanan bersepeda
		1	Rambu lalu lintas kurang dan membuat bingung pengendara sepeda
	Rambu Lalu Lintas	2	Rambu lalu lintas cukup dan lumayan membuat pengendara sepeda nyaman
		3	Rambu lalu lintas banyak sangat membuat pengendara sepeda merasa nyaman
		1	Kualitas jalan kurang baik dan banyak gelombang yang bisa mengganggu saat bersepeda
	Kualitas Jalan	2	Kualitas jalan baik tidak terlalu banyak gelombang sehingga tidak terlalu berisiko bagi pengendara sepeda
		3	Kualitas jalan sangat baik dan sangat nyaman untuk pengendara sepeda
		1	Lebar jalan kurang untuk pembuatan jalur sepeda dan terlalu berisiko bagi pengendara sepeda yang berdekatan dengan kendaraan bermotor
	Lebar Jalan	2	Lebar jalan cukup dan tidak terlalu berisiko bagi pengendara sepeda
		3	Lebar jalan ideal kurang lebih 6 m untuk satu arah.

C	Daya Tarik/ <i>Attractiveness</i>		
	Kriteria	Bobot	Keterangan
Keteduhan Jalan		1	Lokasi rute tidak terdapat pepohonan sehingga bisa membuat pesepeda kurang tertarik untuk bersepeda
		2	Lokaasi rute terdapat sedikit pepohonan yang bisa untuk mengurangi panas matahari
		3	Lokasi rute teduh dan sejuk bagi pengguna sepeda
Keberadaan Taman		1	Tidak terdapat taman di area sekitar jalur sepeda
		2	Terdapat sedikit taman di area sekitar jalur sepeda
		3	Banyak taman di area sekitar jalur sepeda

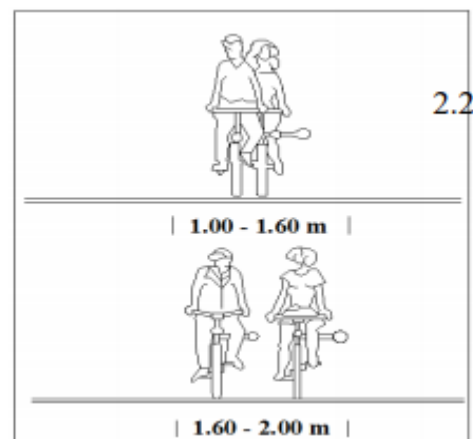
2.1.5 Jalur sepeda

Jalur sebagaimana dijelaskan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 43 tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Presiden Republik Indonesia adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan, dan diperjelas juga pada Bab 1 pasal 3 kendaraan bermotor adalah kendaraan yang dipergunakan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu. Sedangkan pada pasal 5 di Bab yang sama dijelaskan bahwa kendaraan tidak bermotor yaitu kendaraan yang digerakan oleh tenaga manusia ataupun hewan.

Menurut Khisty (2006), jalan sepeda merupakan lintasan yang diberi marka baik itu di bahu ataupun di badan jalan dan diperuntukan bagi pengguna sepeda. Jalur sepeda juga memiliki kriteria lebar sendiri agar kenyamanan dalam bersepeda tercapai, menurut Erns (2002) (dalam Janarko, 2014) Jalan-jalan untuk sepeda yang terletak pada badan jalan atau berdampingan dengan jalan seharusnya lebar pada perluasan berjalur satu minimal 1,00 m, pada perluasan berjalur dua 2,00 m (minimal 1,60 m). Ruang lalu lintas untuk pergerakan sepeda sebaiknya mempunyai lebar 1,00 m dan tingginya 2,25 m untuk setiap jalur kendaraan agar pengendara merasa nyaman saat berkendara tanpa adanya gangguan dari lalu lintas lainnya.



Gambar 2.1. Ukuran Dasar untuk Pengendara Sepeda
(Janarko, 2014.)



Gambar 2.2. Ukuran Dasar untuk Lalu Lintas Sepeda
(Janarko, 2014.)

Mauludia (2016) menjelaskan bahwa jalur sepeda adalah jalur yang dikhususkan untuk lalu lintas pengguna sepeda, terpisah dari lalu lintas kendaraan bermotor untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas pengguna sepeda. Peraturan tentang jalur sepeda diatur dalam Undang-undang Nomor 22 tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan jalan pasal 25, yaitu setiap jalan yang digunakan untuk lalu lintas umum wajib dilengkapi dengan perlengkapan jalan berupa fasilitas untuk sepeda, pejalan kaki, dan penyandang cacat. Selain dalam pasal 25 juga tertulis di pasal 45 dan 62 yang disebutkan bahwa pemerintah wajib memberikan kemudahan lalu lintas bagi pesepeda. Dalam konteks ini pihak Universitas harus memberikan fasilitas untuk pengguna sepeda, agar pengguna sepeda bisa tenang dan nyaman dalam berkendara sehingga dapat meningkatkan minat mahasiswa untuk berpindah moda transportasi dari kendaraan bermotor ke kendaraan tidak bermotor demi mendukung dan menerapkan sistem moda transportasi

