

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Kajian Pustaka

1.1.1. Jalan Tol

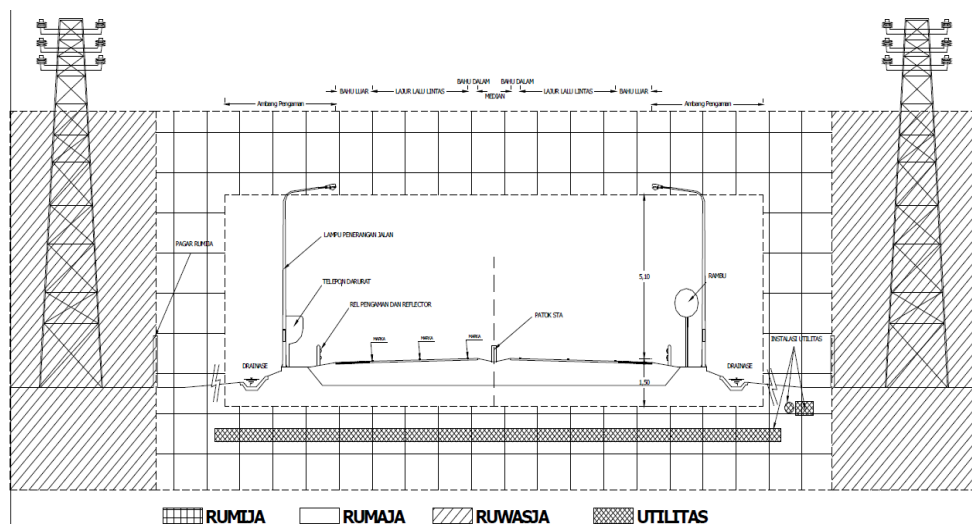
Jalan tol merupakan alternatif dari jalanan umum yang ada. Ruas jalan tol merupakan bagian atau penggalan dari sebuah jaringan jalan tertentu dimana pengusahaannya juga dilakukan oleh Badan Usaha tertentu. Desain rencana jalan tol ini lebih tinggi dibandingkan dengan jalan umum yang ada, hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan pelayanan, keamanan, dan kenyamanan dari para pengguna jalan, selain itu jalan tol harus dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi. Kecepatan rencana untuk jalan tol antar kota paling rendah 80 kilometer per jam dan untuk jalan tol di wilayah perkotaan paling rendah adalah 60 kilometer per jam.

Untuk menjamin keselamatan, keamanan dan kelancaran lalu lintas, ruas jalan tol setidaknya memiliki jumlah lajur sebanyak 4 (empat) lajur 2 (dua) arah terbagi yang dipisahkan menggunakan median (4/2D). Pada tempat-tempat yang dapat membahayakan pengguna jalan, harus dilengkapi dengan bangunan pengaman yang mempunyai kekuatan dan struktural yang dapat menyerap energi saat terjadi benturan kendaraan seperti median beton atau guardrail. Selain itu setiap ruas jalan tol diharuskan melakukan pemagaran dan juga dilengkapi dengan fasilitas penyeberangan jalan berupa jembatan penyeberangan atau terowongan.

1.1.1.1. Bagian dan Jenis Jalan Tol

Adapun istilah dan definisi yang berkaitan dengan bagian - bagian dari jalan tol yang tercantum di dalam standar Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol Tahun 2009 adalah sebagai berikut :

- 1) Badan Jalan, adalah bagian jalan yang meliputi lajur lalu lintas dengan atau tanpa jalur pemisah, dan bahu jalan.
- 2) Bahu Jalan, adalah bagian dari ruang manfaat jalan (Rumaja, lihat **Gambar 2.1**) yang berdampingan dengan lajur lalu lintas yang berfungsi untuk menampung kendaraan yang berhenti dalam rangka untuk keperluan darurat, dan juga berfungsi sebagai pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, lapis pondasi, dan lapis permukaan jalan raya.



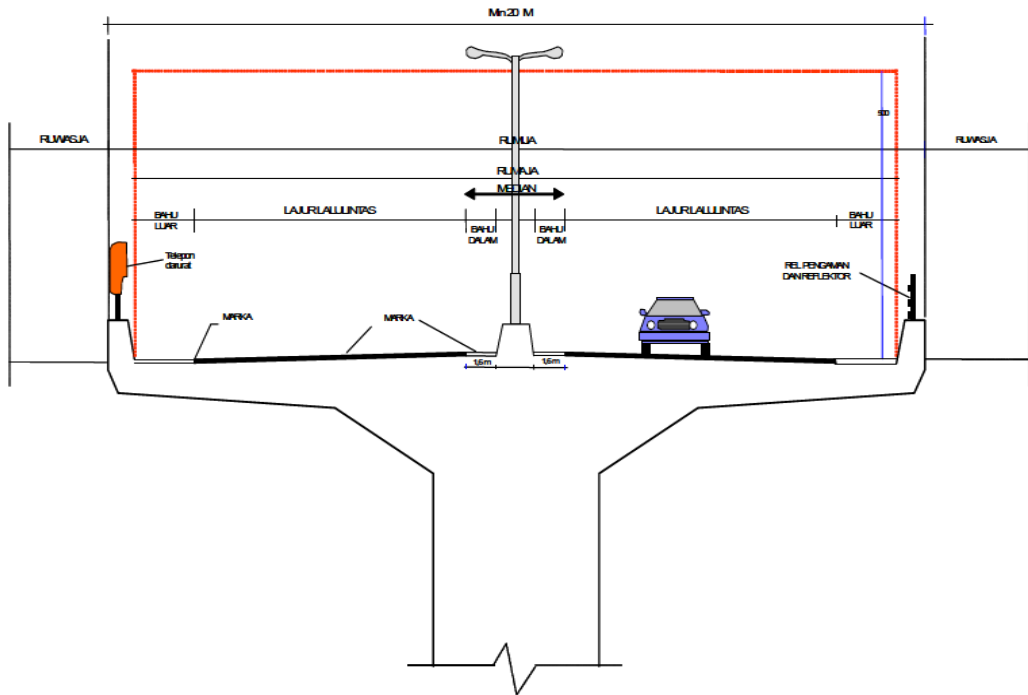
Gambar 2.1 Tipikal Rumaja, Rumaja dan Ruwasja jalan bebas hambatan
(Standar Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009)

- 3) Daerah Bebas Samping Di Tikungan, adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga jarak pandang henti dipenuhi.
- 4) Gardu Tol (*tollbooth*), adalah ruang tempat bekerja bagi para pengumpul tol untuk melaksanakan tugas pelayanan kepada para pemakai jalan.
- 5) Gerbang Tol (*toll gate*), adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi para pemakai jalan tol yang terdiri dari beberapa buah gardu dan juga sarana kelengkapan lainnya.
- 6) Gerbang Tol Utama, adalah gerbang tol terbesar yang memiliki kapasitas besar untuk transaksi tol (memiliki jumlah lajur gardu tol banyak) yang terletak pada jalur utama.
- 7) Gerbang *Tol Ramp*, adalah gerbang tol yang terletak pada ramp, awal simpang susun atau jalan aksesnya.
- 8) Jalan Bebas Hambatan, adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh dengan tanpa adanya persimpangan sebidang serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan.
- 9) Jarak Pandang, adalah jarak di sepanjang tengah - tengah suatu jalur jalan dari mata pengemudi ke suatu titik di muka pada garis yang yang dapat dilihat oleh pengemudi.
- 10) Jarak Pandang Henti, adalah jarak pandangan pengemudi ke depan untuk berhenti dengan aman dan waspada dalam keadaan biasa.
- 11) Kapasitas Jalan, adalah jumlah maksimum kendaraan yang dapat melewati suatu penampang tertentu pada suatu ruas jalan, satuan waktu, keadaan jalan, dan kondisi lalu lintas tertentu.

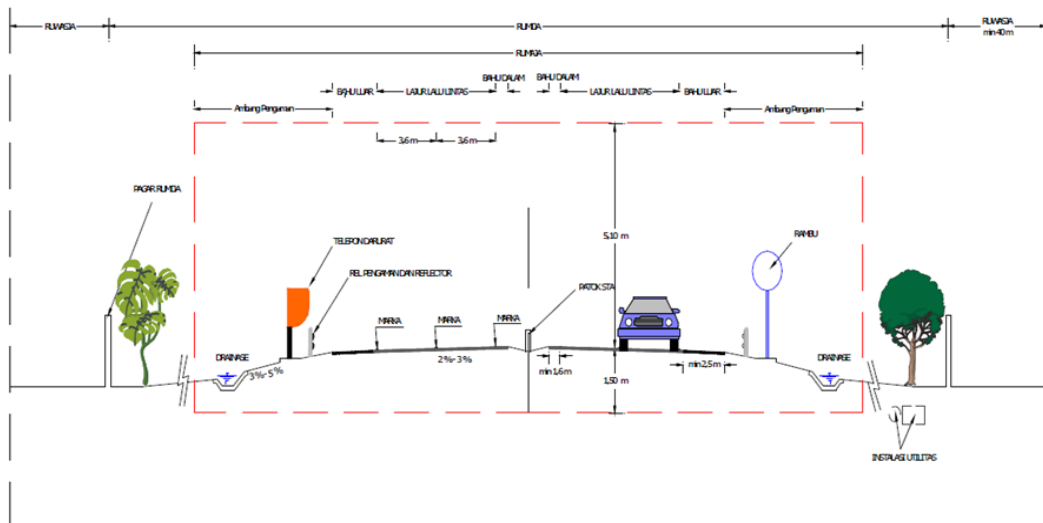
- 12) Lajur, adalah bagian jalur yang memanjang, dengan atau tanpa marka jalan, yang memiliki lebar cukup untuk satu kendaraan bermotor untuk bergerak / berjalan.
- 13) Lajur Darurat, adalah lajur untuk mengantisipasi penurunan yang panjang yang memungkinkan terjadinya kendaraan terlepas dari kontrol, terutama kendaraan berat, dapat berupa kelandaian tanjakan, kelandaian turunan, kelandaian datar, atau timbunan pasir.
- 14) Lajur Pendakian, adalah lajur tambahan pada bagian jalan yang mempunyai kelandaian dan panjang tertentu yang berfungsi untuk menampung kendaraan berkecepatan rendah terutama kendaraan berat.
- 15) Median, adalah bagian dari jalan yang tidak dapat dilalui oleh kendaraan, dengan bentuk memanjang sejajar jalan, terletak di sumbu / tengah jalan, dimaksudkan untuk memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan, median dapat berbentuk median yang ditinggikan maupun median yang diturunkan, atau median datar.
- 16) Persimpangan, adalah pertemuan atau percabangan jalan, baik sebidang maupun yang tidak sebidang.
- 17) *Ramp* (jalan keluar dan jalan masuk), adalah suatu segmen jalan yang berperan sebagai penghubung antara ruas jalan, segmen jalan masuk ke jalur utama disebut *on ramp* dan segmen jalan keluar dari jalur utama disebut *off ramp*.
- 18) Ruang Bebas, adalah ruang sepanjang jalan tol yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu yang hanya diperuntukkan bagi keamanan arus lalu lintas dan bangunan untuk pengamanan jalan tol.

