

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari beberapa hasil penelitian-penelitian terdahulu yang sudah pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Hasil-hasil penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai bahan perbandingan tidak terlepas dari topik penelitian mengenai *Life Cycle Cost Analysis*.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu Thesa,dkk (2017) melakukan penelitian dengan metode *Life Cycle Cost Analysis* sebagai dasar pengambilan keputusan. Penerapan metode *Life Cycle Cost Analysis* guna pengambilan keputusan dari penggunaan tipe lampu flouresence (T5) yang mewakili produk konvensional dan tipe lampu LED yang mewakili produk ramah lingkungan pada salah satu high rise building didaerah Jakarta Pusat. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan metode *Life Cycle Cost Analysis* dalam pengambilan keputusan, dapat membantu penghematan biaya hingga 50% lebih.

Kefin janitra,dkk (2018) melakukan penelitian menggunakan metode *Life Cycle Cost Analysis* sebagai dasar pengambilan keputusan pada investasi sistem pendingin ruangan pada gedung hotel goldvitel Surabaya. Pada penelitiannya, metode *Life Cycle Cost Analysis* digunakan untuk menentukan alternatif dengan biaya paling rendah. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan metode *Life Cycle Cost Analysis* dalam pengambilan keputusan,

dapat membantu penghematan biaya hingga 25% lebih.

Wahyu (2015) dalam penelitiannya mengenai analisa biaya pada pemilihan alternatif alat pemeliharaan jalan, dengan menggunakan metode *Life Cycle Cost Analysis*. Penggunaan metode *Life Cycle Cost Analysis* dalam pemilihan alternatif, menunjukkan penghematan biaya baik pada saat pemilihan alat ataupun proses pemeliharaan jalan.

Tri Priantoro (2018) menggunakan metode *Life Cycle Cost Analysis* proyek konstruksi jalan. Penggunaan metode *Life Cycle Cost Analysis* selama proyek konstruksi berlangsung, menunjukkan penghematan biaya baik pada saat proses konstruksi berlangsung maupun hingga umur rencana jalan terpenuhi.

Kautsar (2012) melakukan penelitian mengenai Estimasi *Life Cycle Cost* (Inisiasi *Green Building*) pada gedung *campus center* ITB. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan metode *Life Cycle Cost Analysis* dalam pengambilan keputusan terhadap alternatif-alternatif yang ada, dapat membantu penghematan biaya.

Tabel. 2.1. Tabel Perbandingan

No.	Judul Jurnal/ Tugas Akhir/ Skripsi/ Tesis/ Disertasi dll.	Pengarang	Metodologi yang Digunakan
1	Pengambilan Keputusan Investasi dengan menggunakan Metode <i>Life Cycle Cost Analysis</i> .	Thesa D. Junus, dkk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jangka waktu analisa masa pakai gedung (tahun). 2. Umur unit lampu (tahun). 3. Persentase <i>discount rate</i> yang berlaku (%). 4. Tarif dan persentase eskalasi listrik. 5. Jumlah unit lampu. 6. Harga awal pembelian lampu. 7. Harga pemeliharaan lampu dan persentase biaya pemeliharaan terhadap biaya seluruh sistem gedung. 8. <i>Discount factor</i> sesuai dengan <i>discount rate</i> yang ditentukan.
2	Perhitungan <i>Life Cycle Cost</i> Sistem Pendingin Ruangan Pada Gedung Hotel Goldvitel Surabaya.	Kevin Janitra, dkk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Studi literatur. 2. Penentuan lokasi penelitian. 3. Perencanaan alternatif. 4. Perhitungan kebutuhan biaya. 5. Perhitungan <i>Life Cycle Cost</i>.

3	<p>Analisa Biaya Pada Pemilihan Alternatif Alat Pemeliharaan Jalan di BBPJN V Surabaya Dengan Metode <i>Life Cycle Cost</i>.</p>	Wahyu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Latar belakang masalah. 2. Rumusan masalah. 3. Studi literatur. 4. Variabel penelitian. 5. Wawancara dan survey. 6. Pengambilan data pemeliharaan jalan. 7. Analisa kebutuhan alat. 8. Analisa biaya peralatan. 9. Alternatif peralatan. 10. Analisa <i>Life Cycle Cost</i> dan Analisa Sensitifitas. 11. Rekomendasi dan Kesimpulan.
4	<p>Estimasi <i>Life Cycle Cost</i> (Inisiasi Konsep <i>Green Building</i>) Gedung <i>Campus Center</i> ITB.</p>	Kautsar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Latar belakang masalah. 2. Rumusan masalah. 3. Studi literature. 4. Variabel penelitian. 5. Survey lapangan. 6. Analisa biaya. 7. Analisa <i>Life Cycle Cost</i>. 8. Kesimpulan.

2.2. Metode *Life Cycle Cost Analysis*.

2.2.1. Definisi *Life Cycle Cost Analysis*.

Analisis Total Biaya Selama Umur Aktual (*Life Cycle Cost Analysis*) adalah sebuah metode analisis, yang sering kali digunakan untuk mengambil sebuah keputusan yang berkaitan dengan biaya. Definisi lain dari *Life Cycle Cost Analysis* adalah sebuah “Metode evaluasi ekonomi secara sistematis dari Biaya Selama Umur Aktual (*Life Cycle Cost*) selama periode analisis” (*Standardized Method of Life Cycle Costing*, klausul 1.7).

2.2.2. Prinsip – prinsip Umum *Life Cycle Cost Analysis*.

Empat langkah dasar *Life Cycle Cost Analysis* :

- i. Merumuskan masalah yang akan di Analisis.
- ii. Menganalisa permasalahan yang telah dirumuskan.
- iii. Menyusunan perhitungan biaya dan
- iv. Memvalidasi hasil perhitungan serta menjelaskan atau menjabarkan hasil perhitungan tersebut.

Penggunaan *Life Cycle Cost Analysis* sering kali didasari pada dua pertimbangan berikut ini :

1. Memprediksi arus kas (Kaitannya dengan penyusunan anggaran) atau
2. Untuk melakukan penilaian terhadap alternatif-alternatif yang ada (Untuk memutuskan alternatif yang memiliki nilai ekonomis paling tinggi)

Pada bidang konstruksi, *Life Cycle Cost Analysis* dapat digunakan untuk :

1. Untuk menilai alternatif-alternatif yang ada pada setiap bidang

pengembangan proyek, guna memastikan bahwa alternatif yang dipilih adalah alternatif dengan nilai ekonomis tertinggi.

2. Untuk digunakan sebagai metode latihan, guna mendapatkan informasi terkait biaya mulai dari pemasukan penawaran hingga jumlah biaya setelah proyek selesai.