berkelanjutan, dan satu jalan dengan program Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang ingin menerapkan program Green Campus. Penempatan atau pemilihan jalur sepeda dapat mempengaruhi kenyamanan bagi pengguna, jika jalur sepeda digunakan secara bersamaan dengan dengan jalur lalu lintas lain seperti jalur untuk bus dan jalur pedestrian, sehingga perlu ada penempatan jalur sepeda yang sesuai agar menjamin kenyamanan dan keamanan bagi pengguna sepeda, contohnya diberi pembatas atau pemisah dengan jalur lalu lintas lain.

Janarko (2014) menjelaskan dalam penelitiannya ada beberapa pendekatan dalam penentuan jalur sepeda :

1. Jalur khusus sepeda adalah jalur khusus lalu lintas untuk sepeda yang dipisah secara fisik dari jalur lalu lintas kendaraan bermotor dengan pagar pembatas atau pengaman dan ditempatkan secara terpisah dari jalan raya. Jalur khusus ini harus mempunyai lahan yang lebih luas untuk jalur sepeda itu sendiri.
2. Jalur sepeda sebagai bagian dari jalur lalu lintas yang hanya dipisah oleh marka jalan atau warna jalan yang berbeda untuk sebagai pembatas antara jalan kendaraan bermotor dengan jalan sepeda. Jika lahan terbatas maka jalan dengan konsep seperti ini sangat cocok untuk diterapkan.

Dalam pemilihan untuk jalur sepeda kita juga harus melihat kondisi di lapangan, karena agar maksimalnya fungsi jalur sepeda tersebut, kita banyak melihat jalur sepeda di kota-kota tidak terealisasi dengan maksimal berdasarkan fungsinya, itu semua karena berbagai faktor salah satunya adalah pemilihan kriteria untuk jalur sepeda yang tidak sesuai dengan kondisi di lapangan . Dalam penelitian Menurut Mulyadi (2013) (dalam maulydia, 2016) pemilihan jalur sepeda harus disesuaikan menurut fungsi dan kelas jalan seperti table 2.4.

Tabel 2.4 Pemilihan Jalur Sepeda Berdasarkan Fungsi dan Kelas Jalan di Perkotaan.(Mulyadi, 2013)

	Jalan Raya	Jalan Sedang	Jalan Kecil
Arteri Primer	A	A	A
Kolektor Primer	A	A	A
Lokal Primer	C	C	C
Lingkungan Primer	C	C	C
Arteri Sekunder	A/B	A/B	A/B
Kolektor Sukunder	B/C	B/C	B/C
Lokal Sekunder	B/C	B/C	B/C

Keterangan :

A : Tipe jalur sepeda di badan jalan

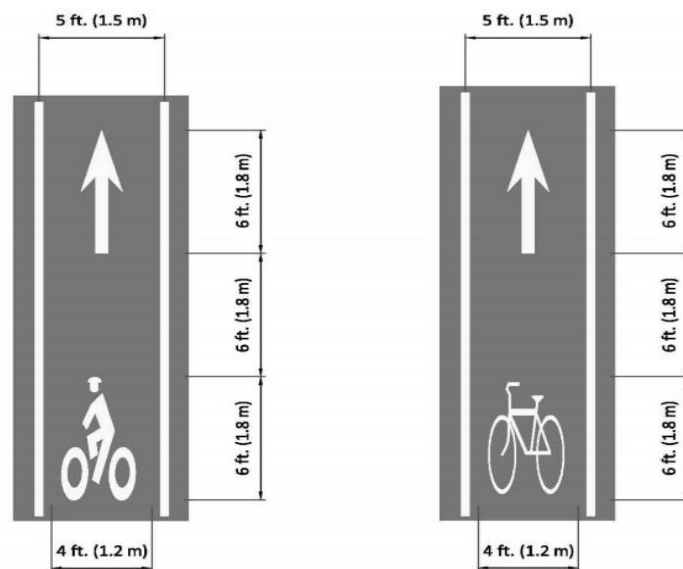
B : Tipe jalur sepeda di trotoar

C : Tipe jalur sepeda di badan jalan

Pembagian kelas jalan harus diperhatikan agar dapat memaksimalkan fungsi jalur sepeda yang akan dibuat, dalam pembagian tipe jalan terbagi dalam 3 tipe, yaitu:

1. tipe jalur sepeda di badan jalan
2. tipe jalur sepeda di trotoar
3. tipe jalur sepeda di badan jalan

Dalam pemilihan tipe jalan sepeda pasti ada kelemahan dan kelebihan tersendiri tetapi faktor kenyamanan pengendara sepeda harus tetap di prioritaskan, dengan merasa nyaman maka pengguna sepeda akan dengan tenang dalam bersepeda dan akan meningkatkan minat untuk bersepeda. dengan memberikan fasilitas pendukung dalam sarana dan prasaranana jalur sepeda akan sangat menarik perhatian masyarakat untuk bersepeda. Fasilitas pendukung seperti shelter sepeda dan rambu lalu lintas untuk pengguna sepeda. Lebar jalur dan desain untuk jalur sepeda bisa dilihat pada (Gambar 2.3).