- 19) Simpang Susun, adalah sistem jalan penghubung dari jalan yang berpotongan secara tidak sebidang yang memungkinkan arus lalu lintas mengalir secara bebas hambatan.
- 20) Simpang Susun Pelayanan (*Service Interchange*), simpang susun yang menghubungkan jalan tol dengan jalan bukan tol.
- 21) Simpang Susun Sistem (*System Interchange*), adalah simpang susun yang menghubungkan jalan tol dengan jalan tol.
- 22) Tempat Istirahat, adalah suatu tempat dan fasilitas yang disediakan bagi pemakai jalan sehingga baik pengemudi, penumpang maupun kendaraan dapat beristirahat untuk sementara karena alasan lelah.
- 23) Tempat Pelayanan, adalah bagian dari lokasi Tempat Istirahat yang digunakan untuk melayani para pemakai jalan yang sedang beristirahat, dan dilengkapi dengan berbagai fasilitas umum.
- 24) Terowongan, adalah jalan dimana sekelilingnya tertutup, umumnya elevasi jalan tersebut berada di bawah permukaan tanah.

Berdasarkan tipe konstruksinya, jalan tol terbagi kedalam 2 (dua) jenis yaitu jalan tol di atas tanah atau *at grade* (lihat **Gambar 2.2**) dan jalan tol layang atau *elevated* (lihat **Gambar 2.3**). Mayoritas tipe konstruksi jalan tol yang ada di Indonesia adalah konstruksi *at grade*, namun terdapat juga jalan tol *elevated* dan kombinasi antara kedua jenis konstruksi tersebut.



Gambar 2.2 Tipikal potongan melintang jalan tol layang (*elevated*)
 (Standar Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009)



Gambar 2.3 Tipikal potongan melintang jalan tol diatas tanah (*at grade*)
 (Standar Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No. 007/BM/2009)

1.1.1.2. Standar Pelayanan Minimal (SPM) Jalan Tol

Untuk menjamin jalan tol yang aman, nyaman, berhasil guna, dan berdaya guna diperlukan kegiatan pengawasan kinerja operasional jalan tol terhadap Standar Pelayanan Minimal (SPM) berupa ukuran yang harus dicapai dalam pelaksanaan penyelenggaraan jalan tol. Dalam upaya menjaga dan meningkatkan pelayanan kepada pengguna jalan tol, Pemerintah sebagai regulator menanggapi hal tersebut dengan menetapkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 392/PRT/M/2005 yang telah disempurnakan dan tertuang dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/PRT/M/2014 Tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol, dimana pada Pasal 3 (tiga) tertuang pernyataan agar pelaksanaan dan pemeliharaan jalan tol bisa memuaskan pengguna jalan tol.

Adapun kegiatan pengawasan yang dilakukan oleh Kementerian Pekerjaan Umum (saat ini Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat - PUPR) melalui Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT) kepada setiap ruas jalan operasi adalah pemenuhan terhadap 54 (lima puluh empat) indikator atau parameter penilaian yang terbagi kedalam 8 (delapan) subtansi yang meliputi kondisi jalan tol, kecepatan tempuh, aksesibilitas, mobilitas, keselamatan dan unit pertolongan atau penyelamatan dan bantuan pelayanan, lingkungan, dan Tempat Istirahat (TI) / Tempat Istirahat dan Pelayanan (TIP). Masing - masing indikator memiliki tolok ukur pelayanan atau standar - standar pelayanan yang harus dipenuhi setiap saat oleh operator atau badan usaha dalam mengoperasikan jalan tolnya. Adapun standar - standar yang dimaksud dapat dilihat pada **Tabel 2.1** sampai dengan **Tabel 2.10** berikut ini.

Tabel 2.1 SPM Jalan Tol, subtransi Kondisi Jalan Tol

Standar Pelayanan Minimal			
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolok Ukur	Keterangan
1. Perkerasan Jalur Utama			
- Kekesatan	Seluruh ruas jalan tol	Kekesatan > 0,33 μ m	Hasil pengukuran tiap kilometer (tidak rata - rata)
- Ketidakrataaan	Seluruh ruas jalan tol	IRI \leq 4 m/km	Hasil pengukuran tiap kilometer (tidak rata - rata)
- Tidak ada lubang	Seluruh ruas jalan tol	Tidak ada Lubang 100%	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
- Rutting	Seluruh ruas jalan tol	Tidak ada Rutting 100%	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
- Retak	Seluruh ruas jalan tol	Tidak ada Retak 100%	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
2. Drainase			
- Tidak ada endapan	Seluruh ruas jalan tol	Fungsi dan Manfaat 100%	Toleransi pemenuhan 1 minggu
- Penampang saluran	Seluruh ruas jalan tol	Fungsi dan Manfaat 100%	Toleransi pemenuhan 1 minggu
3. Median			
- Kerb	Seluruh ruas jalan tol	Fungsi dan Manfaat 100%	Toleransi pemenuhan 1 minggu
- MCB (Median Concrete Barrier)	Seluruh ruas jalan tol	Fungsi dan Manfaat 100%	Toleransi pemenuhan 1 minggu
- Guardrail	Seluruh ruas jalan tol	Fungsi dan Manfaat 100%	Toleransi pemenuhan 1 minggu
- Wire Rope	Seluruh ruas jalan tol	Fungsi dan Manfaat 100%	Toleransi pemenuhan 1 minggu
4. Bahu Jalan			
- Tidak ada lubang	Seluruh ruas jalan tol	100%	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
- Rutting	Seluruh ruas jalan tol	Tidak ada Rutting 100%	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
- Retak	Seluruh ruas jalan tol	Tidak ada Retak 100%	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
5. Rounding	Seluruh ruas jalan tol	Permukaan rata selebar min. 0,5m dan ketinggian rumput maks. 5cm tidak masuk ke bahu jalan	Toleransi pemenuhan 1 minggu

Sumber : PERMEN PU No 16/PRT/M/2014

Tabel 2.2 SPM Jalan Tol, substansi Kecepatan Tempuh dan Aksesibilitas

Standar Pelayanan Minimal			
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolok Ukur	Keterangan
Subtansi Kecepatan Tempuh			
Kecepatan Tempuh Kondisi Normal	Jalan tol dalam kota	≥ 40 km/jam	Waktu pemenuhan setiap saat (dalam kondisi normal)
	Jalan tol luar kota	≥ 60 km/jam	
Subtansi Aksesibilitas			
1. Kecepatan Transaksi Rerata	GTO (Gardu Tol Transaksi)	Maksimal 5 detik setiap kendaraan	Dilakukan Terulang Instrumen Transaksi Elektronik Tiap 180 Hari dan Pemasangan “Tombol Bantuan” Pada Alat Transaksi
2. Jumlah Antrian Kendaraan	Gardu Tol	Maksimal 10 Kendaraan per-Gardu Dalam Kondisi Normal	Gardu Tol Harus Terbuka Semua Kecuali Pada Saat Kondisi Lalu lintas Tidak Padat

Sumber : PERMEN PU No 16/PRT/M/2014

Tabel 2.3 SPM Jalan Tol, substansi Mobilitas

Standar Pelayanan Minimal				
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolok Ukur	Keterangan	
1. Kecepatan Penanganan Hambatan	Wilayah pengamatan / Observasi Patroli	30 menit per siklus pengamatan	Setiap 30 menit pada lokasi yang sama akan dilalui kendaraan yang berpatroli	
	Mulai Informasi diterima sampai ke tempat kejadian	Maksimal 30 menit setiap Unit Layanan yang diperlukan	Unit Layanan terdiri dari Ambulance, Rescue, Patroli dan Derek	
	Penanganan kendaraan mogok		Melakukan penderetan ke bengkel terdekat dengan menggunakan derek resmi dan gratis	Kendaraan mogok akan dikenakan tarif penderekan yang ditetapkan BUJT sejak gerbang Tol keluar menuju lokasi yang disepakati
	Jalan Tol Dalam Kota	Jalan Tol Luar Kota		
2. Kecepatan Penanganan PJR	Seluruh Ruas Jalan Tol	Penanganan dan Penindakan Terhadap Hambatan Lalu Lintas		
		Menindak Kendaraan yang berjalan sesuai dengan aturan		

Tabel 2.4 SPM Jalan Tol, substansi Mobilitas (lanjutan)

Standar Pelayanan Minimal			
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolak Ukur	Keterangan
3. Kecepatan Penanganan DereK	Seluruh Ruas Jalan Tol	Sampai Ketempat Kejadian \leq 30 menit	Durasi 30 Menit dihitung sejak Informasi diterima oleh Sentra komunikasi

Sumber : PERMEN PU No 16/PRT/M/2014

Tabel 2.5 SPM Jalan Tol, substansi Keselamatan

Standar Pelayanan Minimal			
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolak Ukur	Keterangan
1. Petunjuk Jalan			
- Perambuan	Kelengkapan dan Kejelasan Perintah dan Larangan serta Petunjuk	Jumlah 100% dan Reflektifitas \geq 80%	Toleransi pemenuhan 3 hari
- Marka Jalan	Seluruh Ruas Jalan Tol	Jumlah 100% dan Reflektifitas \geq 80%	Toleransi pemenuhan 3 hari
- Guide Post/Reflektor sebelah kiri jalan tol (merah) dan sebelah kanan jalan tol (putih)	Seluruh Ruas Jalan Tol	Jumlah 100% dengan jarak 25 m dan Reflektifitas \geq 80%	Toleransi pemenuhan 3 hari
- Patok Kilometer	Per 1 Kilometer	Fungsi dan Manfaat 100%	Toleransi pemenuhan 7 hari
- Patok Hektometer	Per 200 Meter	Fungsi dan Manfaat 100%	Toleransi pemenuhan 7 hari
2. Fasilitas Lainnya			
- Penerangan Jalan Umum (wilayah perkotaan)	Seluruh Ruas Jalan Tol	Lampu Menyala 100%	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
- Anti silau	Segmen Terpasang	Keberadaan 100%	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
- Pagar Rumija	Seluruh Ruas Jalan Tol	Keberadaan 100%	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
- Pagar Pengaman	Seluruh Ruas Jalan Tol	Keberadaan 100%	Toleransi pemenuhan 7 hari