Life Cycle Cost Analisis pada umumnya menggunakan biaya riil, pada saat analisis dilakukan. Jika nilai diskon riil atau saat ini digunakan untuk menghitung biaya masa mendatang, maka nilai diskon tersebut belum termasuk perbedaan tingkat inflasi. Dimana hal ini dapat diterapkan sebagai bagian dari sensitivitas analisis.

A. Esensi dari *Life Cycle Cost Analisis*.

1. Tataran/ Level Pada Estimasi *Life Cycle Cost Analisis*.

Estimasi *Life Cycle Costing* pada umumnya dilakukan selama proses pengembangan desain atau pasca-penempatan untuk memastikan apakah spesifikasi dari alternative yang menjadi pilihan atau lingkup pekerjaannya bermanfaat.

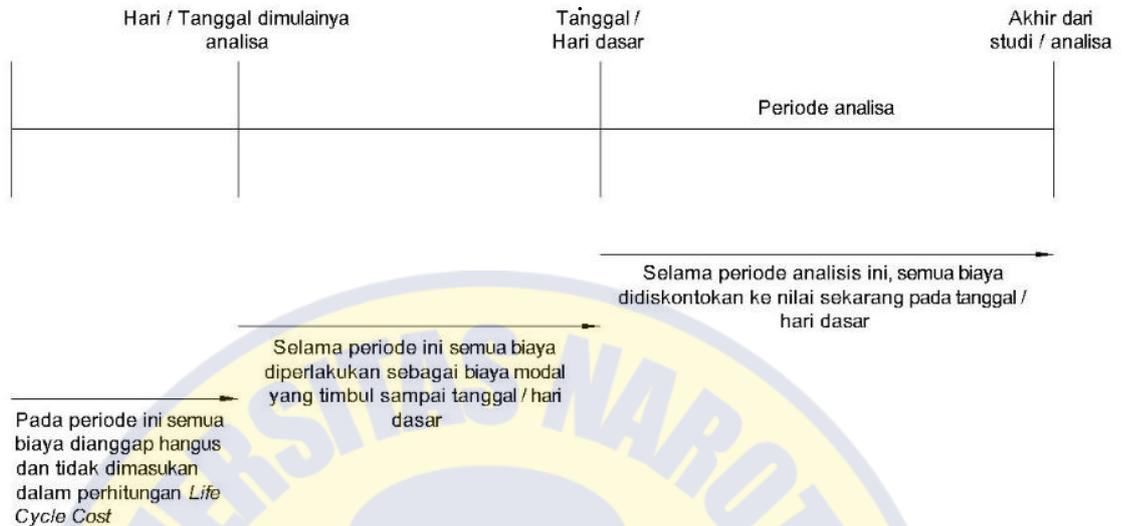
Estimasi *Life Cycle Costing* dapat diterapkan pada beberapa tataran/level seperti yang dijelaskan sebagai berikut :

- Tataran/level Komponen. Perusahaan manufaktur dengan produk tunggal.
- Tataran/level Sistem. Penggabungan beberapa komponen dengan fungsi berbeda menjadi satu untuk membentuk suatu sistem.

- Tataran/level Elemen. Unsur ini didefinisikan sebagai unsur yang memiliki fungsi yang sama namun terlepas dari mana komponen tersebut di buat.
- Tataran/level Cluster. Pada umumnya tataran ini berisi sejumlah element yang dikombinasikan berdasarkan paket kerja unutm tujuan kontrak.
- Tataran/level Satu Bagian atau Keseluruhan Gedung. Umumnya pada tataran ini sering kali mempertimbangkan alternatif yang berbeda pada satu gedung.
- Tataran/level *Multiple Assets* atau *Portofolio Assets*. Tataran ini lebih mempertimbangkan pengembangan portofolio properti.

Tingkatan studi atau analisis memiliki hubungan dengan kronologi perkembangan proyek seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.1.

Umumnya item-item yang tercantum diatas dipertimbangkan pada tahap awal, sedangkan opsi pada tingkat elemen dipertimbangkan kemudian pada proses pengembangan desain.



Gambar 2.1 Pedoman Penentuan Periode Analisa *Life Cycle Cost*

Sumber : RICS Professional Guidance, *Life Cycle Costing* 1st edition.

2. Biaya Terkait dan Data Struktur Biaya.

Manfaat dari penggunaan *Life Cycle Cost* dalam penyusunan struktur rencana biaya pada persentasi adalah lebih mudah dipahami oleh klien dan para professional, dan juga lebih mudah saat melakukan perbandingan atau sebagai bahan pembandingan pada proyek-proyek serupa.

Salah satu persyaratan utama dalam *Life Cycle Cost Analisis* adalah, bahwa lingkup biaya yang dimasukkan harus eksplisit dan disetujui oleh klien.

Berikut ini adalah jenis-jenis Pos Biaya pada *Life Cycle Cost Analisis* :

i. Biaya Konstruksi (*Construction Costs*).

Item-item biaya yang masuk dalam Pos Biaya Konstruksi adalah :

- Biaya tapak atau lahan.

Semua biaya yang berkaitan dengan lahan termasuk biaya hukum, materai, dll. – Bukan biaya akuisisi lahan.

- Biaya keuangan.
- Biaya tenaga profesional.
- Biaya konstruksi dan infrastruktur.
- Biaya pajak.
- Biaya hukum yang terkait dengan perijinan.
- Biaya hibah pengembangan.
- Biaya rencana keuntungan dan
- Biaya pihak ketiga.

ii. Biaya Perawatan (*Maintenance Costs*).

Biaya Perawatan pada umumnya diartikan sebagai semua biaya yang terjadi guna memastikan kinerja fungsional aset yang ditentukan secara berkala. Biaya perawatan dibagi dalam dua pos yaitu pos biaya pembaruan dan pos biaya pemeliharaan,

Item-item biaya yang masuk dalam Pos Biaya Perawatan adalah :

- Pembaruan dekorasi.
- Aktivitas pemeriksaan berkala.
- Pemeliharaan berkala dan penggantian komponen.
- Pemeliharaan dan penggantian komponen dan perbaikan yang bersifat responsif atau tidak terjadwal.
- Pemeliharaan terencana dan penggantian komponen guna pencegahan.

iii. Biaya Operasional (*Operation Costs*).

Biaya Operasi atau sering juga disebut dengan manajemen fasilitas uang; pada umumnya ditafsirkan sebagai semua biaya yang dikeluarkan guna menjalankan dan mengelola fasilitas yang ada, termasuk :

- Layanan umum, pembebasan biaya, biaya manajemen fasilitas, dan biaya layanan penjaga dan perawat gedung.
- Biaya layanan transportasi, contohnya layanan pengiriman internal.
- Biaya layanan IT.
- Biaya layanan binatu.
- Biaya membersihkan.
- Biaya pengelolaan limbah.
- Biaya sewa.
- Biaya pajak dan retribusi local lainnya.
- Biaya asuransi.