Gambar 2.3 Desain dan Lebar Lajur Sepeda (AASHTO,2010)

2.1.6 Tipe Jalur Sepeda

Pada prinsipnya tipe jalur sepeda harus didesain seefektif mungkin yang dapat menghubungkan asal dan tujuan perjalanan dengan melewati halangan yang ada. Semua jalan harus dapat digunakan untuk pengguna sepeda kecuali dilarang secara khusus. Pemilihan untuk jalur transportasi harus diperhatikan begitu juga dengan jalur sepeda agar tidak terjadi kecelakaan saat berkendara. Dalam riset yang pernah dilakukan oleh Afolabi *et al.* (2017) menjelaskan bahwa salah satu penyebab kecelakaan yang sering terjadi di pada saat berkendara adalah kondisi jalan yang tidak stabil serta tingkat kemacetan yang tinggi.

Jalur sepeda harus berupa jaringan untuk memastikan bahwa pengendara sepeda bisa mengakses semua tujuan dengan aman.

Ada 3 jenis jalur sepeda yang tertuang dalam (Direktorat Jendral Bina Marga, 1992).

- a. Lajur sepeda (*Bike Path*) adalah lajur terpisah dari jalan raya dan biasanya dipadukan dengan fasilitas pejalan kaki. Bersinggungan dengan jalan raya biasanya membuat jalur sepeda harus memotong jalan atau simpang. Lajur ini memberikan pelayanan terbaik karena aman bagi penggunanya, lajur sepeda seperti ini sudah banyak diterapkan di negara maju baik itu di lingkungan perkotaan maupun dalam lingkup kampus, tapi penerapan konsep lajur sepeda jenis ini harus memiliki lahan yang lebih luas untuk memenuhi kriteria dan faktor pendukung lainnya. Jalur sepeda *bike path* seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Jalan Lajur Sepeda *Bike Path*

- b. Lajur sepeda (*Bike Line*) yaitu lajur sepeda yang terletak pada badan jalan dan ditandai dengan marka sebagai pembatas antara jalan milik pengendara sepeda motor dan jalan milik sepeda. Biasanya jalan ini dibuat searah dengan dengan arus lajur kendaraan bermotor, meski bisa didesain juga untuk berlaku dua arah pada salah satu sisi jalan. Lajur sepeda jenis ini dipisahkan dengan garis tak terputus pada ruas jalan dan dipisahkan dengan garis terputuh pada area mendekati simpang, yang mengindikasikan bahwa pengguna kendaraan sepeda dan sepeda motor mungkin akan saling berpindah lajur untuk berbelok. *Bike Line* seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Jalan Lajur Sepeda *Bike Line*

- c. Lajur sepeda (*Bike Route*) adalah jalan yang digunakan dan didesain bersamaan dengan lajur sepeda motor tanpa pembatas marka jalan, biasanya jalan sepeda seperti ini di rancang pada arus lalu lintas yang lebih sedikit agar tidak terjadinya kecelakaan antara pengguna sepeda dan sepeda motor. Desain seperti ini sesuai untuk lajur dengan kecepatan kurang dari 40 km/jam dengan volume kendaraan kurang dari 3000 kendaraan perhari. *Bike Route* seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Jalan Lajur Sepeda *Bike Route*

Sedangkan dalam penelitian Gusnita (2010), tipe jalur sepeda ada 5 tipe yaitu:

- a. *Bike paths and trails*, yaitu jalur sepeda yang terpisah dari jalan raya, dan biasanya jalur untuk tipe ini satu wilayah atau digabung dengan jalur pedestrian sehingga jalur tersebut mempunyai dua fungsi berupa jalur sepeda dan jalur pedestrian.
- b. *Bike Lanes*, yaitu lajur sepeda yang difungsikan pada badan jalan raya dan hanya diberi marka jalan sebagai pembatas antara jalan sepeda dan jalan kendaraan bermotor. Biasanya jalan ini ditemukan pada jalan satu arah, arteri dan kolektor primer.
- c. *Bike Routes*, yaitu jalur sepeda dengan kecepatan lalu lintas pada jalan dibawah 40 km/jam dan volume kendaraan berada dibawah 3000 kendaraan perharinya.
- d. *Other roadway improvements*, yaitu jalur sepeda yang biasanya terletak di pedesaan.
- e. *Destination facilities*, yaitu fasilitas jalur sepeda yang hanya di khususnya pembangunannya untuk kegiatan pribadi ataupun instansi.

