

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

- 1) Muhammad Aris Aprianoor, 2008. Dengan Judul Analisis Kebutuhan Dan Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Arteri Alternatif Di Kota Kandangan. Pada penelitian ini dilakukan pembahasan mengenai Indikasi awal permasalahan jalan di Kota Kandangan bermula dari gejala kepadatan lalu lintas di dalam kota yang mengkhawatirkan sebagai akibat pencampuran antara arus lalu lintas lokal dan regional dalam menggunakan jalan utama kota yang juga merupakan jalan arteri dengan kecenderungan volume yang semakin bertambah sejalan dengan perkembangan wilayah dan peningkatan mobilitas penduduk. Untuk mengantisipasi hal tersebut, ditempuh langkah pengadaaan jaringan jalan baru di dalam kota berupa rencana pembangunan jalan arteri alternatif yang telah dimulai sejak tahun 2003 dengan penetapan trace jalan, pembebasan lahan, proposal rencana, detail desain, rencana anggaran biaya, studi kelayakan dan analisa mengenai dampak lingkungan. Namun karena kendala dana sampai saat ini dari tujuh ruas yang direncanakan untuk satu jalur jalan arteri alternatif baru satu ruas jalan yang terbangun. Di lain pihak, meski ruas jalan arteri eksisting terlihat padat, faktanya belum pernah ditemui kemacetan. Oleh sebab itu perlu untuk diteliti kembali bagaimanakah permasalahan yang kini terjadi di ruas-ruas jalan arteri di dalam Kota Kandangan dan apakah pengadaaan jalan arteri alternatif tepat sebagai solusinya Tujuan dari penelitian ini adalah

mengetahui tingkat kebutuhan dan kelayakan ekonomi rencana pembangunan jalan arteri alternatif di Kota Kandangan, mengetahui perkiraan waktu yang tepat serta strategi yang sesuai dengan kemampuan pemerintah daerah dalam merealisasikannya. Untuk mencapai tujuan tersebut digunakan teknik analisa kuantitatif dengan didukung deskripsi kualitatif dengan beberapa pendekatan dimana pada tahap awal diidentifikasi kondisi eksisting kota dan jaringan jalan arteri didalamnya. Berikutnya kebutuhan akan jalan arteri alternatif diketahui dengan melakukan analisis tingkat pelayanan jalan dan proyeksi lalu lintas pada kondisi pra dan pasca jalan arteri alternatif. Selanjutnya kelayakan ekonomi jalan diketahui dengan melakukan analisis terhadap kecepatan kendaraan, biaya operasional kendaraan (BOK) dan nilai waktu perjalanan pada kondisi pra dan pasca jalan arteri alternatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kota Kandangan belum membutuhkan jalan arteri alternatif karena hingga akhir tahun 2008 semua rute dan segmen jalan arteri eksisting masih terklasifikasi dalam tingkat pelayanan A (baik) yang ditandai dengan nilai perbandingan volume dengan kapasitas (NVK) yang rendah yaitu Jalan Ahmad Yani (0,28), Jalan Sudirman (0,38), Jalan HM. Yusie (0,17) dan Jalan M. Johansyah (0,63). Jalan arteri alternatif mulai dibutuhkan pada tahun 2012 dimana diproyeksikan Jalan M. Johansyah dengan NVK= 0,82 yang berpotensi mengalami kemacetan. Jika pada tahun tersebut terealisasi, diperkirakan jalan arteri alternatif dapat memberikan kecepatan tertinggi bagi kendaraan yang melewatinya (38,0 km/jam) dibandingkan Jalan

Ahmad Yani (34,0 km/jam), Jalan Sudirman (29,8 km/jam), Jalan M. Johansyah (21,9 km/jam) dan Jalan HM. Yusie (37,2 km/jam) sehingga membuat jalan arteri alternatif memiliki BOK yang paling rendah yaitu Rp.699,70/km (MC), Rp.1.988,76/km (LV) dan Rp.2.659,68/km (HV), sebaliknya Jalan M. Johansyah mempunyai BOK tertinggi yaitu Rp.1.049,87/km (MC), Rp.2.697,22/km (LV) dan Rp.3.386,29/km (HV). Namun karena rutenya memiliki jarak tempuh terjauh (8,5 km), jalan arteri alternatif tidak layak secara ekonomi karena membukukan nilai biaya dan waktu perjalanan paling tidak efisien dimana untuk satu kali perjalanan dibutuhkan biaya rata-rata Rp.15.153,05 dan waktu perjalanan 14,44 menit. Sementara rute eksisting yaitu Jalan Ahmad Yani-Sudirman (6,65 km) membutuhkan rata-rata biaya Rp. 12.502,12 dan waktu 13,07 menit untuk satu kali perjalanan, sedangkan rute Jalan Ahmad Yani-M. Johansyah-HM. Yusie (6,29 km) paling efisien dengan hanya membutuhkan rata-rata biaya Rp. 12.126,66 dan waktu 12,86 menit untuk satu kali perjalanan. Berdasar hasil penelitian direkomendasikan sebelum tahun 2012 sebaiknya dana yang ada diprioritaskan pada pembangunan jalan di kawasan perdesaan agar dapat membuka hinterland baru dan meningkatkan aksesibilitas baik antar desa maupun desa ke kota. Meningkatkan kapasitas jalan arteri terpadat yaitu Jalan M. Johansyah sehingga dapat menekan biaya. Dalam rangka pengembangan wilayah, pembangunan jalan arteri alternatif sebaiknya tetap diteruskan dengan strategi: Pertama, membagi pelaksanaan pembangunannya dalam empat tahap atau tahun anggaran menyesuaikan

dengan APBD dengan tetap berupaya meminta bantuan dana ke pusat. Kedua, mengurangi panjang trace rencana jalan alternatif agar dapat layak secara ekonomi dan terakhir menyerahkan wewenang dan pembiayaan penanganan jalan arteri alternatif ke pemerintah provinsi. Kata Kunci : jalan arteri alternatif Kota Kandangan, tingkat pelayanan jalan, proyeksi lalu lintas, biaya operasional kendaraan, nilai waktu perjalanan