- Biaya energy atau listrik, khususnya untuk pencahayaan, pendingin ruangan, lift, dll.

iv. Biaya Hunian (*Occupancy costs*).

Biaya Hunian adalah biaya layanan tambahan yang terkadang juga termasuk dalam Pos Biaya Operasi, khususnya untuk mendukung operasi eksplisit penghuni.

Fasilitas ini merupakan layanan dukungan umum tambahan seperti petugas keamanan, petugas parkir, staff pendukung TIK, teknisi laboratorium dan pengguna lainnya – khususnya staff pendukung.

v. Biaya Akhir Masa Layanan (*End of Life Costs*).

Biaya ini secara khusus mencakup biaya pembuangan dan pembongkaran, tetapi mungkin juga termasuk pendapatan dari akhir masa layanan, termasuk :

- Nilai Sisa – Nilai Moneter yang ditetapkan untuk suatu asset pada akhir periode analisis *Life Cycle Cost*.
- Nilai Terminal – Nilai sisa dari komponen atau aset pada titik pengantiannya atau pada akhir masa layanannya.
- Biaya akhir masa layanan, biaya yang tidak terkait langsung dengan bangunan, maka biaya tersebut bukan bagian dari *Life Cycle Cost* (misalkan biaya pemasaran dan biaya sebelum penjualan, biaya pembersihan situs - pasca pembongkaran – tetapi ini dapat mempengaruhi

nilai residu).

3. Periode Analisis dari *Life Cycle Cost*.

Ada bermacam – macam definisi untuk menjelaskan lamannya waktu sebuah bangunan memenuhi persyaratan – persyaratan tertentu, yang dapat digambarkan sebagai :

- Umur Ekonomis – Periode pekerjaan yang dianggap sebagai pilihan biaya paling rendah untuk memenuhi tujuan fungsional yang diperlukan.
- Umur Fungsional – Periode dimana sebuah bangunan berhenti berfungsi sesuai dengan fungsi awal dari bangunan tersebut di bangun.
- Umur Legal (Sah Menurut Undang – undang) – Umur dari sebuah bangunan atau elemen bangunan sampai waktu ketika bangunan tersebut tidak lagi memenuhi persyaratan Hukum atau Undang – undang.
- Umur Fisik – Umur suatu bangunan atau elemen bangunan pada saat ketika keruntuhan fisik bangunan tersebut dimungkinkan.
- Umur Sosial – Umur suatu bangunan sampai saat ketika manusia/masyarakat menginginkan atau menentukan penggantian untuk alasan lain selain pertimbangan ekonomi.
- Umur Teknologi – Umur dari suatu bangunan atau elemen

bangunan dimana secara teknis tidak lagi unggul dari alternatif yang ada.

4. Tanggal Dasar (*Base Date*).

Tanggal dasar adalah tanggal dimulainya perhitungan *Life Cycle Cost*. Sebagai contoh, jika tanggal dasar adalah tanggal penyelesaian atau serah terima bangunan, maka semua pengeluaran hingga tanggal tersebut dijumlahkan dan diperlakukan sebagai belanja modal. Tidak ada diskon yang terlibat. Namun, pengeluaran pendapatan didiskontokan untuk mencerminkan nilai uang atas waktu. Tanggal dasar dan periode analisis harus disamakan untuk semua alternatif – alternatif atau opsi yang akan dibandingkan.

5. Nominal Biaya Riil (*Real and Nominal Cost*).

Dua alasan utama untuk melakukan *Life Cycle Cost Analysis* adalah prediksi arus kas dan penilaian terhadap alternatif – alternatif yang ada, dan kedua alasan tersebut membutuhkan perkiraan biaya yang relevan selama periode *Life Cycle Cost Analysis*.

Semakin panjang periode analisa, maka prediksi arus kas menjadi lebih tidak pasti, karena berbagai asumsi yang dibuat.

Penyesuaian biaya arus kas terhadap tingkat inflasi, tingkat deflasi dan perkiraan efisiensi atau perubahan teknologi menghasilkan jumlah biaya arus kas yang sesuai dengan

harapan yang akan dibayarkan di masa depan. Biaya masa depan ini disebut sebagai biaya nominal. Namun, disarankan untuk tetap menggunakan biaya riil.

Biaya riil adalah biaya saat ini pada tanggal dasar. Biaya-biaya ini dapat dipertimbangkan dalam dua bagian:

- Biaya Modal (*The Capital Costs*) – Semua biaya terkait yang terjadi sebelum tanggal dasar.
- Biaya Selama Umur Layanan (*Through Life Costs*) – Semua biaya terkait yang terjadi setelah tanggal dasar dan selama periode analisis *Life Cycle Cost*.

Diskon adalah proses yang digunakan untuk membawa semua biaya pada masa depan ke nilai pada Tanggal Dasar (*Base Date*) dan dapat dilakukan dalam dua cara yaitu “nilai ekuivalen tahunan (*Annual Equivalent Value*) dan nilai saat ini (*Present Value*)”.

6. Pengenalan Diskon, Inflasi dan Nilai Waktu Uang (*Time Value of Money*).

Nilai Bersih Saat Ini (*net present value / NPV*) dan Nilai Ekuivalen Tahunan (*Annual Equivalent Value / AEV*).

Nilai waktu uang (*Time Value of Money*) - mengacu pada investasi dan pergerakan harga dari waktu ke waktu. Nilai investasi umumnya meningkat dengan tingkat pengembalian persentase.

Inflasi adalah kenaikan tingkat harga umum, dicerminkan dengan menurunnya daya beli.

Secara umum, pengembalian (atau tingkat diskonto) didasarkan pada selisih antara suku bunga dasar bank, atau tingkat investasi bank dan tingkat inflasi, harus memberikan tingkat yang memuaskan untuk perhitungan komparatif. Ini adalah tingkat diskon nyata. Namun, jika perkiraan inflasi yang berbeda dimasukkan dalam biaya nominal maka tingkat diskonto perlu memperhitungkan tingkat umum inflasi untuk semua biaya (tingkat diskonto nominal). Dasar untuk kedua biaya dan tingkat diskonto harus nominal atau nyata, tetapi bukan campuran.

a. Nilai Saat Ini (*present value / PV*) dan Nilai Masa Depan (*Future value / FV*).

- Nilai Saat Ini (*present value / PV*).