Secara fisik jalur sepeda dapat dibagi menjadi tiga kelas jalan, menurut Khisty (2006), jalan sepeda umumnya dikelaskan sebagai berikut :

- a. Jalan sepeda kelas I : sama sekali terpisah dari lalu lintas kendaraan dan didalam hak prioritas jalan atau prioritas pada pada jalan fasitital lain. Jalan

sepeda terpisah dari kendaraan tapi sama – sama digunakan oleh kendaraan sepeda dan pedestarian.

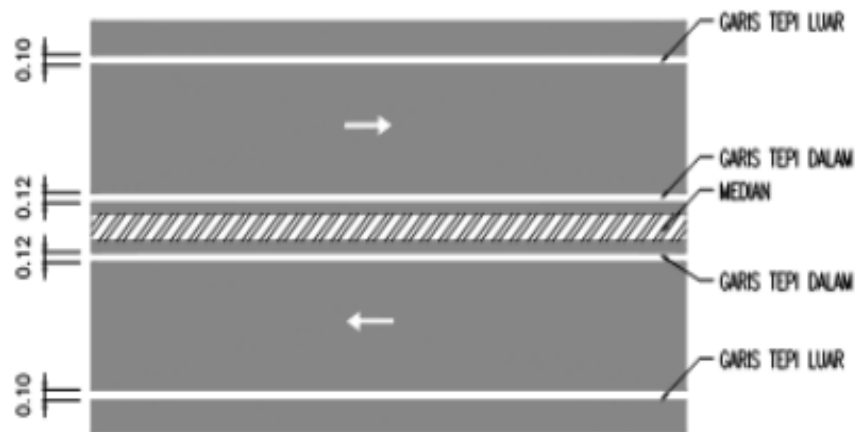
- b. Jalan sepeda kelas II : adalah bagian dari badan jalan atau bahu jalan yang diberi marka keras atau dengan rintangan agar bisa membedakan pembatas jalan. Berbelok , menyebrang dan gerak parkir diperbolehkan didalam kelas II jalan sepeda ini.
- c. Jalan sepeda kelas III : yaitu jalan yang sama digunakan oleh kendaraan bermotor maupun roda dua dan roda empat, hanya saja ada pembatas jalan yang berupa rambu, tidak ada perlindungan sama sekali dari kendaraan bermotor. Tapi hal itu sudah cukup untuk membuat pengendara bermotor sadar akan adanya jalur sepeda

2.1.7 Fasilitas Jalur Sepeda

Jalur sepeda juga harus mempunyai fasilitas yang mendukung agar pengguna sepeda nyaman dalam berkendara, fasilitas jalur sepeda dapat berupa marka, rambu, dan krab sebagai pembatas untuk jalur sepeda agar pengendara bisa tahu wilayah jalur masing-masing, menurut Khisty (2006), rancangan lajur sepeda adalah lajur yang terdapat di jalan khusus yang digunakan oleh sepeda. Lajur ini dipisahkan dari lalu lintas kendaraan bermotor dengan cara pembatasan yang pasti seperti pemarkaan keras terhadap jalan.

Highway Capacity Manual (TRB,2000) dalam (Janarko ,2014) mengklasifikasikan fasilitas sepeda dalam dua bentuk dasar. Apabila dari sebagian badan atau bahu jalan dijajuri, dirambu, dan dimarkai untuk pengguna khusus atau pesepeda, bagian ini disebut lajur sepeda. Disisi lain jika jalan sepeda secara fisik terpisah dari jalan lalu lintas kendaraan bermotor, baik itu dalam hak prioritas jalan atau didalam akses terpisah, maka jalan sepeda seperti ini disebut lintasan sepeda. Dan tidak diperbolehkan kendaraan lain untuk melintas.

Menurut Departemen Perhubungan (2012), panduan penempatan fasilitas perlengkapan jalan dijelaskan berupa keterangan marka membujur berupa garis utuh berfungsi sebagai larangan bagi kendaraan melintasi garis tersebut. Marka membujur seperti satu garis utuh juga dipergunakan untuk menandakan tepi jalur lalu lintas pada jalan. Seperti yang terlihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7. Marka Garis Sebagai Fasilitas Jalur Sepeda (Departemen Perhubungan, 2012)

Sedangkan marka lambang menurut Departemen Perhubungan, (2012,15) Panduan penempatan fasilitas perlengkapan jalan.