Tabel 2.6 SPM Jalan Tol, substansi Keselamatan (lanjutan)

Standar Pelayanan Minimal			
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolak Ukur	Keterangan
3. Penanganan Kecelakaan	Korban Kecelakaan	Dievakuasi gratis ke Rumah Sakit Terdekat	Waktu evakuasi < 20 menit saat terjadi kecelakaan
	Kendaraan Kecelakaan	Melakukan penderetan gratis ke pool derek (masih di dalam jalan tol)	Waktu penanganan penderetan < 15 menit saat terjadi kecelakaan
4. Pengamanan dan Penegakan Hukum	Ruas Jalan Tol	Keberadaan Polisi Patroli Jalan Raya (PJR) yang siap panggil 24 jam	Waktu pemenuhan setiap saat

Sumber : PERMEN PU No 16/PRT/M/2014

Tabel 2.7 SPM Jalan Tol, substansi Unit Pertolongan/Penyelamatan & Bantuan Pelayanan

Standar Pelayanan Minimal			
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolak Ukur	Keterangan
1. Ambulans	Ruas Jalan Tol	1 Unit per 25 km atau minimal 1 Unit jika < 25 km (dilengkapi standar P3K dan Paramedis)	Toleransi 20% panjang ruas tol + panjang ruas tol untuk setiap penambahan unit kendaraan Ambulans
2. Kendaraan DereK	LHR > 100.000 kend/hari	1 Unit per 5 km atau minimal 1 unit jika < 5 km, jika tersedia lebih dari 1 unit derek maka harus tersedia derek dengan kapasitas 25 ton minimal 1 unit	Toleransi 20% panjang ruas tol + panjang ruas tol untuk setiap penambahan unit Kendaraan DereK
	LHR ≤ 100.000 kend/hari	1 Unit per 10 km atau minimal 1 unit jika < 10 km, jika tersedia lebih dari 1 unit derek maka harus tersedia derek dengan kapasitas 25 ton minimal 1 unit	
3. Polisi Patroli Jalan Raya (PJR)	LHR > 100.000 kend/hari	1 Unit per 15 km atau minimal 1 unit jika < 15 km	Toleransi 20% panjang ruas tol + panjang ruas tol untuk setiap penambahan unit Patroli Jalan Raya (PJR)
	LHR ≤ 100.000 kend/hari	1 Unit per 20 km atau minimal 1 unit jika < 20 km	

Tabel 2.8 SPM Jalan Tol, substansi Unit Pertolongan/Penyelamatan & Bantuan Pelayanan (lanjutan)

Standar Pelayanan Minimal			
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolak Ukur	Keterangan
4. Patroli Jalan Tol (Operator)	Ruas Jalan Tol	1 Unit per 15 km atau minimal 1 unit jika < 15 km	Toleransi 20% panjang ruas tol + panjang ruas tol untuk setiap penambahan unit Patroli Jalan Tol (Operator)
5. Kendaraan Rescue	Ruas Jalan Tol	1 Unit per 50 km atau minimal 1 unit jika < 50 km (dilengkapi dengan peralatan penyelamatan)	Toleransi 20% panjang ruas tol + panjang ruas tol untuk setiap penambahan unit Kendaraan Rescue
6. Sistem Informasi	Informasi dan Komunikasi Kondisi Lalu Lintas (Spanduk, Board, Virtual Message Sign (VMS))	50 m sebelum akses masuk jalan tol	Sistem informasi yang dipasang harus bisa terbaca dengan jelas dan tidak menyilaukan
	Nomor telepon info Tol	Pada gerbang masuk dan keluar, di dalam ruas jalan tol dan pada kartu tol/karcis tol	

Sumber : PERMEN PU No 16/PRT/M/2014

Tabel 2.9 SPM Jalan Tol, substansi Lingkungan

Standar Pelayanan Minimal			
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolak Ukur	Keterangan
1. Kebersihan	Dalam Rumaja Tol	Tidak ada Sampah	Toleransi pemenuhan 7 hari
	Kantor Operasi dan Gardu Tol	Tidak ada Sampah, Terawat dan Bersih	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
2. Tanaman	Dalam Rumija Tol	Tidak Mengganggu fungsi Jalan Tol	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
3. Rumput	Di Rumija diluar Rumaja	Tinggi Rumput < 30 cm	Toleransi pemenuhan 2x24 jam

Sumber : PERMEN PU No 16/PRT/M/2014

Tabel 2.10 SPM Jalan Tol, substansi TI/TIP

Standar Pelayanan Minimal			
Indikator	Cakupan/Lingkup	Tolak Ukur	Keterangan
1. Kondisi Jalan	Seluruh Permukaan Jalan di Tempat Istirahat	Tidak Ada Lubang, Retak dan Pecah	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
2. On/Off Ramp	Permukaan Jalan di Jalur masuk dan keluar Tempat Istirahat	Tidak Ada Lubang, Retak dan Pecah	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
3. Toilet	Fungsi dan Manfaat	Berfungsi 100%, Bersih, Gratis	Toleransi pemenuhan 2x24 jam
4. Parkiran Kendaraan	Fungsi dan Manfaat	Berfungsi 100%, Teratur, Bersih dan Gratis	Jalan dan Perparkiran hanya diperlukan bagi pengguna jalan Tol
		Dilarang Parkir di On/Off Ramp	
5. Penerangan	Fungsi dan Manfaat	Berfungsi 100%	Mengacu kepada standar PJU
6. Stasiun Pengisian Bahan Bakar	Fungsi dan Manfaat	Berfungsi 100%	Mengacu kepada ketentuan ESDM
7. Bengkel umum	Fungsi dan Manfaat	Berfungsi 100%	Bengkel harus memiliki ijin usaha
8. Tempat Makan Dan Minum	Fungsi dan Manfaat	Berfungsi 100%	Wajib memberikan informasi harga makanan dan minuman yang dijual

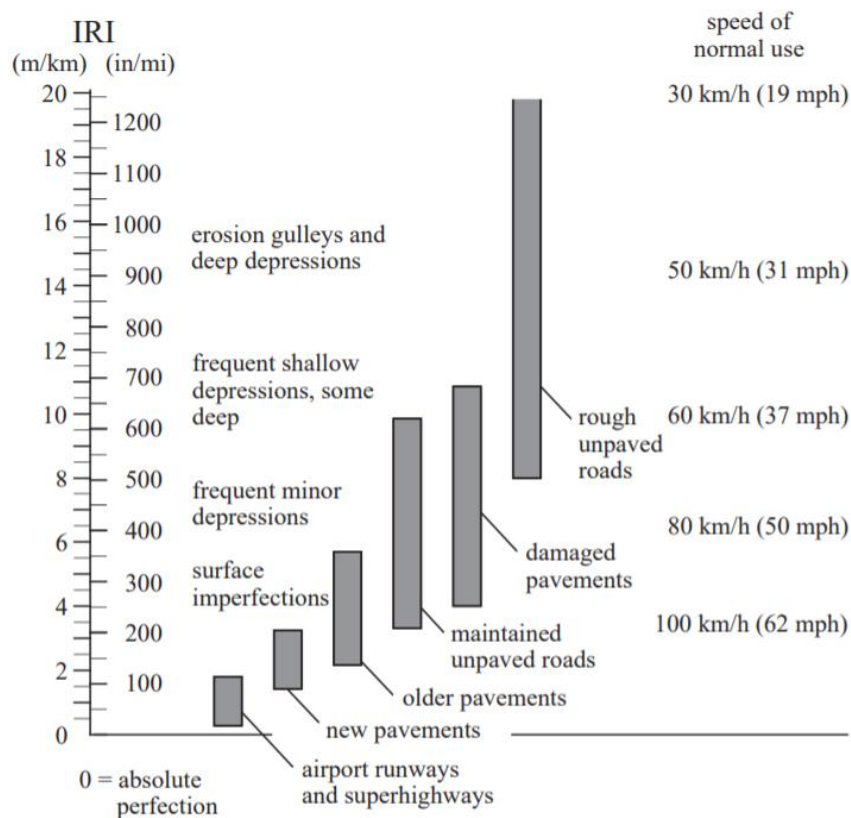
Sumber : PERMEN PU No 16/PRT/M/2014

1.1.2. Ketidakrataan Jalan

Ketidakrataan jalan atau *International Roughness Index* (IRI) pertama kali dikembangkan oleh Bank Dunia pada tahun 1980an. IRI digunakan untuk menggambarkan suatu profil memanjang dari suatu jalan dan digunakan sebagai standar ketidakrataan permukaan jalan. Satuan yang biasa direkomendasikan adalah meter per kilometer (m/km) atau milimeter per meter (mm/m). Nilai IRI merepresentasikan kualitas ketidakrataan yang memengaruhi respon kendaraan

yang berkaitan dengan biaya operasi kendaraan, kualitas berkendara, muatan roda, dan kondisi permukaan jalan secara keseluruhan (Sayers dan Karamihas, 1998).

Parameter indeks ketidakrataan (IRI) dapat digunakan dalam menentukan berbagai umur perkerasan dan kecepatan. Untuk ketidakrataan permukaan jalan dengan nilai IRI < 4 m/km dapat ditempuh pada kecepatan 100 km/jam, yang menjadi batas kecepatan maksimal pada seluruh ruas jalan tol di Indonesia. Kolerasi antara nilai IRI, kondisi perkerasan jalan dan kecepatan yang bisa ditempuh dapat dilihat pada **Gambar 2.4** berikut ini :



Gambar 2.4 Nilai IRI untuk berbagai jenis/kondisi jalan dan kecepatan normal

(Sayers dan Karamihas, 1998)

Adapun hubungan indeks ketidakrataan atau IRI dengan program pemeliharaan perkerasan jalan yang berlaku di Indonesia merujuk kepada *Indonesian Intergrated Road Management System (IIRMS)* yang dikeluarkan oleh Bina Marga, dapat dilihat pada **Tabel 2.11** berikut :

Tabel 2.11 Kondisi jalan dan penentuan jenis penanganan berdasarkan nilai IRI

IRI	Kondisi Jalan	Jenis Penanganan
< 4	Baik	Pemeliharaan Rutin
4 - 8	Sedang	Pemeliharaan Rutin
8 - 12	Rusak Ringan	Pemeliharaan Berkala
> 12	Rusak Berat	Pemeliharaan / Rekonstruksi

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 2011

Sedangkan persyaratan nilai ketidakrataan untuk perkerasan lentur maupun perkerasan kaku sesuai dengan Standar Pelayanan Minimal (SPM) Jalan Tol adalah maksimal 4 m/km sesuai dengan Peraturan Menteri PU No.16/PRT/M/2014 tahun 2014.