Nilai Saat Ini (*present value / PV*) adalah : nilai saat ini dari biaya masa depan yang didiskon dengan suku bunga tertentu. Nilai Bersih Saat Ini (*net present value / NPV*) adalah total nilai saat ini dari arus kas masa depan yang didiskon dengan suku bunga tertentu.

Nilai Saat Ini (*present value / PV*) dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$p = \frac{F}{(1+i)^n} \quad (2.1)$$

Dengan :

P = Nilai uang saat ini (Rp).

F = Nilai uang pada periode n mendatang (Rp).

i = Tingkat diskon / suku bunga (%).

n = Jumlah periode (Tahun).

- Nilai Masa Depan (*Future value / FV*).

Nilai Masa Depan (*Future value / FV*) adalah nilai uang/biaya di masa yang akan datang, dari uang/biaya pada saat ini dengan memasukan perhitungan suku bunga.

Nilai Masa Depan (*Future value / FV*) dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$F = P(1 + i)^n \quad (2.2)$$

Dengan :

P = Nilai uang saat ini (Rp).

F = Nilai uang pada periode n mendatang (Rp).

i = Tingkat diskon / suku bunga (%).

n = Jumlah periode (Tahun).

b. Nilai Ekuivalen Tahunan (*Annual Equivalent Value / AEV*).

Nilai Ekuivalen Tahunan (*Annual Equivalent Value / AEV*)

adalah nilai uang/biaya saat ini dari serangkaian nilai

uang/biaya yang terjadi secara periodik dan seragam.

Nilai Ekuivalen Tahunan (*Annual Equivalent Value / AEV*)

dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2.3)$$

Dengan :

A= Nilai uang/biaya yang besarannya sama perperiode.

P = Nilai uang saat ini (Rp).

i = Tingkat diskon / suku bunga (%).

n = Jumlah periode (Tahun).

c. Nilai Bersih Saat Ini (net present value / NPV)

Metode Nilai Bersih Saat Ini (net present value / NPV) adalah merupakan ukuran standar dalam penggunaannya untuk penilaian pilihan pada masalah konstruksi dengan tipikal *Life Cycle Cost*.

Metode Nilai Bersih Saat Ini (net present value / NPV) dapat

di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$NPV = \sum(Cn \times q) = \sum_{n=1}^p \frac{Cn}{(1+d)^n} \quad (2.4)$$

Dimana :

C = Biaya dalam tahun n .

q = Tingkat diskonto.

d = Tingkat diskon riil yang diharapkan per tahun.

n = Jumlah tahun antara tanggal dasar dan terjadinya biaya.

p = Periode analisis.

B. *Life Cycle Cost Analisis* Dalam Desain dan Pengembangan Proyek Konstruksi.

Life Cycle Cost Analisis pada proyek konstruksi harus dipertimbangkan sama seperti perencanaan biaya modal. Semakin awal metode *Life Cycle Cost Analisis* digunakan dalam proses desain dan pengembangan, maka semakin cepat juga control terhadap aspek keuangan pada proyek dapat dilakukan.

Penggunaan metode *Life Cycle Cost Analisis* pada tahap awal proyek menyebabkan adanya biaya tambahan, namun ini sebanding dengan penghematan besar yang akan didapat selama periode penggunaan metode tersebut.

- Korelasi *Life Cycle Cost Analisis* dan Konstruksi.

Royal Institute of Chartered Surveyors (Life Cycle Costing, 2016), menjelaskan bahwa *Total Life Cycle Cost* mewakili jumlah biaya belanja modal ditambah jumlah arus kas pada masa mendatang.

Life Cycle Cost Analisis adalah sebuah metode yang digunakan untuk menilai kebutuhan biaya pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang bertujuan untuk menentukan alternatif pilihan dari beberapa alternatif yang ada, dimana pilihan tersebut dipilih bukan hanya karena biaya awal tetapi juga mempertimbangkan biaya operasional selama umur aktual dari konstruksi tersebut.

Perbandingan alternatif juga dimungkinkan selama menggunakan dasar yang sama.

C. Sumber Data Untuk *Life Cycle Cost Analisis*.

Sumber data yang dapat diandalkan dalam bentuk yang mudah digunakan dan relevan dengan studi *Life Cycle Cost* untuk berbagai tujuan dan pada tingkat detail yang berbeda biasanya dianggap sebagai area kelemahan dalam mendukung perhitungan biaya siklus hidup. Kelemahan ini, setelah diakui, dapat diatasi dengan memahami tipe data dan karakteristik variabilitas dalam kumpulan data. Ada empat kategori data *Life Cycle Cost*.

1. Data Historis Tidak Terstruktur.
2. Data Historis Terstruktur.

3. Data Dari Pemodelan.
4. Data dari produsen, pemasok, dan kontraktor spesialis.

2.3. Standar dan Kriteria Desain Perkerasan Jalan Baru.

2.3.1. Standar dan Kriteria Penentuan Umur Rencana.

Secara umum Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 telah menyediakan tabel umur rencana perkerasan jalan baru yang dapat dijadikan acuan dalam kegiatan perencanaan jalan.

Penentuan umur rencana perkerasan jalan baru mengacu pada tabel 2.1 berikut dengan catatan :

Tabel 2.2 Umur rencana Perkerasan Jalan Baru (UR).

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir	20
	Pondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (overlay), seperti : jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan. Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis beton semen, dan pondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

2.3.2. Analisis Lalu lintas.

1. Analisis Volume Lalu lintas.

Data lalu lintas adalah data yang penting dalam analisis struktur perkerasan, data ini diperlukan untuk menghitung beban lalu lintas rencana

yang dipikul oleh perkerasan selama umur rencana. Beban dihitung dari volume lalu lintas pada tahun survei yang selanjutnya diproyeksikan ke depan sepanjang umur rencana. Volume tahun pertama adalah volume lalu lintas sepanjang tahun pertama setelah perkerasan diperkirakan selesai dibangun atau direhabilitasi.

Elemen utama beban lalu lintas dalam desain adalah:

- Beban gandar kendaraan komersial.
- Volume lalu lintas dalam bentuk beban sumbu standar.

Dasar analisis volume lalu lintas adalah survei yang diperoleh dari:

- Survei lalu lintas langsung dengan durasi minimal 7 x 24 jam.
- Hasil survei lalu lintas sebelumnya.
- Nilai perkiraan volume lalu lintas untuk jalan dengan lalu lintas rendah, dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perkiraan Lalu Lintas untuk jalan Lalu Lintas Rendah.