- a. Marka lambang pada jalan berupa panah, tulisan atau segitiga, digunakan untuk mengulangi maksud dari rambu-rambu lalu lintas atau untuk memberi tahu pengguna jalan yang tidak dinyatakan dengan rambu lalu lintas jalan.
- b. Marka lambang untuk menyatakan tempat pemberitahuan mobil bus, untuk menaikan dan menurunkan penumpang. Untuk lebih jelas tentang marka lambing sepeda bisa dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8. Marka Lambang Sebagai Fasilitas Jalur Sepeda

2.1.8 Rambu-rambu dan Penanda (*signage*)

Rambu lalu lintas merupakan tanda atau petunjuk pada saat kita berkendara, dalam bersepeda juga harus kita perhatikan agar tidak terjadi kecelakaan dalam berkendara, rambu-rambu itu sendiri dapat berupa larangan, perintah, anjuran dan petunjuk. Rambu lalu lintas ini berfungsi agar pengemudi bisa mengetahui rute sepeda, peringatan untuk kendaraan bermotor agar mengetahui adanya pengendara sepeda, dan juga sebagai petunjuk bagi pengguna sepeda. Rambu lalu lintas sepeda bisa dilihat pada Gambar 2.9. Dalam buku *Bicycle Facility Types and Consideration* dalam (Rahmawati,2014) dijelaskan, ada tiga jenis penanda jalan yaitu :

1. *Regulatory Signs* – rambu peraturan, contohnya rambu untuk berhenti.
2. *Warning Signs* – rambu peringatan, contohnya share the road, sebagai peringatan bagi kendaraan bermotor
3. *Guide Information Signs* – rambu petunjuk/informasi, contohnya rambu arah rute, arah parkir yang berfungsi sebagai informasi bagi pesepeda.



Gambar 2.9. Contoh *Signage* dan Rambu Sepeda

2.1.9 Shelter Sepeda/Parkir Sepeda

Selain jalur sepeda, ketersediaan shelter sepeda merupakan suatu komponen penting dalam mengakomodasi pesepeda. Menurut Rahmawati (2014), ketersediaan *Shelter* sangat mempengaruhi keinginan untuk bersepeda karena ada rasa aman ketika pesepeda meninggalkan sepedanya. Shelter sepeda seharusnya disediakan pada tempat-tempat pergantian moda transportasi dan di bangunan-bangunan yang menjadi tujuan tertentu. Selain itu pusat keramaian juga seharusnya menjadi titik dari shelter sepeda agar pengguna sepeda bisa berhenti pada titik yang diinginkan. Parkir sepeda dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

a. Rak Sepeda

Rak sepeda biasanya digunakan untuk parkir dalam waktu yang cukup singkat. Lokasi peletakan rak sepeda harus berdekatan dengan pintu masuk bangunan yang dituju pesepeda, serta tidak mengganggu kenyamanan untuk pejalan kaki, rak sepeda seperti pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Contoh Rak Sepeda

b. Loker Sepeda

Loker sepeda juga merupakan tempat penyimpanan sepeda tapi dalam waktu yang cukup lama. Loker sepeda ini lebih aman dari tindakan kriminal pencurian dan juga aman dari cuaca panas atau hujan. Loker sepeda biasanya ditempatkan pada titik pergantian moda transportasi, seperti stasiun atau terminal.



Gambar 2.11. Contoh Loker Sepeda

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Kinerja Ruas Jalan

Kinerja ruas jalan merupakan suatu cara yang dilakukan untuk menentukan dan mengkalsifikasikan jalan kedalam kelas jalan. Kinerja ruas jalan bisa dihitung dengan mendapatkan data-data dari lapangan dan dengan formula yang sudah ditetapkan. Adapun data dan formula yang diperlukan dalam penentuan kinerja ruas jalan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997 sebagai berikut :

1. Arus lalu,intas (Q)
2. Kapasitas (Capacity/C)
3. Derajat Kejenuhan (Degree of Saturation/DS)
4. Kecepatan arus bebas (Free Flow Speed/FV)

2.2.2 Arus Lalu Lintas

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) 1997, Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina Jalan Kota. Volume lalu-lintas ruas jalan merupakan jumlah atau banyaknya kendaraan lalu lintas pada suatu titik yang melewati ruas jalan pada waktu tertentu. Volume lalu-lintas pada dua arah yang terjadi di jam paling sibuk dalam sehari dipakai sebagai dasar untuk analisa kerja pada ruas jalan dan persimpangan yang ada. Arus lalu lintas (Q) dinyatakan dengan persamaan :

$$Q = (MC \times emp MC) + (LV \times emp LV) + (HV \times emp HV) \text{ Dimana :}$$

Q = Arus dan komposisi lalu lintas (SMP/jam)

MC = Jumlah kendaraan sepeda motor pada waktu tertentu

Emp MC = Ekuivalensi mobil penumpang sepeda motor

LV = Jumlah kendaraan ringan pada waktu tertentu

Emp LV = Ekuivalensi mobil penumpang kendaraan ringan

HV = Jumlah kendaraan berat pada waktu tertentu

Emp HV = Ekuivalensi mobil penumpang kendaraan berat

2.2.3. Hambatan Samping

Menurut Mudiyo dan Anindiyawati (2017) hambatan Samping adalah banyaknya hambatan terhadap kinerja lalu lintas dari aktifitas samping segmen jalan sepanjang 200 meter yang dapat mempengaruhi lalu lintas.