- 2) Adi Rahman Hidayat, 2015. Dengan Judul Evaluasi Perbandingan Biaya dan Metode Pelaksanaan Kontruksi Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Perkerasan Kaku Dengan Perkerasan Lentur, studi kasus : *Overlay* Jalan Bade – Batangan Tahap III, Kecamatan Klego Kabupaten Boyolali. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi antara penggunaan jalan perkerasan kaku yang akan diganti dengan perkerasan lentur pada pembangunan jalan proyek Peningkatan Jalan Bade – Batangan Tahap III, Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali. Penelitian ini akan membandingkan ke dua kontruksi perkerasan dari segi biaya, dan metode pelaksanaan. Aspek biaya merupakan salah satu hal yang mempengaruhi pelaksanaan proyek kontruksi jalan. Oleh sebab itu perlu adanya perencanaan biaya yang baik agar tidak terjadi pemborosan. Perbandingan biaya kontruksi difokuskan pada biaya lapis permukaan dan *leveling* sepanjang 650 m antara perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. Metode penelitian dibagi dalam 3 (tiga) tahap yaitu tahap pertama adalah studi pustaka dan survey awal, tahap kedua adalah pengumpulan data sekunder, dan tahap ketiga adalah analisa hasil dan kesimpulan saran. Hasil analisis biaya masing – masing kontruksi

diatas untuk lapis perkerasan kaku sebesar Rp. 908.846.000,00 dan untuk lapis perkerasan lentur sebesar Rp. 920,642,000.00 sudah termasuk PPN 10 %. Dengan kelebihan biaya sebesar Rp. 11.796.000,00 dari biaya perkerasan lentur dengan nilai Rp. 920,642,000.00 hanya dapat menghampar lapis permukaan perkerasan lentur sepanjang 628,08 m. Perbedaan dari segi metode pelaksanaan antara metode perkerasan kaku dan metode perkerasan lentur terdapat perbedaan yang mendasar untuk perkerasan kaku tanpa memerlukan pemadatan sedangkan perkerasan lentur membutuhkan proses pemadatan dengan 3 tahap yaitu pemadatan awal, pemadatan antara, pemadatan akhir. Untuk perkerasan kaku harus melakukan pemasangan *bekesting* untuk penghamparan material sedangkan perkerasan lentur tanpa pemasangan *bekesting* untuk penghamparan material. Kata kunci : Biaya konstruksi, metode pelaksanaan konstruksi, perkerasan kaku, perkerasan lentur, harga satuan pekerjaan.

- 3) Gagas Dwi Pambudi, I Made Suraharta, Firga Ariyani, 2015. Dengan Judul Analisis Kelayakan Biaya Dan Manfaat Ekonomi Terhadap Rencana Pembangunan Jalan Lingkar Di Kabupaten Minahasa Selatan. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini berisi perjalanan generasi, distribusi perjalanan, moda split, dan pembebanan. Aspek technical yang diperiksa adalah karya jaringan jalan seperti: jaringan waktu perjalanan kecepatan, jarak tempuh, dan konsumsi bahan bakar. Selain itu, juga dilakukan analisis dari sisi ekonomi dan keuangan, seperti: Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (BCR), dan Internal Rate Return (IRR). tujuan dari penelitian ini

Melakukan perbandingan kinerja pada jalan yang ada sebelum dibangun bundaran dengan dibangun setelah jalan lingkar dengan beberapa indikator yang mempengaruhi, antara lain: V / C ratio, kecepatan, waktu perjalanan, jarak perjalanan, antrian dan konsumsi bahan bakar dan Melakukan analisis kelayakan biaya ekonomi dan manfaat membangun jalan lingkar di Kabupaten Minahasa Selatan untuk menentukan apakah pembangunan jalan lingkar di Kabupaten Minahasa Selatan ini layak untuk dibangun bila dilihat dari aspek biaya dan ekonomi manfaat dengan membandingkan biaya pembangunan jalan lingkar dengan keunggulan dalam hal penghematan waktu dan penghematan biaya bahan bakar. dari analisis tugas, pembangunan jalan lingkar direncanakan di tahun 2019 yang di dalamnya. Dari hasil tugas di tahun 2019 ada peningkatan nilai kemampuan jalan di Minahasa Selatan. Jika dibandingkan dengan nilai pengenaan di tahun 2019 tanpa jalan lingkar, meningkatkan kecepatan jaringan dari 59 km / jam sampai 60 km / jam, penurunan konsumsi bahan bakar 7032 liter menjadi 6681 liter, jarak tempuh penurunan 702088 kend-km ke 666107 kend-km, dan berlalunya waktu penurunan 11720 kend jam untuk 11 135 jam kend. Dan juga, dari perhitungan titik ekonomi dan keuangan pandang, mendapatkan sejumlah NPV Rp. 93069080538, -, IRR lebih dari tingkat diskonto, yang merupakan 21,13% dan nilai BCR sebesar 1,19. Dari nilai tersebut, dapat melihat bahwa pembangunan jalan lingkar selatan di Minahasa Selatan cocok untuk dibangun. Kata kunci: Ring Road,

Kemampuan Jalan ini, V/C Ratio, Horizontal Alignment, Vertical Alignment, Arus Kas.

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
1	Muhammad Aris Aprianoor, 2008	Analisis Kebutuhan Dan Kelayakan Ekonomi Pembangunan Jalan Arteri Alternatif Di Kota Kandangan.	Mengetahui tingkat kebutuhan dan kelayakan ekonomi rencana pembangunan jalan arteri alternatif di Kota Kandangan, mengetahui perkiraan waktu yang tepat serta strategi yang sesuai dengan kemampuan pemerintah daerah dalam merealisasikannya	Metode digunakan teknik analisa kuantitatif dengan didukung deskripsi kualitatif dengan beberapa pendekatan dimana pada tahap awal diidentifikasi kondisi eksisting kota dan jaringan jalan arteri didalamnya. Berikutnya kebutuhan akan jalan arteri alternatif diketahui dengan melakukan analisis tingkat pelayanan jalan dan proyeksi lalu lintas pada kondisi pra dan pasca jalan arteri alternatif. Selanjutnya kelayakan ekonomi jalan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kota Kandangan belum membutuhkan jalan arteri alternatif karena hingga akhir tahun 2008 semua rute dan segmen jalan arteri eksisting masih terklasifikasi dalam tingkat pelayanan A (baik) yang ditandai dengan nilai perbandingan volume dengan kapasitas (NVK) yang rendah yaitu Jalan Ahmad Yani (0,28), Jalan Sudirman (0,38), Jalan HM. Yusie (0,17) dan Jalan M. Johansyah (0,63). Jalan arteri alternatif mulai dibutuhkan pada tahun 2012 dimana diproyeksikan Jalan M. Johansyah dengan NVK= 0,82 yang berpotensi mengalami kemacetan
2	Adi Rahman Hidayat, 2015	Evaluasi Perbandingan Biaya dan Metode Pelaksanaan Kontruksi Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Perkerasan Kaku Dengan Perkerasan Lentur	Melakukan evaluasi antara penggunaan jalan perkerasan kaku yang akan diganti dengan perkerasan lentur pada pembangunan jalan proyek Peningkatan Jalan Bade – Batangan Tahap III, Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali	Metode penelitian dibagi dalam 3 (tiga) tahap yaitu tahap pertama adalah studi pustaka dan survey awal, tahap kedua adalah pengumpulan data sekunder, dan tahap ketiga adalah analisa hasil dan kesimpulan saran	Hasil analisis biaya masing – masing kontruksi diatas untuk lapis perkerasan kaku sebesar Rp. 908.846.000,00 dan untuk lapis perkerasan lentur sebesar Rp. 920,642,000.00 sudah termasuk PPN 10 %. Dengan kelebihan biaya sebesar Rp. 11.796.000,00 dari biaya perkerasan lentur dengan nilai Rp. 920,642,000.00 hanya dapat menghampar lapis permukaan perkerasan lentur sepanjang 628,08 m.
3	Gagas Dwi Pambudi, I Made Suraharta, Firda Ariyani, 2015	Analisis Kelayakan Biaya Dan Manfaat Ekonomi Terhadap Rencana Pembangunan Jalan Lingkar Di Kabupaten Minahasa Selatan	Melakukan perbandingan kinerja pada jalan yang ada sebelum dibangun bundaran dengan dibangun setelah jalan lingkar dengan beberapa indikator yang mempengaruhi, antara lain: V / C	Metode digunakan Analisis dari sisi ekonomi dan keuangan, seperti: Net Present Value (NPV), Benefit Cost Ratio (BCR), dan Internal Rate Return (IRR)	Untuk tahun 2019 ada peningkatan nilai kemampuan jalan di Minahasa Selatan. Jika dibandingkan dengan nilai pengenaan di tahun 2019 tanpa jalan lingkar, meningkatkan kecepatan jaringan dari 59 km / jam sampai 60 km / jam,