Deskripsi Jalan	LHR Dua Arah (kendaraan/hari)	Kendaraan Berat (% dari Lalu Lintas)	Umur Rencana (Th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pengali Pertumbuhan Kumulatif Lalu Lintas	Kelompok Sumbu/Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG (Kelompok Sumbu)	Faktor ESA/HVAG	Beban Lalu Lintas Desain (Aktual) (ESA4)
Jalan desa minor dengan akses kendaraan terbatas	30	3	20	1	22	2	14454	3.16	4.5 x 10 ⁴
Jalan kecil dua arah	90	3	20	1	22	2	21681	3.16	7 x 10 ⁴
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2.1	252945	3.16	8 x 10 ⁶
Akses lokal daerah industri atau quarry	500	8	20	3.5	28.2	2.3	473478	3.16	1.5 x 10 ⁶
Jalan kolektor	2000	7	20	3.5	28.2	2.2	1585122	3.16	5 x 10 ⁶

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

2. Faktor Pertumbuhan Lalu lintas.

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data–data pertumbuhan series (historical growth data) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) (%).

	Jawa	Rata - Rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4.80	4.75
Kolektor rural	3.50	3.50
Jalan desa	1.00	1.00

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan factor pertumbuhan kumulatif (Cumulative Growth Factor):

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i} \quad (2.5)$$

Dengan :

- R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif.
- i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%).
- UR = umur rencana (tahun).

Jika diprediksi akan terjadi perbedaan laju pertumbuhan tahunan sepanjang total umur rencana (UR), dengan $i_1\%$ selama periode awal

(UR1 tahun) dan $i_2\%$ selama sisa periode berikutnya (UR – UR1), maka formula berikut dapat digunakan untuk menghitung faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif :

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^{UR1} - 1}{0,01 i1} + (1 + 0,01 i1)^{(UR1-1)} (1 + 0,01 i2) \left\{ \frac{(1 + 0,01 i2)^{(UR-UR1)} - 1}{0,01 i2} \right\} \quad (2.6)$$

Dengan :

- R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif
- i_1 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 1 (%)
- i_2 = laju pertumbuhan tahunan lalu lintas periode 2 (%)
- UR = total umur rencana (tahun)
- UR1 = umur rencana periode 1 (tahun)

Formula di atas dapat digunakan pada periode rasio volume kapasitas (RVK) yang belum mencapai tingkat kejenuhan ($RVK \leq 0.85$).

Apabila kapasitas lalu lintas diperkirakan tercapai pada tahun ke (Q) dari umur rencana (UR), faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif dihitung sebagai berikut:

$$R = \frac{(1 + 0,01 i)^Q - 1}{0,01 i} + (UR - Q)(1 + 0,01 i)^{(Q-1)} \quad (2.7)$$

3. Lalu lintas Pada Lajur Rencana.

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar.

Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL).

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Faktor distribusi jalan ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana.

Tabel 2.5 Faktor Distribusi Lajur (DL).

Jumlah Lajur Setiap Arah	Kendaraan Niaga Pada Lajur Desain (% Terhadap Populasi Kendaraan Niaga)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

4. Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*).

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana.

Ketentuan pengumpulan data beban gandar ditunjukkan pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Pengumpulan Data Beban Gandar.

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan Bebas Hambatan	i atau ii
Jalan Raya	i atau ii atau iii
Jalan Sedang	ii atau iii
Jalan Kecil	ii atau iii

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

Data beban gandar dapat diperoleh dari:

- Jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survei langsung).
- Survei beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representatif.
- Data WIM Regional yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga.

Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada tabel 2.7 dan tabel 2.8 dapat digunakan untuk menghitung ESA.

Tabel 2.7 Nilai VDF Masing – Masing Jenis Kendaraan Niaga.

Jenis Kendaraan	Jawa			
	Beban Aktual		Normal	
	VDF4	VDF5	VDF4	VDF5
5B	1.0	1.0	1.0	1.0
6A	0.6	0.5	0.6	0.5
6B	5.3	9.2	4.0	5.1
7A1	8.2	14.4	4.7	6.4
7A2	10.2	19.0	4.3	5.6
7B1	11.8	18.2	9.4	13.0
7B2	13.7	21.8	12.6	17.8
7C1	11.0	19.8	7.4	9.7
7C2A	17.7	33.0	7.6	10.2
7C2B	13.4	24.2	6.5	8.5
7C3	18.1	34.4	6.1	7.7

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

Tabel 2.8 Nilai VDF Masing – Masing Jenis Kendaraan Niaga

	Jenis Kendaraan		Uraian	Konfiguras i sumbu	Muatan ² yang diangkut	Kelompo k Sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekivalen Beban (VDF) (ESA/kendaraan)	
	Klasifikasi Lama	Alte rnatif					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5
	1	1	Sepeda motor	1.1		2	50.4			
	2,3,4	2,3,4	Sedan/Angkot/Pickup/Station Wagon	1.1		2	51.7	74.3		
KENDARAAN NAGA	5A	5A	Bus Kecil	1.2		2	3.5	5.00	0.3	0.2
	5B	5B	Bus Besar	1.2		2	0.1	0.20	1.0	1.0
	6A1	6.1	Truk 2 sumbu -cargo ringan	1.1	muatan umum	2			0.3	0.2
	6a2	6.2	Truk 2 sumbu - ringan	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	4.6	6.60	0.8	0.8
	6B1.1	7.1	Truk 2 sumbu - cargo sedang	1.2	muatan umum	2			0.7	0.7
	6B1.2	7.2	Truk 2 sumbu - sedang	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	-	-	1.6	1.7
	6B2.1	8.1	Truk 2 sumbu - berat	1.2	muatan umum	2			0.0	0.8
	6B2.2	8.2	Truk 2 sumbu - berat	1.2	tanah, pasir, besi, semen	2	3.8	5.50	7.3	11.2
	7A1	9.1	Truk 3 sumbu - ringan	1.22	muatan umum	3			7.6	11.2
	7A2	9.2	Truk 3 sumbu - sedang	1.22	tanah, pasir, besi, semen	3	3.0	5.60	28.1	64.4
	7A3	9.3	Truk 3 sumbu - berat	1.12		3	0.1	0.10	28.0	62.2
	7B	10	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2.22		4	0.5	0.70	36.0	0.4
	7C	11	Truk 4 sumbu - traler	12.22		4	0.3	0.50	13.6	24.0
	7C2.1	12	Truk 5 sumbu - traler	1.2.22		5			10.0	33.2
7C2.2	13	Truk 5 sumbu - traler	1.2.222		5	0.7	1.00	30.3	60.7	
7C3	14	Truk 6 sumbu - traler	1.22.222		6	0.9	0.50	41.6	93.7	

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

5. Sebaran Kelompok Sumbu Kendaraan Niaga.

Berdasarkan pedoman desain perkerasan kaku, beban lalu lintas desain didasarkan pada distribusi kelompok sumbu kendaraan niaga (*heavy vehicle axle group, HVAG*) dan bukan pada nilai ESA. Karakteristik proporsi sumbu dan proporsi beban setiap kelompok sumbu dapat menggunakan data hasil survey jembatan timbang atau mengacu pada Lampiran D.