Hambatan samping meliputi :

1. Pejalan kaki
2. Kendaraan berhenti dan parkir
3. Kendaraan keluar masuk
4. Kendaraan lambat

Data hambatan samping diperoleh dari hasil kegiatan selama merekam pada arus jam puncak dengan menghitung banyaknya kejadian kelas hambatan samping yang terjadi sepanjang 200 meter per jam

2.2.4. Kapasitas

Kapasitas jalan perkotaan dapat di analisa dari hitungan kapasitas dasar. Kapasitas dasar adalah jumlah dari kendaraan maksimum yang melewati suatu penampang pada suatu jalur atau jalan selama 1 (satu) jam dengan kondisi lalu lintas yang ideal. Besarnya kapasitas jalan dapat diuraikan sebagai berikut :

$$C = C_0 \times FCW \times FCSP \times FCSF \times FCCS$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

C₀ = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{sv} = Faktor penyesuaian pemisahan arah

FC_{sf} = Faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{cs} = Faktor penyesuaian ukuran kota

a. Kapasitas dasar (C_0)

Kapasitas dasar adalah kapasitas dari suatu ruas jalan untuk seperangkat kondisi ideal. Kapasitas dasar bisa dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Tabel Kapasitas Dasar Perkotaan (MKJI,1997)

Tipe Jalan	Kapasitas Dasar (smp/jam)	Catatan
Empat-lajur terbagi atau jalan satu arah	1650	Perlajur
Empat-lajur tak terbagi	1500	Perlajur
Dua-lajur tak terbagi	2900	Total dua arah

b. Faktor penyesuain kapasitas untuk lebar jalur lalu lintas (FC_w)

Faktor penyesuain lebar jalur lalu lintas dipengbisa dilihat seperti pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Penyesuaian Kapasitas untuk Lebar Jalur Lalu-Lintas untuk Jalan Perkotaan (MKJI,1997)

Tipe jalan	Lebar jalan lalu-lintas efektif (W_c) (m)	FC_w
Empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Perlajur	
	3,00	0,92
	3,25	0,96
	3,50	1,00
	3,75	1,04
Empat lajur tak terbagi	4,00	1,08
	Perlajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,95
	3,50	1,00
Dua lajur tak terbagi	3,75	1,05
	4,00	1,09
	Total dua arah	
	5	0,56
	6	0,87
	7	1,00
	8	1,14
9	1,25	
	10	1,29
	11	1,34

c. Faktor penyesuaian pembagian arah (FCsp)

Faktor penyesuaian pembagian arah dipengaruhi oleh beberapa pembagian sesuai dengan marka pada ruas jalan. Faktor penyesuaian pembagian arah untuk perkotaan bisa dilihat seperti pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Faktor Penyesuaian Pembagian Arah (FCsp) (MKJI,1997)

Pemisah arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
FCsp	Dua lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat lajur 4/2	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94

d. Faktor penyesuaian hambatan samping dan kreb (FCsf)

Faktor penyesuaian hambatan samping dinilai berdasarkan tipe jalan dan kelas hambatan samping pada jalan serta lebar dari bahu efektif pada jalan. Faktor penyesuaian hambatan samping dan kreb seperti pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Hambatan Samping dan Kreb (FCsf)
(MKJI,1997)

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian hambatan samping (FCsf)			
		Lebar bahu efektif Ws			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,96	0,98	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,88	0,92	0,95	0,98
	VH	0,84	0,88	0,92	0,96
4/2 UD	VL	0,96	0,99	1,01	1,03
	L	0,94	0,97	1,00	1,02
	M	0,92	0,95	0,98	1,00
	H	0,87	0,91	0,94	0,98
	VH	0,80	0,86	0,90	0,95
2/2 UD atau jalan satu arah	VL	0,94	0,96	0,99	1,02
	L	0,92	0,94	0,97	1,00
	M	0,89	0,92	0,95	0,98
	H	0,82	0,86	0,90	0,95
	VH	0,73	0,79	0,85	0,91

e. Faktor penyesuaian ukuran kota (FCcs)

Faktor penyesuaian ukuran kota dipengaruhi oleh jumlah penduduk yang terdapat pada daerah penelitian. Faktor penyesuaian ukuran kota bisa dilihat pada Tabel 2.9