1.1.2.1. Pengujian Ketidakrataan Jalan menggunakan *Hawkeye 2000*

Hawkeye 2000 merupakan salah satu perangkat *Network Survey Vehicle* yang dikembangkan oleh *Australian Road Research Board (ARRB)*. Perangkat ini menintegrasikan beberapa instrument pengukuran yang dirancang secara modular untuk memungkinkan penyesuaian terhadap perkembangan dan dapat dipasang disesuaikan dengan berbagai kendaraan. Penggunaan perangkat lunak dalam

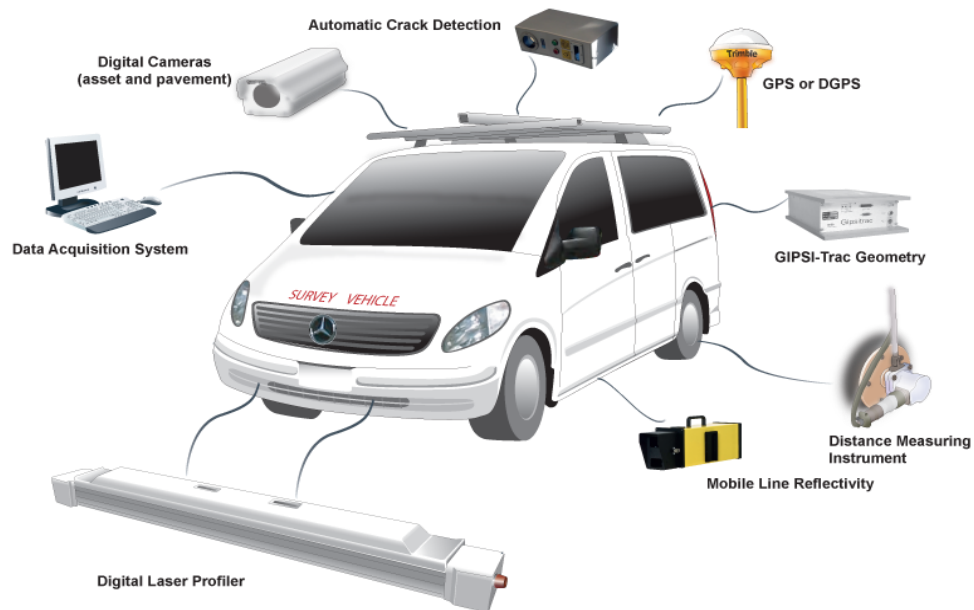
pengolah data berikut *image processing* mampu melakukan pengukuran dan menyesuaikan pengolahan data dengan kebutuhan informasi (termasuk skala) sesuai dengan pengambil keputusan yang menggunakannya. Adapun keunggulan - keunggulan lain dari alat survei *Hawkeye 2000* ini adalah :

- 1) Memiliki kecepatan operasional mencapai 100 km/jam dan untuk idealnya kemampuan pendataan untuk survei ketidakrataan jalan mencapai 100 - 200 km/lajur/hari bergantung kepada situasi lalu lintas setempat
- 2) Dapat mengkombinasikan data survei *hawkeye* dan data referensi jalan tol melalui pemberian informasi pada saat pelaksanaan survei
- 3) Instrumen pengumpulan data terintegrasi dalam satu sistem
- 4) Data tercatat secara geografis dalam tampilan GIS dan data linear (STA)
- 5) Proses pengolahan data dan analisis dilakukan di Laboratorium pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Hawkeye Processing Toolkit*.

Hawkeye 2000 memiliki 2 (dua) komponen utama (dapat dilihat pada **Gambar 2.5**) yang digunakan dalam proses pengukuran (termasuk pengukuran indeks ketidakrataan) yakni :

1. Peralatan pengumpulan data (*acquisition data package*) merupakan perangkat keras modular dan modul perangkat lunak yang terpasang pada kendaraan survei.
2. Perangkat untuk mengamati dan mengolah data hasil pengukuran (*processing toolkit* dan *data viewer*). Keduanya merupakan perangkat lunak yang dapat memfasilitasi pengamatan pasca survei dan pengukuran, mengatur, mengolah,

dan membuat pelaporan data yang telah dikumpulkan menggunakan kendaraan survei.



Gambar 2.5 Komponen sistem mobil survei *Hawkeye 2000*

Sedangkan bagian - bagian sistem peralatan pada *acquisition data package* yang terdapat pada *Hawkeye 2000* adalah :

- 1) *GPS package*, terdiri dari baik penerima GPS atau maupun DGPS dan antena. Alat ini berfungsi mengumpulkan data posisi survei menggunakan GPS internasional, sehingga memungkinkan referensi data jalan terhadap koordinat GPS. Peralatan GPS ini memberikan akurasi 5 - 15 m, sementara DGPS mencapai akurasi *real-time sub-metre*
- 2) *Gipsi-trac geometry package*, merupakan alat yang menggunakan sensor hisab mati (*dead reckoning sensor*) dan data GPS untuk menyediakan peta jalan dan

informasi geometri yang berkelanjutan, seperti kemiringan, kemiringan melintang, jari - jari tikungan, alinyemen vertikal, dan alinyemen horizontal

- 3) *Video package*, alat ini berfungsi merekam kondisi visual jalan beserta bangunan pelengkap dan lingkungannya, dan juga perkerasan jalan. Jumlah kamera dapat diatur sehingga dapat mencapai delapan kamera video. Saat ini jumlah *video camera* yang digunakan 4 (empat buah), terpasang 3 (tiga) pada bagian depan dimana jika hasil *capture* disatukan akan menjadi penampang melebar (*wide area*) dan 1 (satu) pada bagian belakang
- 4) *Distance package*, alat yang menggunakan pulsa jarak dari sistem odometer kendaraan. Dipasang pada roda ban kendaraan survei untuk menyediakan data kecepatan yang memiliki resolusi tinggi dan data jarak tempuh
- 5) *Profiler package*, merupakan peralatan untuk merekam dengan akurat profil permukaan jalan secara digital menggunakan sensor laser. Jumlah laser yang digunakan dapat diatur, dan dapat mencapai lebih dari 30. Paket ini terpadat juga *accelerometer* yang berfungsi sebagai alat untuk mengkompensasi gangguan pada peralatan yang diakibatkan getaran atau guncangan pada saat kendaraan bergerak.

Kegiatan survei yang dapat menggunakan *Hawkeye 2000* antara lain survei ketidakrataan jalan, survei proyek jaringan jalan maupun segmen jalan, dan aset jalan; survei pengawasan rutin perkerasan; survei inventarisasi dan manajemen aset jalan; survei geometrik jalan dan pemetaan; survei penilaian kondisi pinggir jalan; survei penilaian jarak pandang di jalan, dsb. Data - data yang dapat dikumpulkan

menggunakan *Hawkeye 2000* antara lain data ketidakrataan; data *rutting* (alur); tekstur permukaan; profil *longitudinal* dan *transversal*; kemiringan / kelandaian; kemiringan melintang jalan; lengkung horizontal; aset dan inventarisasi visual; kondisi visual perkerasan.

Sejalan dengan kebutuhan data untuk tujuan inspeksi keselamatan jalan, pemanfaatan *Hawkeye 2000* ini mestinya dapat dioptimalkan untuk tujuan inspeksi keselamatan jalan. Hasil survei visual *Hawkeye 2000* menggunakan empat kamera CCTV. *Capture* video sebelah kiri menggambarkan hasil perekaman data dari sisi penumpang kendaraan *Hawkeye 2000*, *capture* video sebelah kanan menggambarkan hasil perekaman dari sisi pengemudi, *capture* tengah menggambarkan hasil perekaman data dari sisi tengah kendaraan, sedangkan *capture* belakang menggambarkan hasil perekaman data dari sisi belakang kendaraan. Ketiga *capture* pada bagian depan dapat disatukan sehingga lingkup jangkauan kamera tampak lebih lebar dan luas.

1.1.2.2. Pengujian Ketidakrataan Jalan menggunakan *Bump Integrator*

NAASRA merupakan salah satu metode survei jalan untuk mengetahui ketidakrataan permukaan jalan, dapat dipergunakan untuk menilai kondisi jalan. NAASRA itu sendiri merupakan kepanjangan dari *National Association of Australian State Road Authorities* yang jika diartikan kedalam bahasa Indonesia berarti Asosiasi Nasional Otoritas Jalan Negara Bagian Australia. Dalam perkembangan selanjutnya NAASRA dikenal di Indonesia sebagai sebuah metode

survei jalan untuk mengetahui kekasaran permukaan jalan, yang mengadopsi dari metode survei yang dilakukan oleh negara - negara bagian Australia.

Prinsip dasar alat ini (**Gambar 2.6**) adalah mengukur jumlah gerakan vertikal sumbu roda belakang terhadap tubuh kendaraan sewaktu berjalan pada kecepatan tertentu. Gerakan sumbu roda belakang dalam arah vertikal dipindahkan kepada alat pengukur kekasaran melalui kabel yang dipasang di tengah sumbu roda belakang kendaraan yang selanjutnya dipindahkan kepada *counter* melalui fleksibel *drive* dan setiap putaran *counter* adalah sama dengan 15,2 mm gerakan vertikal antara sumbu roda belakang dan tubuh kendaraan. Untuk mendapatkan hasil optimal sehingga mendekati keadaan nyata dilapangan, maka dilakukan suatu kalibrasi terhadap kendaraan survei dengan alat fase *Dipstick Profiler* atau alat lain sesuai standar yang berlaku.



Gambar 2.6 Alat *Bump Integrator*

Sebelum melaksanakan survei ketidakrataan permukaan jalan, terlebih dahulu harus mendapatkan grafik korelasi dari kendaraan dan alat NAASRA terhadap nilai BI (*Bump Integrator*) dan IRI (*International Roughness Index*). Grafik korelasi ini didapat dengan Seksi Percobaan (SP) kemudian melakukan pengukuran profil dan menjalankan kendaraan untuk mendapatkan kekasaran permukaannya. Angka korelasi yang didapat, merupakan angka kalibrasi dari alat ukur NAASRA beserta kendaraan yang dipergunakan. Berikut ini adalah beberapa Kelebihan Metode Survei Menggunakan NAASRA :

- 1) NAASRA sangat dianjurkan untuk jalan bertipe aspal, dan ini cocok untuk keadaan di Indonesia dimana penggunaan aspal hampir merata dimana - mana
- 2) NAASRA jika dilakukan dengan prosedur SOP-nya, cukup akurat untuk menilai baik atau rusaknya kondisi jalan
- 3) Dimunculkannya grafik kekasaran permukaan jalan sangat membantu untuk melihat kondisi jalan apalagi ditunjang dengan perangkat visual yang merekamnya
- 4) Operasional dilapangan tidak terlalu sulit, survei dapat dilakukan dalam sebuah kendaraan dengan kecepatan rata - rata 30 km/jam
- 5) Metode ini cukup efektif jika ada "kejar tayang".