6. Beban Sumbu Standar Kumulatif.

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load (CESAL)* merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, yang ditentukan sebagai berikut:

Menggunakan VDF masing-masing kendaraan niaga.

$$ESA_{TH-1} = (LHR_{JK} \times VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (2.8)$$

Dengan :

- $ESATH-1$: kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) pada tahun pertama.
- $LHRJK$: lintas harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).
- $VDFJK$: Faktor Ekivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 2.7 dan Tabel 2.8.

- DD : Faktor distribusi arah.
- DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 2.5).
- CESAL : Kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana.
- R : Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif (Tabel 2.3 dan Tabel 2.4).

7. Contoh Perhitungan.

Suatu ruas jalan baru (2-lajur 2-arah) yang dibangun dan direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2018. Data lalu lintas harian yang digunakan untuk perencanaan diperoleh dari survei pada tahun 2015 adalah sebagai berikut :

Jenis kendaraan	Lintas Harian Rata-rata (2 arah)
Mobil penumpang dan kendaraan ringan lain	1810
5B	88
6B	980
7A1	10
7A2	280
7C1	14
7C2A	8
7C2B	4
7C3	14

Hitung kumulatif beban (ESA5) untuk umur rencana 20 tahun (2018 – 2038) dengan menggunakan VDF berdasarkan Tabel 2.7 dan angka pertumbuhan lalu lintas regional seperti ditunjukkan pada Tabel 2.4

Penyelesaian:

Jenis kendaraan	Lintas Harian Rata-rata (2 arah) 2015	LHR 2018	LHR 2021	VDF5 faktual	VDF5 normal	ESA5 ('18-'20)	ESA5 ('21-'38)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Mobil penumpang dan kendaraan ringan lain	1810	2085	2291	-	-	-	-
5B	88	101	111	1,0	1,0	5.8.E+04	5.2.E+05
6B	980	1129	1241	7,4	4,6	4.8.E+06	2.7.E+07
7A1	10	12	13	18,4	7,4	1.3.E+05	4.5.E+05
7A2	280	323	354	20,0	5,6	3.7.E+06	9.2.E+06
7C1	14	16	18	15,9	9,6	1.5.E+05	8.0.E+05
7C2A	8	9	10	19,8	8,1	1.0.E+05	3.8.E+05
7C2B	4	5	5	20,7	8,0	5.9.E+04	1.9.E+05
7C3	14	16	18	24,5	8,0	2.2.E+05	6.7.E+05
Jumlah ESA5 CESA5 ₍₁₈₋₃₈₎						9.2.E+06	39..E+06
						48.0E+06	

Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun 4,83 %. Data awal 2015; tahun pertama setelah pembukaan untuk lalu lintas 2018 (3 tahun setelah 2015); permulaan periode beban normal MST 12 ton tahun 2020 (5 tahun setelah 2015).

$$(3) = (2) \times (1+0.0483)^3$$

$$(4) = (2) \times (1+0,0483)^5$$

(5) & (6) dari tabel 2.6.

$$(7) = (3) \times (5) \times 365 \times 0,50 \times 1 \times R_{(2018-2020)}^*$$

$$(8) = (4) \times (6) \times 365 \times 0,50 \times 1 \times R_{(2021-2038)}^*$$

* Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas $R_{(2018-2019)}$ dan $R_{(2020-2038)}$

dihitung dari formula $R = \frac{(1+0,01 i)^{UR} - 1}{0,01 i}$ dengan UR masing-masing

sama dengan 2 dan 18 tahun.

$$R_{(2018-2020)} = 3,14; R_{(2021-2038)} = 25,46$$

2.3.3. Standar dan Kriteria Desain Jenis Struktur Perkerasan Jalan Baru.

2.3.3.1. Pemilihan Struktur Perkerasan.

Pemilihan dan penentuan jenis perkerasan mengacu pada Tabel 2.9, hasil dari pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi bergantung pada umur rencana, analisa volume lalu lintas dan kondisi fondasi jalan.

Biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan sumber daya dan kepraktisan pelaksanaan harus menjadi pertimbangan utama pada tahap perencanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

Tabel 2.9 Pemilihan Jenis Perkerasan.

Struktur Perkerasan	Bagan Desain	ESA (Juta) Dalam 20 Tahun (Pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 - 05	0.1 - 4	> 4 - 10	> 10 - 30	> 30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR $\geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1.2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA ⁵)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA ⁵)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA ⁵)	3B	-	-	1.2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1.2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, Jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

*Catatan :

1 - Kontraktor kecil - medium.

2 - Kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.

3 - membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus - kontraktor spesialis Burtu/Burda.

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

2.3.3.2. CBR Desain Tanah Dasar.

A. Metode Persentil.

Metode persentil menggunakan distribusi data nilai CBR pada segmen seragam yang dianggap terdistribusi secara normal. Nilai persentil ke “x” dari suatu kumpulan data membagi kumpulan data tersebut dalam dua bagian, yaitu bagian yang mengandung “x” persen data dan bagian yang mengandung $(100 - x)$ persen data.

Nilai CBR yang dipilih adalah nilai persentil ke 10 (10^{th} percentile) yang berarti 10% data segmen yang bersangkutan lebih kecil atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Atau: 90% dari data CBR pada segmen seragam tersebut lebih besar atau sama dengan nilai CBR pada persentil tersebut. Prosedur perhitungan untuk presentil ke – 10 adalah sebagai berikut:

Sebagai contoh, data CBR dari satu segmen yang seragam yang telah diurut mulai dari nilai terkecil adalah sebagai berikut:

No.	CBR (%)	No.	CBR (%)
1	3	11	5.5
2	3	12	5.5
3	4	13	5.5
4	4	14	6
5	4	15	6
6	5	16	6
7	5	17	6.5
8	5	18	6.5
9	5	19	7
10	5.5	20	7
		CBR =	3.90%

Prosedur metode persentil lainnya yang juga sering digunakan adalah cara grafik. Selain itu, dapat juga menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, yaitu dengan memanfaatkan fungsi =PERCENTILE(array, k) dengan “array” menunjukkan kumpulan data dan k adalah persentil (dalam persepuluhan).

Sebagai contoh, =PERCENTILE(A1:A20, 0.1) akan menghitung persentil ke 10 dari kumpulan data yang terletak pada sel A1 sampai dengan A20. Penggunaan cara ini terhadap contoh data tersebut di atas menghasilkan CBR karakteristik = 3.90%.