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil
			ratio, kecepatan, waktu perjalanan, jarak perjalanan, antrian dan konsumsi bahan bakar dan Melakukan analisis kelayakan biaya ekonomi dan manfaat membangun jalan lingkar di Kabupaten Minahasa Selatan untuk menentukan apakah pembangunan jalan lingkar di Kabupaten Minahasa Selatan ini layak untuk dibangun bila dilihat dari aspek biaya dan ekonomi manfaat dengan membandingkan biaya pembangunan jalan lingkar dengan keunggulan dalam hal penghematan waktu dan penghematan biaya bahan bakar. dari analisis tugas, pembangunan jalan lingkar direncanakan di tahun 2019 dibutuhkan untuk pembuatan jalan tersebut.		penurunan konsumsi bahan bakar 7032 liter menjadi 6681 liter, jarak tempuh penurunan 702088 kend-km ke 666107 kend-km, dan berlalunya waktu penurunan 11720 kend jam untuk 11 135 jam kend. Dan juga, dari perhitungan titik ekonomi dan keuangan pandang, mendapatkan sejumlah NPV Rp. 93069080538, -, IRR lebih dari tingkat diskonto, yang merupakan 21,13% dan nilai BCR sebesar 1,19. Dari nilai tersebut, dapat melihat bahwa pembangunan jalan lingkar selatan di Minahasa Selatan cocok untuk dibangun Course : 15 cm. Perencanaan jalan Cemorosewu – Desa Pacalan dengan panjang 3200 m, memerlukan biaya untuk pembangunan sebesar Rp. 73.342.707.500 dan dikerjakan selama 1 tahun 1 bulan.

Sumber : Dirangkum dari berbagai sumber

2.2. Dasar Teori

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu-lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

- Perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan
- Perkerasan kaku (*rigid Pavement*)

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku.

Perencanaan konstruksi perkerasan juga dapat dibedakan antara perencanaan untuk *jalan baru* dan *untuk peningkatan* (jalan lama yang sudah pernah diperkeras).

Perencanaan konstruksi atau tebal perkerasan jalan, dapat dilakukan dengan banyak cara (metoda), antara lain : AASHTO dan *The Asphalt Institute* (Amerika), *Road Note* (Inggris), NAASRA (Australia) dan Bina Marga (Indonesia).

2.2.1. Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya

Konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri, antara lain:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
 - a. Memakai bahan pengikat aspal.
 - b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
 - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).
 - d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
 - a. Memakai bahan pengikat semen *portland* (PC).

- b. Sifat lapisan utama (plat beton) yaitu memikul sebagian besar beban lalu lintas.
 - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan
 - d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, bersifat sebagai balok di atas permukaan
3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
- a. Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur
 - b. Perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya

2.2.2. Fungsi Lapis Perkerasan

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapis pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan (Departemen Pekerjaan Umum, 1987).

1. Lapis Permukaan (LP)

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi:

a. Struktural :

Ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).

Untuk hal ini persyaratan yang dituntut adalah kuat, kokoh, dan stabil.

b. Non Struktural, dalam hal ini mencakup :

- 1) Lapis kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
- 2) Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- 3) Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
- 4) Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

Lapis permukaan itu sendiri masih bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan lagi, yaitu:

1) Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*wearing course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis aus adalah

- a) Mengamankan perkerasan dari pengaruh air
- b) Menyediakan permukaan yang halus
- c) Menyediakan permukaan yang kesat

2) Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis antara (*binder course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*). Fungsi dari lapis antara adalah :

- a) Mengurangi tegangan

- b) Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup

2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan
- b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah

3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Penyebar beban roda
- b. Lapis peresapan
- c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan

4. Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.2.3. Parameter Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan perkerasan lentur jalan adalah:

- 1) Jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C) untuk menghitung lalu lintas ekuivalen sesuai dengan Petunjuk perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (SKBI – 2.3.26.1987).

Tabel 2.2. Tabel Koefisien Distribusi Arah Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan [*]		Kendaraan Berat ^{**}	
	1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1 lajur	1.00	1.00	1.00	1.00
2 lajur	0.60	0.50	0.70	0.50
3 lajur	0.40	0.40	0.50	0.475
4 lajur	-	0.30	-	0.45
5 lajur	-	0.25	-	0.425
6 lajur	-	0.20	-	0.40

Sumber SKBI – 2.3.26. 1987/SNI 03-1732-1989

* berat total < 5 Ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

** beart total ≥ 5 Ton, misalnya : bus, truck, traktor, semi triler, trailer

- 2) Angka ekuivalen sumbu kendaraan (E) Angka ekuivalen masing-masing golongan beban sumbu untuk setiap ken-daraan ditentukan dengan rumus :

- a. Untuk sumbu tunggal

$$E = \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \quad (2.1)$$

- b. Untuk sumbu ganda

$$E = 0,086 \times \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \quad (2.2)$$

- c. Untuk sumbu tripel

$$E = 0,053 x \left[\frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \quad (2.3)$$

3) Lalu lintas harian rata-rata

- a. Lalu lintas harian rata-rata setiap jenis kendaraan ditentukan pada awal umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah pada jalan dengan median.

- b. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP), yang dihitung dengan rumus:

$$LEP = \sum LHR_j \times C_j \times E_j \quad (2.4)$$

di mana :

C_j = koefisien distribusi arah

j = masing-masing jenis kendaraan

- c. Lintas Ekuivalen Akhir (LEA), yang dihitung dengan rumus:

$$LEA = \sum LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (2.5)$$

di mana :

i = tingkat pertumbuhan lalu lintas

j = masing-masing jenis kendaraan

UR = Umur Rencana

- d. Lintas Ekuivalen Tengah, yang dihitung dengan rumus:

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \quad (2.6)$$

- e. Lintas Ekuivalen Rencana, yang dihitung dengan rumus:

$$LER = LET \times FP \quad (2.7)$$

di mana :

FP = Faktor Penyesuaian

$$FP = \frac{UR}{10}$$

4) Umur Rencana

Umur rencana adalah waktu dalam tahun dihitung mulai dibukanya jalan sampai saat diperlukannya perbaikan berat atau telah dianggap perlu memberi lapisan permukaan baru. Agar jalan tetap berfungsi dengan baik. Umur rencana lebih besar dari 20 tahun tidak ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapat ketelitian untuk memperkirakan lalu lintas yang akan datang.

5) Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan *California Bearing Ratio* (CBR)

CBR merupakan perbandingan beban penetrasi pada suatu bahan dengan beban standar pada penetrasi dan kecepatan pembebanan yang sama. Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas:

- a. CBR lapangan, disebut juga $CBR_{inplace}$ atau *field CBR*.

Gunanya untuk mendapatkan nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah saat itu dimana tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan dilakukan saat kadar air tanah tinggi atau dalam kondisi terburuk yang mungkin terjadi.

- b. CBR lapangan rendaman / *Undisturb soaked CBR*

Gunanya untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air, dan tanah mengalami pengembangan maksimum. Pemeriksaan dilaksanakan pada kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di

daerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalanya sering terendam air pada musim hujan dan kering pada musim kemarau. sedangkan pemeriksaan dilakukan di musim kemarau.

c. CBR rencana titik / CBR laboratorium / desain CBR

Tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai kepadatan 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut di padatkan.

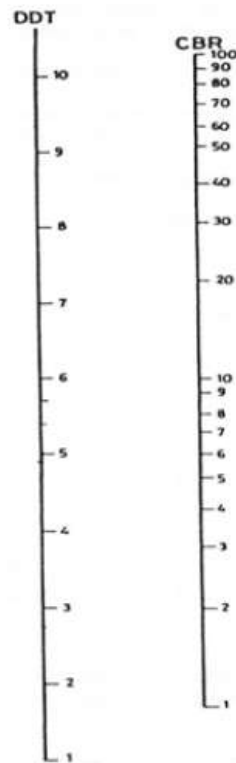
Data CBR yang digunakan adalah harga-harga CBR dari pemerik-saan lapangan dan uji laboratorium.dari data CBR ditentukan nilai CBR terendah, kemudian ditentukan harga CBR yang mewakili atau CBR seg-men. Dalam menentukan CBR segmen terdapat 2 cara yaitu :

$$1. \text{ Secara analitis } CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R$$

Dimana harga R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen

2. Secara Grafis Tentukan data CBR yang sama dan lebih besar dari masing-masing nilai pada data CBR. Angka dengan jumlah terbanyak dinyatakan dalam angka 100 %, sedangkan jumlah lainnya merupakan prosentase dari angka 100 % tersebut.dari angka-angka tersebut dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan angka prosentasenya. Ditarik

garis dari angka prosentase 90 % menuju grafik untuk memperoleh nilai CBR segmen.



Gambar 2.1. Korelasi antara DDT dan CBR

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

Dari nilai CBR segmen yang telah ditentukan dapat diperoleh nilai DDT dari grafik korelasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT dalam skala linier, dan grafik CBR dalam skala logaritma.

Selain menggunakan grafik tersebut, nilai DDT dari suatu Harga CBR juga dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$\text{DDT} = 1,6649 + 4,3592 \log (\text{CBR}) \quad (2.8)$$

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama.

6) Faktor Regional

Faktor Regional adalah keadaan lapangan yang mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, prosentase kendaraan berat dengan $MST \geq 13$ ton dan kendaraan yang berhenti, serta iklim. Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya menentukan bahwa faktor yang menyangkut permeabilitas tanah hanya dipengaruhi oleh alinyemen, prosentase kendaraan berat dan kendaraan yang berhenti, serta alinyemen. Untuk kondisi tanah pada daerah rawa-rawa ataupun daerah terendam, nilai FR yang diperoleh dari tabel berikut :

Tabel 2.3. Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (> 10 %)	
	% Kendaraan Berat					
	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Iklim I < 900 mm / th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklim II > 900 mm / th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	5,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber : SKBI - 2.3.26.1987

7) Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan menyatakan nilai dari kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Nilai indeks permukaan awal (IPo) ditentukan dari jenis lapis permukaan dan nilai indeks permukaan akhir (IPt) ditentukan dari nilai LER.

Adapun nilai IPo dan IPt dari masing-masing jenis lapis permukaan disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.4. IP_o terhadap Jenis Lapis Permukaan

Jenis Lapis Permukaan	IPo	Roughness (mm/km)
Laston	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	< 1000
Lasbutag	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000

Jenis Lapis Permukaan	IPo	Roughness (mm/km)
Burda	3,9 – 3,5	≤ 2000
Burtu	3,4 – 3,0	≤ 2000
Lapen	3,4 – 3,0 2,9 – 2,5	≤ 3000 > 3000
Latasbum	2,9 – 2,5	
Buras	2,9 – 2,5	
Latasir	2,9 – 2,5	
Jalan Tanah	≤ 2,4	
Jalan Kerikil	≤ 2,4	

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

Tabel 2.5. Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IPt)

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10 - 100	1,5	1,5 - 2,0	2,0	-
100 – 1.000	1,5 - 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
> 1.000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

Nilai IPt lebih kecil dari 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam kondisi rusak berat dan amat mengganggu lalu lintas kendaraan yang melewatinya. Tingkat pelayanan jalan terendah masih mungkin dilakukan dengan nilai IPt sebesar 1,5. tingkat pelayanan jalan masih cukup mantap dinyatakan dengan nilai IPt sebesar 2,0. sedangkan nilai IPt sebesar 2,5 menyatakan permukaan jalan yang masih baik dan cukup stabil.

8) Indeks Tebal Perkerasan (ITP)

Nilai indeks tebal perkerasan diperoleh dari nomogram dengan menggunakan nilai-nilai yang telah diketahui sebelumnya, yaitu : LER selama umur rencana, nilai DDT, dan FR yang diperoleh.

9) Koefisien Kekuatan Relatif Bahan (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan-bahan yang digunakan sebagai lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah disajikan dalam tabel berikut

Tabel 2.6. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
0,40			744			LASTON
0,35			590			
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			LABUSTAG
0,31			590			
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			HRA Aspal Makadam LAPEN mekanis LAPEN manual
0,26			340			
0,25						
0,20						
	0,28		590			LASTON Atas
	0,26		454			
	0,24		340			
	0,23					LAPEN mekanis LAPEN manual
	0,19					
	0,15			22		Stabilitas Tanah dengan semen
	0,13			18		
	0,15			22		Stabilitas Tanah dengan kapur
	0,13			18		
	0,14				100	Batu Pecah kelas A
	0,13				80	Batu pecah kelas B
	0,12				60	Batu pecah kelas C
		0,13			70	Sirtu Kelas A
		0,12			50	Sirtu Kelas B
		0,11			30	Sirtu Kelas C
		0,10			20	Tanah Lempung / Kepasiran

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

10) Tebal Minimum Lapis Perkerasan

Tebal minimum lapis perkerasan ditentukan dengan tabel batas minimum lapis permukaan dan lapis pondasi dibawah ini. Sedangkan tabel minimum lapis pondasi bawah untuk setiap nilai ITP ditentukan sebesar 10 cm.