Tabel 2.9 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Ukuran Kota (FCcs) Pada Jalan Perkotaan (MKJI,1997)

Ukuran kota (Juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
<0,1	0,86
0,1 – 0,5	0,90
0,5 – 1,0	0,94
1,0 – 3,0	1,00
>3,0	1,04

2.2.5. Derajat kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas Q (smp/jam) terhadap kapasitas C (smp/jam) dan digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkat kinerja segmen jalan. Menurut Abubakar,1995, nilai derajat kejenuhan (DS) yang diperbolehkan untuk transportasi dalam kota maksimal senilai 0,75. Nilai DS ini merupakan rujukan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Jika nilai DS lebih dari 0,75 maka dapat di ambil kesimpulan diperlukannya kajian ulang dengan cara mengubah arus kendaraan (Q) dan/ mengubah kapasitas untuk mendapatkan nilai $DS < 0,75$. Kemudian berdasarkan nilai DS tersebut maka dapat diprediksi kinerja ruas jalan. Derajat kejenuhan dirumuskan sebagai berikut :

$$DS = Q / C$$

Dimana :

Q = Arus lalu lintas

C = Kapasitas

Dari nilai derajat kejenuhan didapatkan nilai tingkat pelayanan pada jalan yang terdiri dari A-F. Tingkat pelayanan pada jalan sendiri memiliki nilai dan karakteristik tersendiri, mulai dari tingkat pelayanan kategori A sampai dengan tingkat pelayanan kategori F karakteristik dari tingkat pelayanan jalan berbeda-beda sesuai dengan kelas tingkat pelayanan jalannya. Tabel karakteristik tingkat pelayanan jalan menurut Abubakar, 1995 bisa dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Karakteristik Tingkat Pelayanan Jalan (Abubakar,1995)

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Batas Lingkup (V/C)
A	Kondisi arus bebas dengan kecepatan tinggi pengemudi dapat memilih kecepatan yang diinginkan	0,00-0,19

	tanpa hambatan	
B	Kondisi arus stabil, tetapi kecepatan operasi mulai dibatasi oleh kondisi lalu lintas. Pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	0,20-0,44
C	Kondisi arus stabil, tetapi kecepatan operasi dan gerak kendaraan dipengaruhi besar volume lalu lintas. Pengemudi dibatasi dalam memilih kecepatan	0,45-0,74
D	Kondisi arus lalu lintas tidak stabil, kecepatan masih dikendalikan V/C masih dapat ditolerir	0,75-0,84
E	Volume lalu lintas mendekati/berada pada kapasitas arus tidak stabil dan kecepatan kadang berhenti	0,85-1,00
F	Kondisi arus lalu lintas dipaksakan atau arus macet, kecepatan rendah, arus lalu lintas rendah.	1,00

2.2.6 Emisi Gas Buang Kendaraan

Dalam menerapkan program transportasi berkelanjutan emisi gas buang kendaraan menjadi faktor penting demi terlaksananya program dengan maksimal. Aly (2015) menyebutkan emisi gas buang kendaraan adalah pancaran atau pelepasan gas buang yang berasal dari sektor transportasi. Gas buang yang dimaksud merupakan gas buang yang berasal dari kendaraan bermotor yang dipancarkan atau yang diemisikan ke udara berupa gas dari berbagai jenis polutan dan partikel. Penyebab utama pencemaran udara yang di akibatkan oleh kendaraan bermotor disebabkan oleh bahan bakar yang digunakan kurang baik dan kondisi kendaraan yang sudah tidak layak digunakan.

2.2.7. Komposisi Emisi Gas Buang

Ada beberapa komposisi emisi yang disebabkan oleh gas buang kendaraan, komposisi emisi gas buang kendaraan menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 12 (2010), terdiri enam emisi yaitu :

- 1) Karbon Monoksida (CO)
- 2) Karbon Dioksida (CO₂)
- 3) Nitrogen Oksida (NO_x)
- 4) Hidro Karbon (HC)
- 5) Belerang Oksida (SO₂)
- 6) PM₁₀ (Particulate *Matter*)

a. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah gas yang tak berwarna dan tidak beraroma, karbon monoksida atau CO terjadi jika bahan bakar atau unsur C tidak mendapatkan ikatan yang cukup dengan O₂, udara yang masuk dan melewati ruang silinder kurang atau suplai bahan bakar pada kendaraan berlebihan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup no 12 (2010).

b. Nitrogen Oksida

Gas nitrogen oksida ada 2 macam, yaitu gas nitrogen monoksida (NO) dan gas nitrogen dioksida (NO₂). Udara yang telah tercemar oleh gas nitrogen oksida tidak hanya berbahaya bagi manusia dan hewan saja, tapi juga berbahaya bagi kehidupan tanaman. Pengaruh gas NO_x pada tanaman antara lain adanya bintik yang terjadi pada permukaan daun (Wardhana, 2004).