Sedangkan kelemahan atau kekurangan metode survei pengukuran indeks ketidakrataan menggunakan NAASRA diantaranya :

- 1) Perlu penyesuaian jika NAASRA Meter dilakukan pada jalan tipe *Paving Block*, Tanah atau Beton

- 2) Perlu waktu Kalibrasi meski hanya 1 kali dan ini mutlak dilakukan untuk efektifitas pekerjaan dilapangan
- 3) Kabel - kabel yang terpasang perlu sedikit perapihan untuk pengembangan selanjutnya
- 4) Tidak dianjurkan survei hingga malam hari kepada operator yang fisiknya terbatas apabila dipaksakan.

Pada perhitungannya, data ketidakrataan permukaan jalan diperoleh dengan menggunakan alat *Bump Integrator*, dimana sistem kerjanya adalah dipasang dibelakang kendaraan. Pada saat survei, kendaraan dijalankan pada kecepatan sekitar 30 km/jam. Hasil pencatatan diproses pada setiap interval jarak 100 meter dan besaran ketidakrataan dinyatakan dalam m/km.

1.1.3. Pemeliharaan Jalan

Pemeliharaan jalan adalah kegiatan penanganan jalan, berupa pencegahan, perawatan dan perbaikan yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi jalan agar tetap berfungsi secara optimal melayani lalu lintas sehingga umur rencana yang ditetapkan dapat tercapai (PERMEN PU Nomor 13/PRT/M/2011). Menurut Petunjuk Penyusunan Program Preservasi Jalan Tahun Anggaran 2017 yang dikeluarkan oleh Kementerian PUPR, kegiatan penanganan jalan terdiri atas :

- 1) **Pemeliharaan Rutin (RM)**, adalah pemeliharaan yang dilakukan pada jalan mantap dan dilakukan terus menerus sepanjang tahun, yang meliputi perawatan

dan perbaikan terhadap kerusakan - kerusakan ringan dan lokal (tanpa dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan struktur jalan yang bersangkutan). Jenis kegiatan yang dilakukan pada pemeliharaan rutin antara lain adalah : pemotongan rumput, pembersihan saluran samping dan gorong - gorong, pemeliharaan jembatan, pemeliharaan perambuan. Besar biaya yang dibutuhkan tergantung dari karakteristik jalan yang dilakukan perawatan.

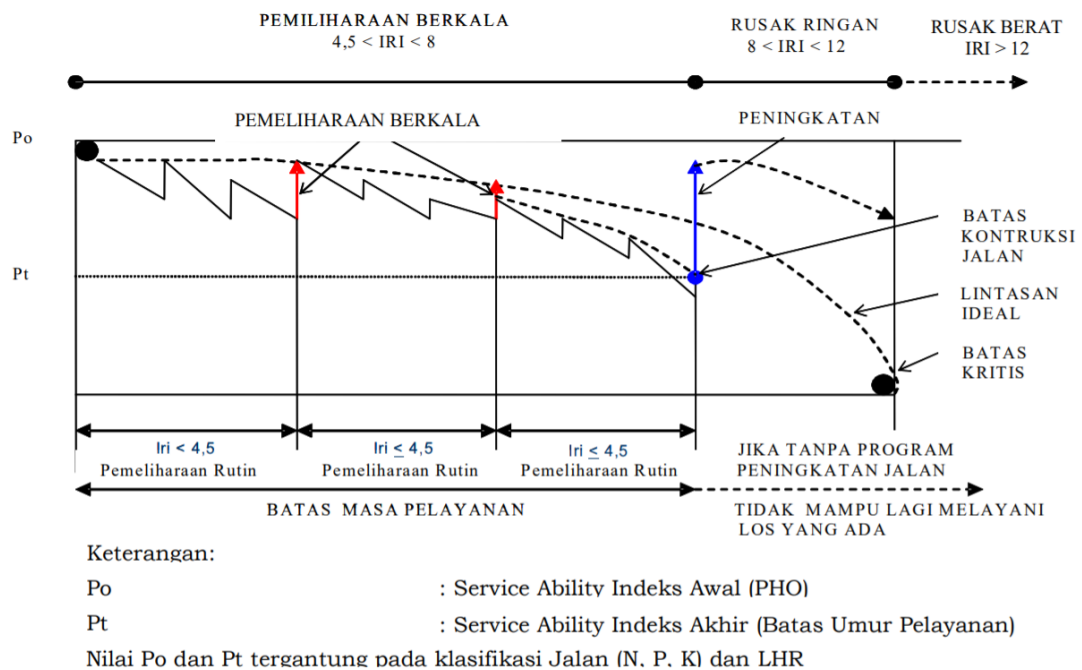
- 2) **Pemeliharaan Rutin Kondisi (PRK)**, adalah pemeliharaan yang dilakukan pada jalan mantap dan dilakukan terus menerus sepanjang tahun, yang meliputi perawatan dan perbaikan terhadap kerusakan - kerusakan ringan dan lokal (tanpa dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan struktur jalan). Jenis kegiatan yang dilakukan pada pemeliharaan rutin antara lain adalah : pemotongan rumput, pembersihan saluran samping dan gorong - gorong, pemeliharaan jembatan, pemeliharaan perambuan, penambalan lubang, penambalan dan pengisian celah retak (*sealing cracks*) serta perbaikan kerusakan tepi perkerasan.
- 3) **Pemeliharaan Preventif (Prev)**, adalah pemeliharaan yang dilakukan pada jalan mantap dan dilakukan secara berkala, yang meliputi perawatan dan perbaikan terhadap kerusakan-kerusakan ringan yang bersifat luas. Adapun kegiatan yang dilakukan pada pemeliharaan berkala adalah: pelaburan, perbaikan bahu jalan dan perbaikan marka jalan dan biasanya melakukan *overlay* tipis 1,5 cm - 3 cm. Untuk tahap pengerjaan *overlay* tipis 1,5 cm ini biasanya menggunakan sprayer tipis dengan Untuk kegiatan pemeliharaan preventif pemeliharaan bahu jalan, drainase, rel pengamanan dan peremajaan

marka juga dilakukukan per kilometernya sehingga dalam pemeliharaan preventif item pekerjaan tersebut dimasukkan.

- 4) **Pemeliharaan Rehabilitasi Minor (Minor)**, adalah dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan struktur jalan dan atau peningkatan kapasitas jalan. Kegiatan yang dilakukan pada peningkatan adalah dapat salah satu atau gabungan kegiatan antara pemberian lapis tambah (*overlay*) tipis setebal 5 cm dengan maksud untuk mengembalikan kerataan jalan dan menutup adanya lubang - lubang maupun jembulan ataupun cekungan kecil. Perbaikan bahu jalan, pembersihan drainase dan saluran, serta pengecatan ulang marka jalan dan rambu jalan juga dilakukan pada tahap pekerjaan ini.
- 5) **Rehabilitasi Mayor (Mayor)**, adalah dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan struktur jalan atau dengan kata lain mengembalikan kondisi jalan menjadi baik dan mantap kembali sehingga dapat meningkatkan kapasitas jalan. Kegiatan yang dilakukan pada peningkatan adalah dapat salah satu atau gabungan kegiatan antara pemberian lapis tambah (*overlay*) setebal 10 cm dengan maksud untuk mengembalikan kerataan jalan dan menutup adanya lubang - lubang maupun jembulan ataupun cekungan. Perbaikan bahu jalan, pembersihan drainase dan saluran, perbaikan rel pengaman dan pengecatan ulang marka jalan dan rambu jalan juga dilakukan pada tahap pekerjaan ini.
- 6) **Rekonstruksi**, adalah upaya perbaikan terhadap struktur perkerasan yang lemah pada bagian bawah, sehingga tidak dapat diperbaiki dengan pemberian lapis tambah (*overlay*). Disamping itu dapat juga berupa upaya untuk

memperbaiki struktur geometrik, baik alinyemen vertikal maupun horizontal, dengan pertimbangan keamanan dan keselamatan pengguna jalan.

Penentuan kondisi pelayanan jalan, umur dan jenis penanganannya, dapat ditentukan berdasarkan indeks ketidakrataan menjadi beberapa kategori yang dapat dilihat pada **Gambar 2.7** berikut ini :



Gambar 2.7 Hubungan antara kondisi, umur dan jenis penanganan jalan
(Sofyan M. Saleh, dkk, 2008)

- 1) Indeks ketidakrataan dibawah 4,5 m/km ($IRI < 4,5$ m/km), menunjukkan jalan masih dalam tahap pemeliharaan rutin.

- 2) Indeks ketidakrataan berkisar antara 4,5 m/km sampai 8 m/km (IRI 4,5 - 8 m/km), menunjukkan jalan sudah perlu dilakukan pemeliharaan berkala (*periodic maintenance*) yakni dengan pelapisan ulang (*overlay*).
- 3) Indeks ketidakrataan berkisar antara 8 m/km sampai 12 m/km (IRI 8 - 12 m/km), menunjukkan jalan sudah perlu dipertimbangkan untuk peningkatan (rehabilitasi).
- 4) Indeks ketidakrataan melebihi 12 m/km (IRI > 12 m/km), menunjukkan jalan sudah tidak dapat dipertahankan, sehingga langkah yang harus dilakukan adalah rekonstruksi.

Berdasarkan gambar diatas, P_o merupakan *service ability indeks* awal yang merupakan kondisi perkerasan jalan pada saat awal dibangun (dalam kondisi prima). Sedangkan P_t merupakan *service ability indeks* akhir yang merupakan batas umur pelayanan dari perkerasan jalan tersebut. Beban kendaraan yang melintasi perkerasan jalan secara berulang dan terus menerus (repetisi beban) tentunya akan mengurangi kemampuan layanan perkerasan jalan, oleh karenanya diperlukan kegiatan pemeliharaan untuk menjaga performa jalan itu sendiri.