Tabel 2.7. Tebal Minimum Lapis Perkerasan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung (Buras/Burtu/Burda)
3,00 - 6,70	5	Laston / Aspal Macadam / HRA /Lasbutag / Laston
6,71 - 7,49	7,5	Lapen / Aspal Macadam / HRA / Lasbutag / Laston
7,50 - 9,99	7,5	Lasbutag / laston
> 10,00	10	Laston

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

Tabel 2.8. Batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
3,00 - 7,49	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur
7,50 - 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam
10,00 - 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
> 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : SKBI – 2.3.23.1987

Dari parameter-parameter tersebut kemudian diperoleh nilai ITP dan nilai koefisien kekuatan relatif untuk masing-masing bahan perkerasan. Tebal masing-masing bahan perkerasan untuk masing-masing lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah dapat dihitung dengan rumus :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad (2.9)$$

di mana :

ITP = Indeks Tebal Perkerasan

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relatif bahan untuk masing-masing lapisan perkerasan

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapis perkerasan

2.2.4. Aspal

Bahan penyusun lapis permukaan untuk perkerasan lentur yang utama terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok bisa berupa pasir, kerikil, atau pecah/ agregat dan lain-lain. Sedang untuk bahan ikat untuk perkerasan bias

berbeda-beda, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai. Bisa berupa tanah liat, aspal/ bitumen, *portland cement*, atau kapur/*lime*.

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing masing agregat. Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi.

2.2.5. Beton Aspal

Beton aspal adalah tipe campuran pada lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural dengan kualitas yang tinggi, terdiri atas agregat yang berkualitas yang dicampur dengan aspal sebagai bahan

pengikatnya. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan.

Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (*viskositas*) yang tinggi agar dapat mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

2.2.6. Jenis dan Fungsi Beton Aspal

Jenis beton aspal dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk beton aspal, dan fungsi beton aspal. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, campuran beraspal (beton aspal) dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal campuran panas (*hot mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 25°C.

Sedangkan berdasarkan fungsinya beton aspal dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal untuk lapisan aus/ *wearing course* (WC), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang diisyaratkan.
2. Beton aspal untuk lapisan pondasi/ *binder course* (BC), adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus. tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu stabilisasi untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
3. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan seringkali tidak lagi berbentuk *crown*.

2.2.7. Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan

Tebal perkerasan suatu jalan pada umumnya dipengaruhi oleh berat kendaraan yang lewat, kekuatan komponen dibawahnya, umur rencana dan material yang digunakan. Dikarenakan jika tebal perkerasan tidak sesuai dengan berat kendaraan yang lewat, maka jalan akan mengalami kerusakan. Juga demikian dengan kekuatan komponen dibawahnya dan material yang digunakan mempunyai pengaruh untuk merencanakan tebal perkerasan.

Penentuan tebal perkerasan adalah sebagai berikut:

- a) Menentukan DDT, dengan melihat korelasi DDT dengan CBR pada nomogram
- b) Menentukan umur rencana

Umur rencana untuk jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*) berdasarkan Metode Analisa Komponen dari Bina Marga adalah 5 sampai 10 tahun.

- c) Menentukan jumlah jalur dan koefisien distribusi kendaraan (C) untuk kendaraan ringan dan berat.

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar. jika jalan tidak memiliki tanda batas jalur, maka jumlah jalur ditentukan dari lebar perkerasan menurut daftar sebagai berikut :

Tabel 2.9. Jumlah Jalur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Jalur
$L \leq 5,5$ m	1 Jalur
$5,5 \leq L \leq 8,25$	2 Jalur
$8,25 \leq L \leq 11,25$	3 Jalur
$11,25 \leq L \leq 15,00$	4 Jalur
$15,00 \leq L \leq 18,75$	5 Jalur
$18,75 \leq L \leq 22,50$	6 Jalur

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987

- d) Menentukan angka ekivalen dari suatu beban sumbu kendaraan
- e) Menentukan LHR rencana dan akhir umur rencana
- f) Menentukan Faktor Regional (FR)
- g) Menentukan LEP (Lintas Ekivalen Permulaan)
- h) Menentukan LEA (Lintas Ekivalen Akhir)
- i) Menentukan LET (Lintas Ekivalen Tengah)
- j) Menentukan LER (Lintas Ekivalen Rencana)
- k) Menentukan Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan (IP) adalah suatu angka yang digunakan untuk menyatakan kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan jalan bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut dibawah ini :

IP = 1.0 : Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas.

IP = 1.5 : Tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)

IP = 2.0 : Tingkat pelayanan rendah jalan yang masih mantap.

IP = 2.5 : Menyatakan Permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

l) Menentukan ITP dengan menggunakan nomogram

m) Menentukan koefisien kekuatan relatif

Koefisien kekuatan relative (a) masing – masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang distabilasi dengan semen atau kapur), atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah).

n) Menentukan tebal minimum perkerasan

2.2.8. Perencanaan Tebal Lapisan Ulang

Tujuan utama dari perencanaan tebal lapisan tambahan (overlay) adalah untuk meningkatkan atau untuk memperpanjang umur pelayanan jalan raya. Lapisan tambahan ini dilakukan pada jalan yang sudah tidak berfungsi sebagai mana mestinya atau kurang memenuhi syarat. Untuk perhitungan pelapisan tambahan (*overlay*), kondisi perkerasan jalan lama (*existing pavement*) dinilai sesuai daftar di bawah ini :

1. Lapis permukaan :

- Umumnya tidak retak, hanya sedikit deformasi pada jalur roda 90 – 100%
- Terlihat retak halus, sedikit deformasi pada jalur roda namun masih tetap stabil 70 – 90%
- Retak sedang, beberapa deformasi pada jalur roda, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan 50 – 70%
- Retak banyak, demikian juga deformasi pada jalur roda, menunjukkan ketidakstabilan 30 – 50%

2. Lapis pondasi :

a) Pondasi Aspal Beton atau Penetrasi Macadam

- Umumnya tidak retak 90 – 100%
- Terlihat retak halus, namun masih tetap stabil 70 – 100%
- Retak sedang, pada dasarnya masih menunjukkan kestabilan 50 – 70%
- Retak banyak, menunjukkan gejala ketidakstabilan 30 – 50%

b) Stabilisasi Tanah dengan Semen atau Kapur :

Indeks plastissitas (plasticity Indeks = PI) \leq 10 70 – 100%

c) Pondasi Macadam atau Batu Pecah :