B. Lapis Penopang (*Capping Layers*).

Bagan Desain - 1 menunjukkan tebal minimum lapis penopang untuk mencapai CBR desain 6% yang digunakan untuk pengembangan Katalog Desain tebal perkerasan.

Bagan Desain – 1 : Desain Fondasi Jalan Minimum.

CBR Tanah Dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 Tahun (juta)			Stabilisasi Semen
			<2	2 s/d 4	>4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan spesifikasi umum, Devisi 3 - Pekerjaan Tanah) (Pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2.5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (Potensi pemuaian >5%)			400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan
Perkerasan di atas tanah lunak	SG1	Lapis penopang	1000	1100	1200	
		atau lapis penopang dan geogrid	650	750	850	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk jalan raya minor (nilai minimum - ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir	1000	1250	1500	

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

Lapis penopang harus dipadatkan dengan metode dan mencapai tingkat kepadatan yang ditentukan atau yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

Pada bagian bawah lapis penopang kepadatan yang mungkin dapat dicapai cenderung lebih kecil daripada 95% kepadatan kering maksimum. Pada perkerasan kaku pemadatan maksimum yang mungkin dicapai lapis penopang sangat penting untuk meminimalkan retak akibat perbedaan penurunan lapis penopang setelah pelaksanaan.

2.3.3.3. Desain Fondasi Perkerasan Jalan.

A. Desain Fondasi Perkerasan Jalan Lentur.

1. Tanah Dasar Normal.

Tanah dasar normal adalah tanah dasar yang secara umum mempunyai nilai CBR *in-situ* lebih besar dari 2,5%, termasuk pada

daerah timbunan, galian dan permukaan tanah asli. Pemilihan tebal perbaikan tanah dasar dapat dilihat pada Bagan Desain - 1. Pastikan bahwa ketentuan mengenai elevasi permukaan fondasi memenuhi persyaratan Tabel 2.9.

2. Tanah Lunak.

Tanah lunak didefinisikan sebagai tanah terkonsolidasi normal atau sedikit over konsolidasi (*lightly over consolidated*), biasanya berupa tanah lempung atau lempung kelanauan dengan CBR kurang dari 2,5% dan kekuatan geser (q_c) lebih kecil dari 7,5 kPa, dan umumnya Indeks Plastisitas / $IP > 25$.

Tanah terkonsolidasi normal yang mendapat pembebanan statik dan dinamik akan mengalami pergerakan yang jauh lebih besar (akibat konsolidasi sekunder atau rangkakan) dibandingkan tanah dasar normal yang dipadatkan secara mekanik. Oleh sebab itu penyebab kerusakan yang berbeda berlaku pada jalan yang dibangun di atas tanah lunak. Ketentuan yang dijelaskan dalam bagian berikut adalah ketentuan minimum.

- Pengujian lapangan.

Survei DCP atau survei resistivitas elektrikal dan karakteristik tanah untuk mengidentifikasi sifat dasar dan kedalaman tanah lunak dan area yang memerlukan perbaikan tambahan.

- Perbaiki Tanah Lunak.

Pemilihan metode perbaikan berupa lapis penopang atau penggantian tanah harus didasarkan pada biaya terendah.

Jika kedalaman tanah lebih dari 1 meter perbaikan dengan lapis penopang perlu dipertimbangkan. Lihat pada Bagan desain-1 mengenai ketebalan lapis penopang.

B. Desain Fondasi Perkerasan Kaku.

1. Tanah Dasar Normal.

Apabila fondasi perkerasan terdiri dari beberapa lapis atau apabila tanah dasar asli terdiri dari beberapa lapis dengan kekuatan tertinggi terletak pada lapis paling atas maka CBR tanah dasar ditentukan sesuai formula berikut:

$$CBR_{ekivalen} = \left(\frac{\sum ih_i^{0.33}}{\sum ih} \right)^3 \quad (2.9)$$

Dengan, h_i = tebal lapis i dan $\sum h_i = 1$ meter.

Apabila semakin dalam kekuatan tanah dasar semakin meningkat maka formula tersebut di atas tidak berlaku. Dalam kasus ini nilai CBR karakteristik adalah nilai CBR lapis teratas tanah dasar.

CBR efektif tanah dasar hendaknya tidak kurang dari 6%. Gunakan stabilisasi apabila diperlukan.

2. Tanah Lunak.

Perkerasan kaku sebaiknya tidak digunakan di atas tanah lunak, kecuali jika dibangun dengan fondasi micro pile.

Gambar 2.3 menunjukkan tipikal struktur perkerasan di atas tanah lunak. Apabila perkerasan kaku dibangun di atas tanah lunak maka fondasi perkerasan tanah lunak harus terdiri atas:

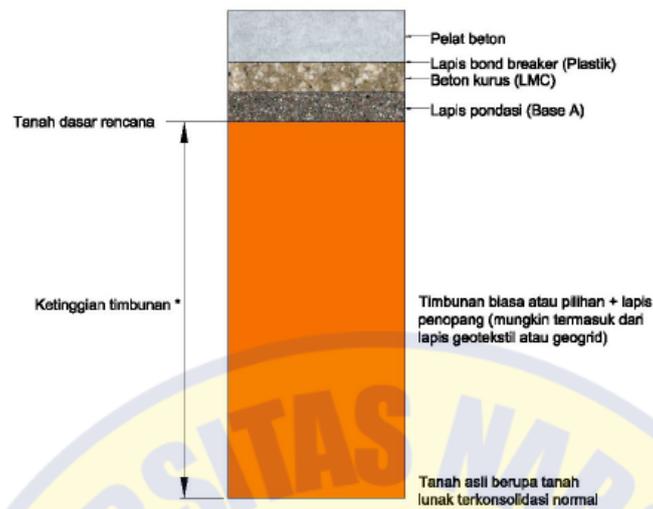
- Penggalian dan penggantian seluruh tanah lunak atau,
- lapis penopang dengan nilai CBR tidak lebih dari yang ditunjukkan di dalam Gambar 2.3 dan timbunan dengan tinggi tidak kurang dari ketentuan menurut Gambar 2.5. Lapis penopang harus diberikan waktu untuk mengalami konsolidasi (pra-pembebanan) sesuai batasan perbedaan penurunan yang ditunjukkan di dalam Tabel 2.9.

Apabila ketinggian timbunan terbatas seperti halnya pada kasus pelebaran perkerasan eksisting, perlu dilakukan pembongkaran tanah lunak seluruhnya atau menggunakan penanganan khusus.

Tabel 2.10 Batasan Penurunan (*settlement*) pada Timbunan di atas Tanah Lunak Setelah Pelaksanaan Perkerasan.