1.1.4. Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan (*forecasting*) merupakan suatu metode atau teknik analisa perhitungan yang dilakukan untuk meramalkan / memperkirakan suatu nilai dan kejadian dimasa depan dengan menggunakan referensi data - data dimasa lalu.

Peramalan adalah seni dan ilmu dalam memprediksi peristiwa yang akan terjadi menggunakan data historis dan memproyeksikannya ke masa depan dengan beberapa bentuk pemodelan matematika (Abinowi dan Sumitra, 2018).

Peramalan merupakan bagian terpenting bagi setiap perusahaan ataupun organisasi bisnis dalam pengambilan keputusan - keputusan manajemen. Peramalan (*forecasting*) merupakan alat bantu yang sangat penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Dalam bidang ekonomi, perencanaan merupakan kebutuhan yang besar, karena waktu tenggang untuk pengambilan keputusan dapat berkisar dari beberapa tahun sampai beberapa hari atau bahkan beberapa jam (Saepulloh dan Putra, 2018).

Berdasarkan waktu peramalan dikelompokkan menjadi tiga yaitu peramalan jangka panjang, peramalan jangka menengah dan peramalan jangka pendek (Heizer dan Render, 2005). Berikut adalah penjabaran dari masing - masing jenis peramalan tersebut :

- 1) Peramalan jangka panjang, merupakan peramalan yang mencakup periode waktu yang panjang, umumnya lebih dari 1 tahun. Contoh dari peramalan jangka panjang adalah peramalan untuk keperluan investasi, penanaman modal, perencanaan pemeliharaan aset berkala, pengembangan produk, pembangunan fasilitas, dan lain sebagainya.
- 2) Peramalan jangka menengah, merupakan peramalan yang mencakup periode waktu yang umumnya lebih dari 3 bulan sampai 1 tahun. Contoh dari peramalan jangka menengah adalah peramalan untuk perencanaan produksi, strategi penjualan, perencanaan pemeliharaan aset rutin, dan lain sebagainya.

- 3) Peramalan jangka pendek, merupakan peramalan yang mencakup periode waktu singkat, umumnya harian, mingguan, dan bulanan (dibawah 3 bulan). Contoh dari peramalan jangka pendek adalah peramalan untuk keperluan permintaan harian, penjadwalan kerja, peramalan cuaca, dan lain sebagainya.

Menurut Makridakis dan Wheelwright Render dan Heizer (1999) didalam penelitian Stepvhane (2012), berdasarkan sifat - sifat peramalan, terdapat dua macam metode peramalan yakni :

- 1) Peramalan Kualitatif

Merupakan peramalan yang menggabungkan faktor - faktor seperti intuisi pengambilan keputusan, emosi, pengalaman pribadi, dan sistem nilai. Adapun model - model peramalan yang termasuk dalam metode peramalan kualitatif adalah :

- (1) Dugaan Manajemen (*Management Estimate*)

Merupakan metode peramalan dimana peramalan semata - mata dilakukan atas pertimbangan manajemen. Metode ini cocok untuk diterapkan dalam situasi yang sangat sensitif terhadap intuisi dari satu atau sekelompok kecil orang yang atas pengalamannya mampu memberikan opini yang kritis dan relevan.

- (2) Riset Pasar (*Market Research*)

Merupakan metode peramalan yang dilakukan berdasarkan hasil survei pasar oleh tenaga pemasar produk atau yang mewakilinya. Metode ini

menjaring informasi dari pelanggan langsung yang berkaitan dengan rencana pembelian produk di masa mendatang.

(3) Metode Kelompok Terstruktur (*Structured Groups Methods*)

Merupakan metode peramalan yang dilakukan berdasarkan proses konvergensi dari opini beberapa orang atau ahli secara interaktif dan membutuhkan fasilitator untuk menyimpulkan hasil dari peramalan.

(4) Analogi Historis (*Historical Analogy*)

Merupakan metode peramalan yang dilakukan berdasarkan pola data masa lampau dari produk yang disamakan secara analogi.

2) Peramalan Kuantitatif

Merupakan peramalan yang dilakukan atas dasar kuantitatif pada masa lampau. Pada dasarnya metode peramalan kuantitatif dibagi menjadi dua, yaitu metode deret berkala dan metode kausal.

(1) Metode Kausal

Metode peramalan kausal merupakan pengembangan dari model sebab - akibat antara permintaan yang diramalkan menggunakan variabel - variabel lain yang dinilai memiliki pengaruh. Metode peramalan kausal dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

a) Metode korelasi regresi

Peramalan ini digunakan untuk : Peramalan penjualan; Peramalan keuntungan; Peramalan permintaan; dan Peramalan keadaan ekonomi. Metode ini cocok digunakan untuk peramalan jangka pendek, data yang digunakan merupakan kumpulan dari data beberapa tahun.

b) Metode ekonometrik

Peramalan ini digunakan untuk : Peramalan penjualan menurut kelas produksi; dan Peramalan keadaan ekonomi masyarakat yang meliputi permintaan, harga dan penawaran. Metode ini peramalan ini cocok digunakan untuk peramalan jangka pendek dan jangka panjang, menggunakan kumpulan data beberapa tahun.

c) Metode input output

Peramalan ini digunakan untuk : Peramalan penjualan perusahaan; dan Peramalan produksi dari sektor dan sub sektor industri. Metode peramalan ini cocok digunakan untuk peramalan jangka panjang, menggunakan kumpulan data 10 - 15 tahun.

(2) Metode Deret Berkala (*Time Series*)

Merupakan metode kuantitatif yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antar variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Penjualan atau permintaan dimasa lalu pada analisa deret waktu akan dipengaruhi keempat komponen utama, yakni tren (*trend*), siklus (*cycle*), musiman (*seasonal*), dan acak (*random*). Metode peramalan deret berkala merupakan metode peramalan yang dilakukan dengan menggunakan data histori. Adapun metode - metode diantaranya :

a) Metode rata - rata bergerak (*moving average*)

Bermanfaat jika mengasumsikan bahwa permintaan pasar tetap stabil sepanjang waktu. Metode rata - rata bergerak dibagi menjadi 2 (dua) metode yaitu :

- Rata - rata bergerak sederhana (*single moving average*)
 Metode ini digunakan untuk melakukan peramalan hal - hal yang bersifat *random*, artinya tidak ada gejala *trend* naik maupun turun, musiman dan sebagainya, melainkan sulit diketahui polanya. Metode ini mempunyai dua sifat khusus yaitu untuk membuat peramalan memerlukan data *histories* selama jangka waktu tertentu, semakin panjang waktu *moving average* akan menghasilkan *moving average* yang semakin halus. Secara matematis *moving average* : dimana n adalah jumlah dalam rata - rata bergerak, misalnya tiga, lempat, atau lima bulan secara berurutan. Kelemahan metode *moving average* antara lain perlu data *histories*, semua data diberi *weigh* sama, tidak bisa mengikuti perubahan yang terjadi.
- Rata - rata bergerak tertimbang (*weight moving average*)
 Apabila ada tren atau pola terdeteksi, bobot dapat digunakan untuk menempatkan penekanan yang lebih pada nilai terkini. Praktik ini membuat teknik peramalan lebih tanggap terhadap perubahan karena periode yang lebih dekat mendapatkan bobot yang lebih berat. Rata - rata bergerak dengan pembobotan dapat digambarkan secara matematis sebagai : Pemilihan bobot merupakan hal yang tidak pasti karena tidak ada rumus untuk menetapkan mereka. Oleh karena itu, pemutusan bobot yang mana yang digunakan, membutuhkan pengalaman.

b) Penghalusan eksponensial (*exponential smoothing*)

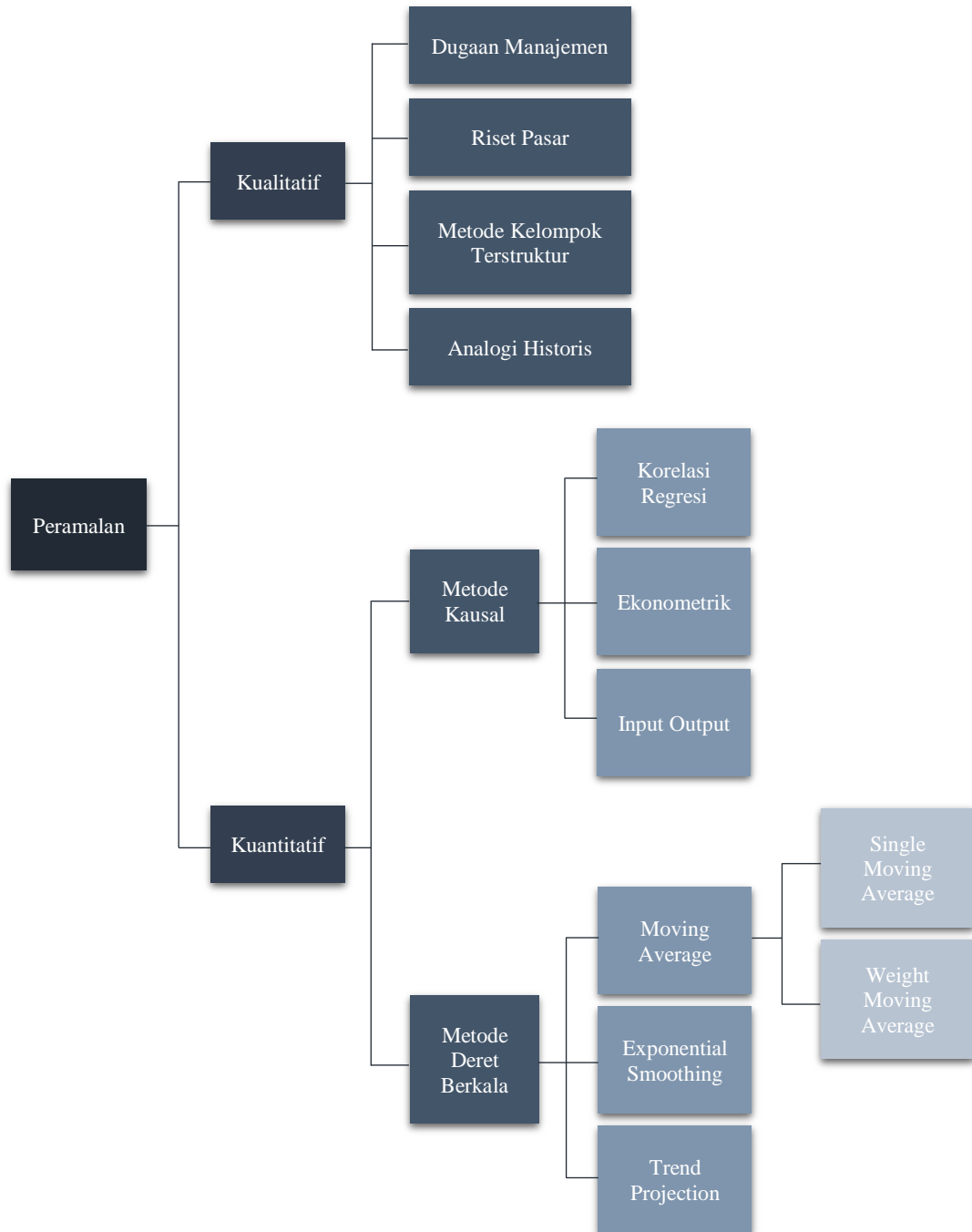
Penghalusan eksponensial adalah teknik peramalan rata - rata bergerak dengan pembobotan dimana data diberi bobot oleh sebuah fungsi eksponensial. Penghalusan eksponensial merupakan metode peramalan rata - rata bergerak dengan pembobotan yang canggih, namun masih mudah digunakan. Metode ini menggunakan sangat sedikit pencatatan data masa lalu. Pendekatan penghalusan eksponensial mudah digunakan, dan telah berhasil diterapkan pada hampir setiap jenis bisnis. Walaupun demikian, nilai yang tepat untuk konstanta penghalus, dapat membuat diferensiasi antara peramalan yang akurat dan yang tidak akurat. Nilai yang tinggi dipilih saat rata-rata cenderung berubah. Nilai yang rendah digunakan saat rata - rata cenderung stabil. Tujuan pemilihan suatu nilai untuk konstanta penghalus adalah untuk mendapatkan peramalan yang paling akurat.