Indeks plastissitas (plasticity Indeks = PI) \leq 6 80 – 100%

3. Lapis Pondasi bawah :

- Indeks plastissitas (plasticity Indeks = PI) \leq 6 90 – 100%.
- Indeks plastissitas (plasticity Indeks = PI) \leq 6 70 – 100%

Menurut Metode Analisis Komponen SKBI 2.3.26.1987 dan Metode Bina Marga 01/MN/B/B1983, untuk meningkatkan atau memperpanjang umur pelayanan jalan raya adalah sebagai berikut :

a. Faktor Umur Rencana

Faktor Umur Rencana dapat dihitung dengan menggunakan rumus

$$N = \frac{1}{2} \left(1 + (1+R)^2 + 2(1+R) \frac{(1+R)^n - 1}{R} \right) \quad (2.10)$$

di mana :

N = Faktor Umur Rencana

n = Umur rencana

R = Perkembangan lalu lintas (%)

b. Jumlah Lalu Lintas Secara Akumulatif Secara Umur Rencana

Untuk menentukan jumlah lalu lintas secara akumulatif selama umur rencana dengan menggunakan rumus:

$$AE \text{ 18 KSAL } 365 \sum_{\text{Traktor trailer}}^{\text{Mobil penumpang}} m \times UE \text{ 18 KSAL} \quad (2.11)$$

c. Perhitungan tebal overlay dengan metode lendutan balik

Rumus yang digunakan :

$$D = d_2(d_3 - d_1) \times f_t \times C \quad (2.12)$$

di mana :

d = lendutan balik (mm)

d1 = pembacaan awal (mm)

d2 = pembacaan antara

d3 = pembacaan akhir

f_t = faktor penyesuaian temperatur lapis permukaan

t1 : memakai grafik

$$t_1 = \frac{1}{3}(t_p + t_t - t_b) \quad (2.13)$$

di mana :

t_p = temperatur permukaan

t_t = temperatur tengah

t_b = temperatur bawah

d. Perhitungan faktor keseragaman lendutan balik

Dalam proses desainnya, metode ini memerlukan prediksi beban lalu lintas yang akan bekerja pada suatu ruas jalan sehingga diperlukan analisa beban lalu lintas sebelum melanjutkan perhitungan. Selain itu kendala pada metode ini adalah dalam menentukan nilai CBR yang mewakili dari suatu ruas jalan.

$$F_k = \frac{S}{d} \times 100\% \quad (2.14)$$

di mana :

F_k = nilai yang menyatakan prosentase besaran lendutan balik dalam satu segmen yang kurang seragam

S = standart deviasi

d = lendutan balik rata-rata

Kriteria :

Nilai F_k	Keadaan
<15%	Sangat seragam
15-20%	Seragam
20-25%	Baik
25-30%	Cukup
30-40%	Jelek
>40%	Tidak seragam

e. Menentukan lendutan yang mewakili (D)

- Untuk jalan arteri $D = d + 2 S$
- Untuk jalan kolektor $D = d + 1,64 S$

· Untuk jalan lokal $D = d + 1,28 S$

f. Umur rencana jalan

Umur rencana jalan adalah usia konstruksi jalan yang direncanakan mulai saat jalan di buka sampai dengan akhir umur rencana. Dari jumlah volume kendaraan yang lewat dapat didesain jalan rencana, dan dari data volume kendaraan tersebut kami dapat membuat umur rencana untuk dibuat desain jalan rencana.

$$\text{LHR akhir} = \text{LHR awal}(1 + i)^n \quad (2.15)$$

di mana :

i = pertumbuhan lalu lintas

n = umur rencana

g. Perhitungan Lapisan Tambahan (*Overlay*)

- Data lalu lintas, untuk menentukan jumlah lalu lintas rencana atas dasar jumlah jalur dan jenis kendaraan.
- Menentukan besarnya jumlah ekivalen harian rata-rata satuan beban as tunggal, dengan cara menjumlahkan hasil perkalian rata-rata tersebut, baik kosong maupun bermuatan dengan faktor ekivalen yang sesuai.

2.2.9. Rencana Anggaran Biaya Proyek

Salah satu tahap penting dalam rangka pelaksanaan suatu konstruksi adalah perhitungan atau perkiraan biaya yang diperlukan untuk pembangunannya. Besar biaya ini menjadi bahan pertimbangan bagi pemilik bangunan, guna memilih cara atau alternative pembangunan yang paling efisien. Selain unsur-unsur harga bahan, upah tenaga, peralatan dan metoda pelaksanaan yang akan menetapkan

besar biaya pembangunan, maka jangka waktu pelaksanaan juga akan sangat berpengaruh. Bahkan pada proyek-proyek besar ditentukan pula oleh kerjasama antara para pelaku (*teamwork*) yang terlibat dalam pembangunan, seperti pemilik bangunan (*owner*), perencana, pengawas, dan pelaksana atau kontraktor. Pengelolaan pelaksanaan sedemikian pada akhir-akhir ini berkembang merupakan obyek bahasa tersendiri dalam disiplin manajemen konstruksi (*construction management*).

1. Rencana Biaya Dalam Kegiatan Proyek

Dalam kegiatan proyek konstruksi dikenal beberapa tahap dan merupakan suatu urutan kegiatan-kegiatan yang berulang, yang biasa disebut siklus proyek. Dalam hal ini perhitungan rencana biaya pembangunan, yang lebih dikenal dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB), adalah termasuk bagian dalam kelompok kegiatan perencanaan. Seperti diketahui perencanaan memegang peranan penting dalam siklus proyek, karena keberhasilan proyek akan sangat ditentukan oleh kualitas dari perencanaan. Terjadinya perubahan-perubahan dalam pelaksanaan akibat perencanaan kurang mantap, selain menambah panjang waktu pelaksanaan juga menyebabkan pemborosan. Dalam perencanaan pula ditetapkan besar kecilnya tujuan dan sasaran dari proyek. RAB merupakan istilah dan singkatan yang populer dan sudah lama digunakan di Indonesia. Ada beberapa istilah yang dipakai untuk itu, antara lain : rencana biaya konstruksi, taksiran biaya, estimasi biaya, atau dalam bahasa asing *begrooting* (bahasa Belanda) dan *construction cost estimate* dalam bahasa Inggris.

Dalam kegiatan perencanaan ini tercakup pula penyiapan dokumen kelengkapan untuk pelelangan atau biasa disebut dokumen tender. Dokumen tersebut terdiri atas gambar-gambar desain, peraturan-peraturan dan persyaratan pelaksanaan pekerjaan, yang di Indonesia dikenal dengan RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat), dan semua tercakup sebagai suatu spesifikasi (*specification*), merupakan petunjuk dan syarat pelaksanaan (dahulu populer dengan sebutan *bestek en voorwarden* atau disingkat bestek). Selanjutnya dilaksanakan proses penetapan pelaksana pekerjaan, yang umumnya dilakukan melalui suatu pelelangan atau tender. Dengan pelelangan dapat memilih kontraktor-kontraktor yang baik dan bonafid serta biaya pembangunan yang terendah. Cara pelelangan umumnya dipandang sebagai yang paling tepat dan obyektif atau *fair* dalam menentukan kontraktor pelaksana. Walaupun dengan alasan-alasan tertentu tidak menutup kemungkinan pemberian pekerjaan secara langsung atau penunjukan, yakni yang dikenal juga sebagai penetapan/penunjukan di bawah tangan.