Nitrogen dioksida (NO₂) berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Reaksi terbentuknya NO₂ dari NO dan O₂ terjadi dalam jumlah yang relative sangat kecil, meskipun dengan adanya udara berlebih. Nitrogen monoksida (NO) tidak berwarna, tidak berbau, tidak terbakar, dan sedikit larut dalam air. Kendaraan bermotor memproduksi nitrogen oksida dalam bentuk NO sebanyak 98%. Diudara NO akan membentuk dan menjadi NO₂. Konsentrasi NO₂ yang berkisar antara 50-100 ppm dapat menyebabkan peradangan paru-paru bagi manusia jika terpapar hanya dalam beberapa menit (Rosianasari, 2016).

c. Hidro Karbon (HC)

Hidro karbon atau biasanya sering disingkat HC merupakan pencemaran udara yang berupa dalam bentuk gas, baik itu berbentuk cair ataupun padat. Keberadaan hidro karbon sebagai bahan pencemar diudara dapat berupa gas jika tergolong dalam suku rendah, ataupun berupa cairan jika termasuk suku sedang dan berupa padat jika senyawa ini masuk dalam suku tinggi dan tanpa batasan waktu tertentu sehingga bisa berubah sesuai senyawa yang ada (wardhana, 2004). Hidri karbon sendiri berasal dari proses alamiah dan buatan manusia. Secara alamiah hidro karbon diproduksi oleh tanaman. Sumber alamiah bagi hidro karbon adalah sumur-sumur minyak dan gas bumi. Sumber buatan utama hidro karbon adalah dari asap kendaraan bermotor (Rosianasari, 2016).

d. Belerang Oksida (SO₂)

Belerang Oksida dikenal sebagai gas yang tidak berwarna bersifat iritan kuat bagi kulit dan selaput lendir dan bisa menimbulkan gejala batuk hingga asma. selain pengaruh terhadap manusia dan hewan senyawa ini juga berpengaruh terhadap tumbuhan. Daun pada tumbuhan yang hijau dapat berubah menjadi kuning atau bercak-bercak putih sehingga ini mengganggu system fotosintesis pada tumbuhan (Rosianasari, 2016).

e. PM₁₀ (*Particulate Matter*)

PM₁₀ adalah senyawa berbentuk debu partikulat yang terutama dihasilkan dari emisi gas buangan kendaraan. Pada alveoli terjadi penumpukan partikel kacil sehingga dapat merusak jarlngan atau sistem jaringan paru-paru, sedangkan debu yang lebih kecil dari 10 µm, akan menyebabkan iritasi mata (Muziansyah dkk, 2015).

2.2.8 Faktor-Faktor yang Memperngaruhi Emisi Gas Buang

Faktor penting yang menyebabkan dominannya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan di Indonesia antara lain:

1. Perkembangan jumlah kendaraan yang cepat (eksponensial).
2. Tidak seimbangny prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada (misalnya jalan yang sempit).
3. Pola lalu lintas dari perkotaan yang beorientasi memusat, akibat terpusatnya kegiatan kegiatan dari perekonomian dan perkantoran di pusat kota.
4. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada, misalnya daerah pemukiman penduduk yang semakin menjauhi pusat kota.
5. Kesamaan dari waktu aliran lalu lintas.
6. Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor.
7. Faktor perawatan kendaraan dan jenis dari bahan bakar yang digunakan.
8. Jenis permukaan jalan dan strukktur pembangunan jalan.
9. Siklus dan pola mengemudi (*driving pattern*) (Tugaswati, 2007).

2.8.3 Beban Emisi

Tingkat aktivitas dinyatakan sebagai panjang perjalanan seluruh kendaraan bermotor. Sehingga formula perhitungan beban emisi dari kendaraan bermotor adalah :

$$E = \text{Volume Kendaraan} \times \text{VKT} \times \text{FE} \times 10^{-6}$$

Dimana :

E : Beban emisi (ton/tahun)

Volume Kendaraan : Jumlah kendaraan(kendaraan/tahun)

VKT : Total panjang perjalanan yang dilewati (km)

Fe : Faktor emisi (g/km/kendaraan)

Tabel 2.11 . Faktor emisi gas buang kendaraan untuk kota metropolitan dan kota besar di Indonesia yang ditetapkan berdasarkan kategori kendaraan (PM No 12 Lingkungan Hidup, 2010)

Faktor Emisi Kendaraan Indonesia						
Kendaraan	CO (g/km)	HC (g/km)	Nox (g/km)	PM10 (g/km)	CO2 (g/kg BBM)	SO2 (g/km)
Sepeda Motor	14	5.9	0.29	0.24	3180	0.008
Mobil Penumpang	40	4	2	0.01	3180	0.026