c) Proyeksi tren (*trend projection*)

Adalah metode peramalan yang menyesuaikan sebuah garis tren pada sekumpulan data masa lalu dan kemudian diproyeksikan dalam garis untuk meramalkan masa depan untuk peramalan jangka pendek atau jangka panjang. Kalau hal yang diteliti menunjukkan gejala kenaikan maka tren yang kita miliki menunjukkan rata - rata pertumbuhan, sering disebut trend positif, tetapi hal yang kita teliti menunjukkan gejala yang semakin berkurang maka tren yang kita miliki menunjukkan rata - rata penurunan atau disebut juga tren negatif.

Berdasarkan uraian diatas, gambaran metode peramalan dapat dilihat pada

Gambar 2.8 berikut ini :



Gambar 2.8 Metode - metode dalam peramalan

1.1.5. *Grey Forecasting Model*

Grey System Theory pertama kali dikembangkan oleh Deng pada tahun 1982, yang difokuskan pada permasalahan ketidakpastian dan keterbatasan data atau informasi dalam melakukan analisis, prediksi dan pengambilan keputusan (Deng, 1982). *Grey Forecasting Model* merupakan metode peramalan kuantitatif yang terpusat pada suatu masalah yang memiliki sedikit sampel (data histori) ataupun informasi yang sedikit. Pada dasarnya, dalam kehidupan nyata sering dijumpai sistem ketidakpastian, seperti sistem sosial, sistem ekonomi dan sistem cuaca. Hal ini mengakibatkan keterbatasan informasi dalam mengetahui struktur sistem, parameter dan karakteristik. *Grey Forecasting Model* merupakan adaptasi dari bagian inti *Grey System Theory* dan telah berhasil diaplikasikan dalam beberapa bidang, terutama sektor bisnis. *Grey System Theory* merupakan metode matematis yang digunakan untuk membantu memecahkan masalah yang tidak pasti (*uncertain problem*) dengan sedikit data dan informasi yang sedikit (Stepvhanie, 2012).

Grey Forecasting Model atau disingkat GM memberikan solusi untuk model ketidakpastian pada data terbatas (minimal terdapat empat data) yang biasa disebut "*partial known, partial unknown*" (Liu dan Lin (2006). GM menggunakan Operasi Pembangkit Akumulasi atau *Accumulated Generating Operation* disingkat AGO untuk membangun persamaan differensial. GM merupakan metode peramalan yang digunakan untuk melakukan peramalan jangka pendek tanpa perlu memisalkan distribusi data yang akan diolah.

Untuk melakukan peramalan GM, diperlukan beberapa definisi dalam perhitungan. Untuk mendapatkan model GM (1,1) diperlukan barisan data asli atau data yang didefinisikan sebagai berikut (Huang dan Lee, 2011) :

1) **Definisi 1**

Barisan data asli atau data mentah berdasarkan urutan waktu didefinisikan sebagai :

$$\mathbf{x}^{(0)} = \{\mathbf{x}^{(0)}(\mathbf{k})\} = (\mathbf{x}^{(0)}(\mathbf{1}), \mathbf{x}^{(0)}(\mathbf{2}), \mathbf{x}^{(0)}(\mathbf{3}), \dots, \mathbf{x}^{(0)}(\mathbf{n})) \quad (2.1)$$

Dimana $k = 1, 2, 3, \dots, n$ merupakan urutan dari data periode paling lampau hingga data terkini.

2) **Definisi 2**

Barisan data *first order Accumulated Generating Operation* atau AGO orde pertama dari $X^{(0)}$ dinotasikan sebagai $X^{(1)}$. Misal $x^1(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$, AGO orde pertama dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$\mathbf{x}^{(1)} = \sum_{i=1}^1 \mathbf{x}^{(0)}(i), \sum_{i=1}^2 \mathbf{x}^{(0)}(i), \sum_{i=1}^3 \mathbf{x}^{(0)}(i), \dots, \sum_{i=1}^n \mathbf{x}^{(0)}(i) \quad (2.2)$$

3) **Definisi 3**

Inverse Accumulated Generating Operation disingkat IAGO didefinisikan :

$$\mathbf{x}^{(1)}(\mathbf{k} + \mathbf{1}) = \mathbf{x}^{(1)}(\mathbf{k}) + \mathbf{x}^{(0)}(\mathbf{k} + \mathbf{1}) \text{ untuk } k \geq 1 \quad (2.3)$$

Pada model peramalan GM (1,1) ini, IAGO nantinya akan digunakan untuk mendapatkan *restored value* atau nilai ramalan dimasa mendatang yang dinotasikan sebagai $\hat{x}^{(0)}(k + 1)$. Dari barisan data $X^{(1)}$ kemudian didapatkan Barisan Pembangkit Rata - Rata yaitu $Z^{(1)}$.

4) **Definisi 4**

$z^{(1)}(k)$ adalah barisan pembangkit nilai rata - rata dari dua data $x^{(1)}(k)$ yang berdekatan, yang dihitung menggunakan persamaan :

$$z^{(1)}(k) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(k - 1) + x^{(1)}(k)], \quad k = 2, 3, \dots, n \quad (2.4)$$

5) **Definisi 5**

Menurut Liu dan Lin (2010) didalam penelitian Nariswari dan Rosyidi (2015), parameter a dan b pada GM (1,1) masing - masing parameter disebut sebagai *developmet coefficient* dan *grey action quantity*, dimana untuk mendapatkan nilai parameter a dan b digunakan metode estimasi kuadrat terkecil. Melalui hasil perhitungan $X^{(0)}$, $X^{(1)}$ dan $Z^{(1)}$ dengan $X^{(0)}$ non-negatif, jika $\hat{p} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$

adalah parameter model, dan $Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}$, maka

estimasi kuadrat terkecil dari $x^{(0)}(x) + az^{(1)}(k) = b$ memenuhi $\hat{p} = [B^T B]^{-1} B^T Y$ (Liu dan Lin, 2006). Jika $\alpha \leq 0,5$, maka nilai a dan b dapat dihitung menggunakan :

$$a = \frac{\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - (n-1) \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 - [\sum_{k=2}^n z^{(1)}(k)]^2} \quad (2.5)$$

$$b = \frac{\sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2 \sum_{k=2}^n x^{(0)}(k) - \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) x^{(0)}(k)}{(n-1) \sum_{k=2}^n [z^{(1)}(k)]^2} \quad (2.6)$$

6) **Definisi 6**

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan nilai $f^{(1)}(k)$ menggunakan persamaan (Nariswari dan Rosyidi, 2015) :

$$f^{(1)}(k) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-a(k-1)} + \frac{b}{a} \quad (2.7)$$

7) **Definisi 7**

Langkah terakhir adalah melakukan perhitungan nilai peramalan dengan menggunakan persamaan (Nariswari dan Rosyidi, 2015) :

$$f^{(0)}(k) = f^{(1)}(k) - f^{(1)}(k-1) \quad (2.8)$$

1.1.6. Keakuratan Model Peramalan *Grey Forecasting Model*

Keakuratan model peramalan dapat dilihat dari nilai selisih data asli dan data hasil ramalan. Setelah mendapatkan hasil ramalan menggunakan *Grey Forecasting Model*, untuk melihat keakuratan ramalan dibutuhkan *Residual Series*, *Residual Error* dan *Average Residual Error* (Nuswantri dkk, 2014). *Residual* itu sendiri

merupakan selisih antara nilai duga (*predicted value*) dengan nilai pengamatan sebenarnya (nilai aktual) apabila data yang digunakan adalah data sampel.

Misal $x^{(0)}(k)$ adalah data asli dan $\hat{x}^{(0)}(k)$ adalah hasil perhitungan ramalan dengan *Grey Forecasting Model*, *Residual Series* didefinisikan sebagai :

$$\epsilon^{(0)} = (\epsilon^{(0)}(2), \epsilon^{(0)}(3), \epsilon^{(0)}(4), \dots, \epsilon^{(0)}(n)) \quad (2.9)$$

Dimana $\epsilon^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)$, untuk $k \geq 2$.

$$\text{Residual Error} = \left| \frac{\epsilon^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right| \quad (2.10)$$

$$\text{Average Residual Error} = \frac{1}{n} \sum_1^n \left| \frac{\epsilon^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right| \quad (2.11)$$

$$\text{Keakuratan} = 100\% - \frac{1}{n} \sum_1^n \left| \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right| \times 100\% \quad (2.12)$$

Sedangkan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil peramalan menggunakan *Grey Forecasting Model* dapat dilihat pada **Tabel 2.12** berikut :

Tabel 2.12 Kriteria keakuratan model peramalan

Tingkatan	Kriteria	
	Residual Error	Keakuratan
I (Sangat Bagus)	1%	90%
II (Bagus)	5%	80%
III (Mencukupi)	10%	70%
IV (Tidak Mencukupi)	20%	60%

Sumber : Liu dan Lin (2010), didalam penelitian Nuswantri dkk (2014)

1.1.7. *Similarity Spatial Data*

Data spasial (*spatial data*) adalah informasi yang memuat objek yang dapat direpresentasikan dengan nilai numerik dalam sistem koordinat geografis (Anselin, 1989). Data spasial merupakan data yang memiliki referensi kebumihutan dengan dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi dan informasi atribut. Data spasial sistem informasi geografis yang berisi informasi lokasi (informasi spasial) contohnya adalah informasi lintang dan bujur, koordinat, termasuk diantaranya informasi datum dan proyeksi. Contoh lain dari informasi spasial yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi lokasi misalnya adalah Kode Pos.