2. Lingkup dan Peranan Biaya Konstruksi

RAB merupakan perkiraan atau estimasi, ialah suatu rencana biaya sebelum bangunan/proyek dilaksanakan. Diperlukan baik oleh pemilik bangunan atau *owner* maupun kontraktor sebagai pelaksana pembangunan. RAB yang biasa juga disebut biaya konstruksi dipakai sebagai ancer-ancer dan pegangan sementara dalam pelaksanaan. Karena biaya konstruksi sebenarnya (*actual cost*) baru dapat disusun setelah selesai pelaksanaan proyek.

Estimasi biaya konstruksi dapat dibedakan atas estimasi kasaran (*approximate estimates* atau *preliminary estimates*) dan estimasi teliti atau estimasi

detail (*detailed estimates*). Estimasi kasaran biasanya diperlukan untuk pengusulan atau pengajuan anggaran kepada instansi atasan, misalnya pada pengusulan DIP (Daftar Isian Proyek) proyek-proyek pemerintah, dan juga digunakan dalam tahap studi kelayakan suatu proyek. Sedangkan estimasi detail adalah RAB lengkap yang dipakai dalam penilaian penawaran pada pelelangan, serta sebagai pedoman dalam pelaksanaan pembangunan.

Estimasi detail pada hakekatnya merupakan RAB lengkap yang terperinci termasuk biaya-biaya tak langsung atau *overhead*, keuntungan kontraktor dan pajak.

Biasanya biaya *overhead*, keuntungan dan pajak diperhitungkan berdasar persentase (%) terhadap biaya konstruksi (*bouwsom*).

Menurut Smith (1995) tingkatan RAB atau estimasi dalam pekerjaan teknik sipil, atau proyek pada umumnya, dapat dibagi atas tujuh tingkat atau tahap

- a. *Preliminary estimate*, merupakan hitungan kasaran sebagai awal estimasi atau estimasi kasaran;
- b. *Appraisal estimate*, dikenal sebagai estimasi kelayakan (*feasibility estimate*); diperlukan dalam rangka membandingkan beberapa estimasi alternatif dan suatu rencana (*scheme*) tertentu;
- c. *Proposal estimate*, adalah estimasi dari rencana terpilih (*selected scheme*); biasanya dibuat berdasar suatu konsep desain dan studi spesifikasi desain yang akan mengarah kepada estimasi biaya untuk pembuatan garis-garis besar desain (*outline design*);

- d. *Approved estimate*, modifikasi dan *proposal estimate* bagi kepentingan *client* atau pelanggan, dengan maksud menjadi dasar dalam pengendalian biaya proyek;
- e. *Pre-tender estimate*, merupakan penyempurnaan dan *approved estimate* berdasar desain pekerjaan definitif sesuai informasi yang tersedia dalam dokumen tender atau RKS, dipersiapkan untuk evaluasi penawaran pada lelang ;
- f. *Post-contract estimate*, adalah perkembangan lebih lanjut mencerminkan besar biaya setelah pelulusan dan tercantum dalam kontrak; memuat perincian uang dengan masing-masing pekerjaan (*bill of quantities*) serta pengeluaran lainnya;
- g. *Achieved cost*, merupakan besar biaya sesungguhnya atau *real cost*, disusun setelah proyek selesai digunakan sebagai data atau masukan untuk proyek mendatang.

3. Dasar dan Peraturan

Besar biaya proyek dapat diperkirakan atau diperhitungkan melalui beberapa cara atau metode. Menurut Iman Soeharto (1995) metode estimasi biaya yang sering dipakai pada proyek adalah :

- 1) Metode parametrik, dengan pendekatan matematik mencoba mencari hubungan antara biaya atau jam orang dengan karakteristik fisik tertentu (volume, luas, berat, panjang, dsb);
- 2) Metode indeks, menggunakan daftar indeks dan informasi harga proyek terdahulu; indeks harga adalah angka perbandingan antara harga pada tahun tertentu terhadap harga pada tahun yang digunakan sebagai dasar;
- 3) Metode analisis unsur-unsur, lingkup pekerjaan diuraikan menjadi unsur-unsur menu-rut fungsinya; membandingkan berbagai material bangunan untuk

memperoleh kualitas perkiraan biaya dan tiap unsur, kemudian dapat dipilih estimasi biaya paling efektif;

- 4) Metode faktor, memakai asumsi terdapat korelasi atau faktor antara peralatan dengan komponen-komponen terkait; biaya komponen dihitung dengan cara menggunakan faktor perkalian terhadap peralatan;
- 5) Metode *quantity take-off*, disini estimasi biaya dilakukan dengan mengukur/menghikuantitas komponen-komponen proyek (dari gambar dan spesifikasi), kemudian memben beban jam-orang serta beban biayanya;
- 6) Metode harga satuan (*unit price*), dilakukan jika kuantitas komponen-komponen proyek belum dapat diperoleh secara pasti atau gambar detail belum siap; biaya dihitung berdasar harga satuan setiap jenis komponen (misalnya setiap m^3 , m^2 , m, helai, butir, dan lain-lain).

Dalam perhitungan RAB pekerjaan sipil selama ini di Indonesia masih banyak menggunakan analisis pekerjaan, mengikuti cara lama sejak masa kolonial, yakni Analisis BOW (*Burgelijke van Openbare Werken*) yang berlaku mulai tahun 1921. Merupakan cara perhitungan tergolong metode *quantity take-off* yang berlaku bagi lingkungan instansi pekerjaan umum pada masa itu. Pemberlakuan analisis tersebut dewasa ini dilaksanakan dengan beberapa penyesuaian dan tambahan sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan. Prinsip perhitungan mendasarkan pada nilai harga satuan pekerjaan, yakni biaya atau ongkos (mencakup upah dan material) yang dikeluarkan guna menyelesaikan satu unit jenis pekerjaan tertentu (misalnya per m^3 , m^2 atau m^1). Dimana rencana

biaya adalah total hasil kali tiap harga satuan dengan jumlah volume tiap jenis pekerjaan yang ada.