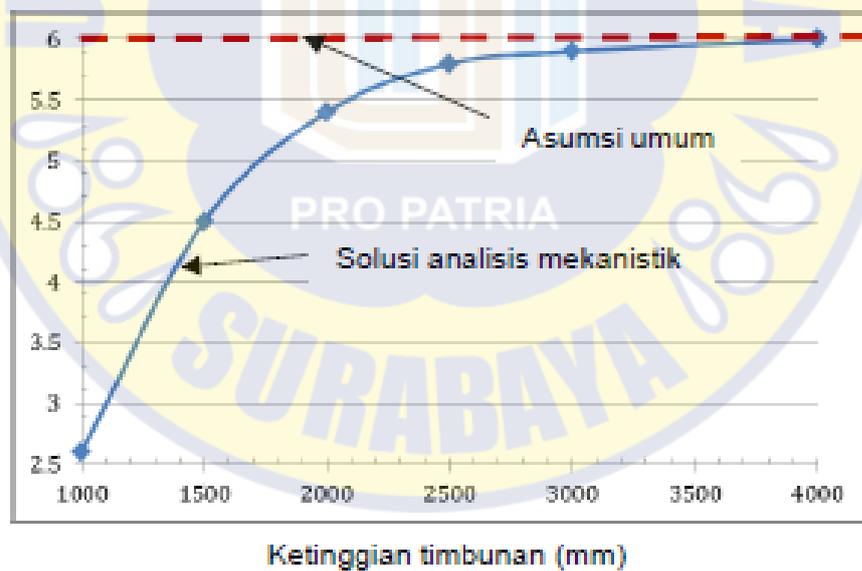
Jenis penurunan	Status/ Kelas Jalan	Uraian	Batas izin	Pencegahan tipikal
Kasus umum; penurunan total.	Semua jalan nasional, provinsi, kab/kota dan lokal.	Penurunan mutlak setelah pelaksanaan perkerasan (sama dengan perbedaan penurunan berdekatan dengan struktur tetap)	Total 100mm	<p>a) Pra-pembebanan sebelum pelaksanaan perkerasan (pada oprit struktur mungkin diperlukan pra pembebanan yang sama dengan konsolidasi primer kecuali jika ada penanganan tambahan)</p> <p>b) Drainase vertikal atau beban tambah (<i>surcharge</i>) untuk mempercepat konsolidasi.</p> <p>c) penggantian tanah atau pemancangan pada bagian oprit struktur</p>
Perbedaan penurunan (<i>differential settlement</i>) dan penurunan total jika berdampingan dengan bangunan struktur.	Jalan bebas hambatan atau jalan raya dengan kecepatan rencana 100 – 120 km/jam	Di antara setiap dua titik secara memanjang dan melintang termasuk yang berdampingan dengan struktur tertanam dan atau pada <i>relief slab</i> abutment jembatan	0,003:1 (perubahan kemiringan 0,3%)	Seperti penanganan penurunan total
	Jalan raya atau jalan kecil dengan kecepatan rencana 60 km/jam atau lebih rendah		0,006:1 (0,6%) (nilai antara bisa dipakai untuk kecepatan rencana lainnya)	
Penurunan Rangkak (<i>Creep Settlement</i>) akibat beban dinamis dan statis	Jalan bebas hambatan atau jalan raya dengan kecepatan rencana 100 – 120 km/jam	Berlaku untuk perkerasan kaku dengan sambungan	Perlu penanganan atau perbaikan apabila terjadi patahan atau perbedaan penurunan > 4 mm pada sambungan	Tinggi timbunan minimum sesuai Gambar 6.3, atau dukungan dari <i>micro pile</i> dan cakar ayam atau tulangan menerus.
	Jalan raya atau jalan kecil dengan kecepatan rencana 60 km/jam atau lebih rendah		Perlu penanganan atau perbaikan apabila terjadi patahan atau perbedaan penurunan > 8 mm pada sambungan	

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.



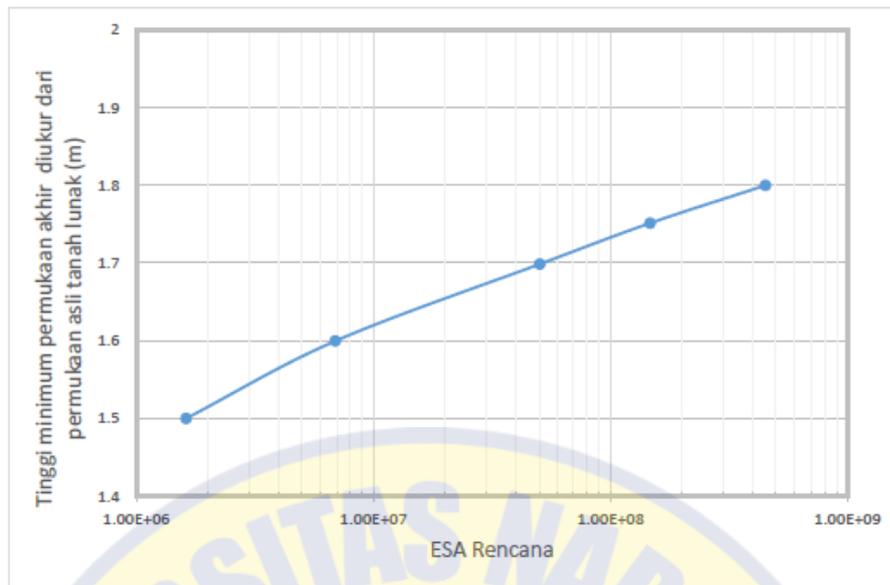
Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Jalan.

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.



Gambar 2.3 CBR maksimum tanah dasar untuk perkerasan kaku di atas tanah lunak

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.



Gambar 2.4 Tinggi Minimum Permukaan Akhir dari permukaan tanah lunak untuk membatasi terjadinya deformasi plastis di bawah sampungan pelat

Sumber : Manual Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

Catatan:

1. Ketinggian timbunan yang ditentukan Gambar 2.2 atau Gambar 2.3 adalah ketinggian minimum.
2. Untuk penyesuaian kemiringan atau superelevasi permukaan dan penyesuaian variasi pelaksanaan, level permukaan perkerasan harus dinaikkan relatif terhadap nilai yang diperoleh dari Gambar 2.2. atau Gambar 2.3.618
3. Persyaratan deformasi plastis yang berlaku untuk pelat beton dengan sambungan dan tidak berlaku untuk:
 - a. pelat beton menerus dengan tulangan;
 - b. pelat beton jenis *post tensioned*;
 - c. pelat beton dengan sambungan dengan fondasi *micro piling* atau cakar ayam.