Sedangkan Informasi Atribut (deskriptif) biasa disebut juga dengan informasi non-spasial. Suatu lokalitas bisa mempunyai beberapa atribut atau properti yang berkaitan dengannya, contohnya antara lain jenis vegetasi, populasi, pendapatan per tahun, dan lain - lain. Data spasial dapat diperoleh melalui beberapa sumber atau cara, diantaranya :

1) Analog

Peta analog, yaitu peta yang disajikan dalam bentuk cetak seperti : peta topografi, peta tanah, peta lingkungan pantai, dan sebagainya. Umumnya data - data tersebut memiliki referensi spasial seperti koordinat, skala, arah mata angin dan sebagainya.

2) Data penginderaan jauh

Data penginderaan atau data pemantau merupakan data yang didapatkan dan dapat dilihat dalam bentuk citra satelit, foto udara dan sebagainya.

3) Data hasil pengukuran lapangan

Data hasil pengukuran lapangan berupa data yang diperoleh dengan cara melakukan pengukuran dan perhitungan tersendiri. Umumnya data ini merupakan sumber data atribut, contohnya : batas kepemilikan lahan, batas hak pengusahaan hutan dan lain - lain.

4) Data GPS (*Global Positioning System*)

Data GPS merupakan data canggih dengan keakuratan tinggi yang dipresentasikan dalam format vector. Pada dasarnya data ini berupa koordinat akurat (*latitude, longitude* dan *altitude*) yang menunjukkan suatu lokasi dan dapat dikembangkan lebih lanjut.

Kemiripan data (*similarity data*) adalah data yang memiliki kesamaan atribut, yaitu kesamaan properti atau karakteristik suatu objek. Cara paling sederhana untuk menemukan kesamaan antara dua kategori atribut adalah dengan menetapkan 1 jika nilai kemiripannya identik dan 0 jika nilai kemiripannya tidak identik. Untuk data dengan kategori multivarian, kesamaan di antara kategori akan berbanding lurus dengan jumlah atribut yang mirip (Chandola dkk, 2007). Sedangkan yang dimaksud dengan *similarity data* atau kemiripan data adalah data yang memiliki kesamaan kategori dan atribut, yakni kesamaan properti atau karakteristik pada suatu obyek. Adapun karakteristik dari *similarity data* adalah :

- 1) Pengukuran numerik untuk menunjukkan seberapa mirip dua obyek data
- 2) Umumnya berada pada rentang 0 (*no similarity*) dan 1 (*complete similarity*)
- 3) Bernilai lebih tinggi jika obyek semakin mirip

Dari penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa *Similarity Spatial Data* adalah data spasial yang memiliki kemiripan atau kesamaan pada atribut, properti atau karakteristik pada obyeknya. Sebagai contoh dua buah rumah kosong dengan tipe dan desain yang sama, pembangunan pada tahun yang sama dengan lokasi berdampingan, berdiri diatas peta kontur yang sama, namun yang membedakan adalah koordinatnya saja.

1.1.8. Penelitian Terkait

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, ketika permasalahan telah berhasil diidentifikasi tentunya diperlukan pencarian pengetahuan dan informasi terhadap penelitian - penelitian serupa yang pernah dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk mempelajari atau mengembangkan metode - metode penelitian yang tepat guna sesuai dengan kebutuhan dalam menjawab permasalahan.

Dalam kegiatan penelitian ini, penelitian - penelitian serupa yang digunakan sebagai acuan referensi meliputi :

1) Peramalan Penjualan Produk Susu Bayi dengan *Metode Grey System*

Theory dan Neural Network

Penulis : Linda Stepvhanie

Tahun : 2012

Abstrak :

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat disertai dengan semakin ketatnya persaingan dalam dunia usaha mengakibatkan

adanya persaingan antar perusahaan dalam memberikan pelayanan kepada konsumen. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara agar dapat menghasilkan barang dengan tepat. Hal inilah yang menjadi peranan dari sebuah metode peramalan penjualan. Terdapat banyak cara dalam melakukan peramalan, namun cara manakah yang dapat memberikan hasil yang terbaik. Dalam penelitian ini, dibandingkan antara metode *Neural Network*, *Grey System Theory* GM (1,1) dengan metode tradisional. Dari enam belas jenis data yang digunakan menunjukkan BPNN memberikan kesalahan yang lebih kecil dibandingkan dengan metode lainnya.

Kata Kunci : Peramalan, penjualan, *neural network*, *grey system theory*, *backpropagation*

Intisari :

Penelitian untuk meramalkan penjualan susu bayi dengan empat merk yang berbeda dari perusahaan yang sama menggunakan data historis dari penjualan. Peramalan dilakukan dengan menggunakan tiga metode, yakni *back propagation neural network*, *grey system theory* GM (1,1) dan metode tradisional. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah membandingkan ketiga metode tersebut untuk mendapatkan hasil peramalan terbaik untuk masing - masing produk susu.

Perbedaan :

Penelitian yang dilakukan saat ini adalah untuk melakukan peramalan indeks ketidakratahan jalan tol Pondok Aren - Serpong Tahun 2018. Keterbatasan historis data yang hanya terdiri dari 4 periode yakni tahun 2013, 2015, 2016

dan 2017 menjadikan GM metode yang tepat digunakan (minimal tersedia 4 periode data). Namun permasalahan diatas adalah ketidakterediaan data pengujian pada tahun 2014, yang dikhawatirkan dapat mengurangi tingkat keakuratan hasil peramalan. Oleh karenanya dilakukan pemanfaatan SSD pada ruas jalan tol Pondok Aren - Ulujami untuk melengkapi kekurangan data minimum yang disyaratkan disamping diharapkan dapat meningkatkan akurasi hasil peramalan. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah untuk membandingkan bagaimana keakuratan hasil peramalan GM dengan menggunakan data utama dan dengan pemanfaatan SSD. Keakuratan peramalan yang baik akan dapat membantu Badan Usaha atau operator jalan tol dalam menyusun program dan biaya pemeliharaan jalan.

2) **Peramalan Jangka Pendek untuk Data Terbatas Menggunakan *Fourier Residual Modification Grey Forecasting Model (1,1)***

Penulis : Cendra Puspa Nuswantri, Suyono dan Widyanti Rahayu

Tahun : 2014

Abstrak :

Peramalan jangka pendek sangat diperlukan untuk menyelesaikan hal yang mendesak. Namun jika data masa lalu yang tersedia sulit didapatkan atau terbatas maka bisa mengakibatkan sulitnya mendapatkan ramalan yang akurat. Model peramalan dikatakan baik jika nilai keakuratan peramalannya mendekati data sebenarnya. *Grey Forecasting Model* atau GM (1,1) merupakan model peramalan yang menggunakan persamaan differensial orde satu dan satu

variable. *Fourier Residual Modification Grey Forecasting Model* atau FGM (1,1) merupakan modifikasi GM (1,1) dengan menggunakan Deret Fourier demi meningkatkan keakuratan ramalan jangka pendek untuk data terbatas.

Kata Kunci : *Grey Forecasting Model, Fourier Residual Modification Grey Forecasting Model, Deret Fourier, peramalan jangka pendek, data terbatas.*

Intisari :

Penelitian untuk mengembangkan metode peramalan jangka pendek pada data yang terbatas dengan menggunakan metode *Grey Forecasting Model*, yang dilanjutkan dengan modifikasi *Deret Fourier* dengan tujuan menghasilkan metode yang lebih efektif dalam peramalan jangka pendek.

Perbedaan :

Penelitian yang dilakukan pada saat ini pada dasarnya sama, yakni melakukan pengembangan metode GM untuk menghasilkan peramalan dengan tingkat akurasi yang baik pada data yang terbatas. Hanya saja pengembangan yang dilakukan adalah dengan pemanfaatan *Similarity Spatial Data (SSD)*.

1.2. Alur Penelitian (*Roadmap*)

Alur Penelitian “Peramalan Indeks Ketidakrataan Jalan Tol Menggunakan *Grey Forecasting Model* dan Pemanfaatan *Similarity Spatial Data*” ini adalah :

- 1) Tahap awal penelitian, yang meliputi identifikasi permasalahan, penentuan fokus, penyesuaian paradigma dengan teori, penentuan metodologi penelitian, serta penyusunan usulan penelitian.

- 2) Tahap pengumpulan data, yakni pengumpulan data hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong dari PT. Margautama Nusantara dan jalan tol Pondok Aren - Ulujami dari PT. Jalan Tol Lingkar Luar Jakarta.
- 3) Tahap analisis data, melakukan perhitungan peramalan nilai indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong Tahun 2018 berdasarkan data yang diperoleh menggunakan :
 - (1) *Grey Forecasting Model* (GM) berdasarkan data hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong Tahun 2013, 2015, 2016 dan 2017.
 - (2) GM dan pemanfaatan *Similarity Spatial Data* (SSD) berupa hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Ulujami (yang terintegrasi langsung dengan jalan tol Pondok Aren - Serpong dan memiliki kesamaan karakteristik) Tahun 2018 untuk mengetahui pengaruh terhadap akurasi hasil *forecasting*.
Dimana hasil kedua metode *forecasting* diatas akan dibandingkan dengan data aktual hasil pengujian indeks ketidakrataan jalan tol Pondok Aren - Serpong Tahun 2018 untuk mengetahui tingkat keakuratannya.
- 4) Tahap penulisan laporan, meliputi : kegiatan penyusunan hasil penelitian dari semua rangkaian kegiatan pengumpulan data sampai pemberian makna data. Setelah itu melakukan konsultasi hasil penelitian dengan dosen pembimbing untuk mendapatkan perbaikan saran - saran guna memenuhi persyaratan penelitian yang baik dan benar (dilakukan secara simultan dimulai pada tahap pengumpulan data)

Berdasarkan penjelasan diatas, skema alur penelitian tersaji pada **Gambar**

2.9 berikut ini :



Gambar 2.9 Alur penelitian