Ketentuan-ketentuan dan peraturan tentang pelelangan, syarat pelaksanaan dan hubungan kerja antara pemilik bangunan dan kontraktor pelaksana di Indonesia juga masih banyak berpedoman pada peraturan atau standar lama yang populer dan dikenal sebagai AV-1941, singkatan dari *Algemene Voorwarden voor de uitvoering van Openbare Werken*) yang diterbitkan tahun 1941. Berbagai penyesuaian, perubahan dan tambahan, termasuk akhir-akhir ini dengan adanya SII (Standar Industri Indonesia) dan SNI (Standarisasi Nasional Indonesia) yang menerbitkan SNI 19.9000-1992 berdasar ISO 9000, serta berbagai standar lainnya (PBI-1971, PKKI-1961, PUBBI-1982, dsb) sampai Undang-undang No. 18 tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi. Seperti diketahui dewasa ini Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil) telah mengupayakan standarisasi tentang Metode, Spesifikasi, Pedoman dan Manual (NSPM) berbagai jenis pekerjaan sipil sebagai produk SNI.

4. Langkah-langkah Persiapan

Sebagai langkah awal dalam perhitungan RAB perlu dilalukan upaya persiapan (Peurifoy dan Oberlender, 1989) agar diperoleh angka yang tepat atau akurat. Adapun kegiatan pada langkah persiapan itu mencakup hal-hal berikut.

- a. Peninjauan ruang lingkup proyek: pertimbangkan pengaruh lingkungan lokasi dari segi keamanan, tenaga kerja, lalu-lintas dan jalan masuk, ruang untuk gudang, dan sebagainya terhadap biaya;

- b. Penentuan kuantitas atau volume pekerjaan dan konstruksi bangunan/proyek;
- c. Harga material yang akan digunakan;
- d. Harga tenaga (pekerja dan tukang)
- e. Harga peralatan kerja (beli atau sewa)
- f. Daftar harga (penawaran) dan leveransir atau *suppliers*;
- g. Daftar harga satuan pekerjaan dari penawaran pars kontraktor di daerah itu;
- h. Perkiraan besar pajak, jaminan, asuransi, *overhead*, dan keuntungan;
- i. Biaya tak terduga dan pembulatan.

Pada hakekatnya penguasaan seluk-beluk proyek dan lingkungannya secara komprehensif akan sangat mendukung perhitungan RAB yang tepat dan realistic. Perlu dipahami pula bahwa setiap proyek mempunyai hal-hal yang spesifik dan tidak mungkin sama dengan proyek lain walaupun dan proyek yang sejenis.

Peranan pengamatan atau survai lapangan sangat penting sebagai pelengkap perhitungan biaya berdasar gambar desain agar diperoleh rencana biaya yang akurat. Petunjuk pengamatan lapangan (*area investigation guidelines*) menurut Barrie dan Paulson (1992) akan mencakup :

- a. *Site Description* (data lapangan), seperti : tanaman/tumbuhan, permukaan tanah, drainase, kedalaman *top soil* atau lapisan humus, bangunan dan sarana lain yang ada, dsb;
- b. *Utility Serving Site* (fasilitas tersedia lapangan), seperti: listrik, gas, air, jalan raya, jalan kabupaten/kampung, dsb;
- c. *Building Department* (data gedung), seperti: hubungan, telepon, lisensi, jasa-jasa
- d. *Labor Unions* (serikat sekerja), mencakup: keanggotaan, ketenagakerjaan dan

- peraturan terkait, aturan pengupahan, dsb;
- e. *Recommended Contractors* (kontraktor ter-rekomendasi), merupakan daftar kontraktor umum, khusus, supplier/leveransir, guna pertimbangan lebih lanjut;
 - f. *Materials and Methods* (material dan metode), daftar harga material lokal/setempat, seperti: batu bata, pasir, beton cetak, kayu, bambu, dsb;
 - g. *Equipment Rental* (persewaan alat), berupa daftar harga sewa peralatan kerja setempat;
 - h. *Climatological Data* (data klimatologi), terdiri atas: temperatur maksimum/minimum, curah hujan, bulan-bulan hujan, dsb;
 - i. *Other Projects* (proyek lain), kunjungan pada proyek berdekatan untuk mendapat: produktivitas kerja, metode pelaksanaan, subkontraktor, material setempat, keamanan dsb;
 - j. *General Appraisal* (taksiran umum), memuat kesimpulan kunjungan lapangan serta rekomendasi.

5. Dasar Perhitungan

Perhitungan RAB pada prinsipnya diperoleh sebagai jumlah seluruh basil kali volume tiap jenis pekerjaan yang ada dengan harga satuan masing-masing. Volume pekerjaan dapat diperoleh dan membaca dan menghitung atas gambar desain (lebih dikenal sebagai gambar *bestek*). Telah disinggung di muka bahwa unsur biaya konstruksi mencakup harga-harga bahan, upah tenaga, dan peralatan yang digunakan. Dan semua unsur biaya ditentukan harga satuan tiap jenis pekerjaan, dan untuk ini dapat digunakan analisis BOW yang sudah dikenal sejak masa penjajahan Belanda (ketetapan Direktorat BOW tanggal 28 Pebruari

1921 Nomor 5372 A). Secara umum prosedur perhitungan RAB disusun atas dasar lima unsur harga berikut:

a. Bahan-bahan atau material bangunan:

Dihitung kuantitas (volume, ukuran, berat, tipe, dsb) masing-masing jenis bahan yang digunakan. Juga harga tiap jenis bahan itu sampai di lokasi pekerjaan (termasuk ongkos angkutan), bahkan kadang-kadang mencakup biaya pemeriksaan kualitas dan pengadaan gudang/tempat penyimpanan.

b. Upah tenaga kerja:

Dihitung jam kerja yang dibutuhkan dan jumlah biaya/upah. Biasanya digunakan berdasar harian atau per hari sebagai unit waktu, serta volume pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam unit waktu tersebut. Sebagai unit waktu dapat pula atas dasar tiap jam. Perlu diketahui bahwa kemampuan tiap tenaga kerja tidak sama tergantung ketrampilan dan pengalaman, demikian juga besar upahnya.

c. Peralatan

Dihitung banyak dan jenis tiap peralatan yang diperlukan serta harga/biaya (beli atau sewa). Biaya peralatan termasuk ongkos angkut/mobilisasi, upah operator mesin, biaya bahan bakar dan sebagainya. Kemampuan peralatan per satuan waktu perlu diketahui.

d. *Overhead*

Biasa dikategorikan sebagai biaya tak terduga atau biaya tak langsung, dan dibagi menjadi dua golongan, yakni pertama yang bersifat umum, serta kedua yang berkaitan dengan pekerjaan di lapangan. *Overhead* umum misalnya sewa

kantor, peralatan kantor, listrik, telepon, perjalanan, asuransi/jamsostek, termasuk gaji/upah karyawan kantor yang terlibat kegiatan proyek. Sedangkan *overhead* lapangan merupakan biaya yang tak dapat dibebankan pada harga bahan-bahan, upah pekerja dan peralatan, seperti telepon di proyek, pengamanan, biaya perizinan, dan sebagainya. Biaya *overhead* keseluruhan ditetapkan berdasar pengalaman, biasanya sekitar 12 sampai 30% dari jumlah harga bahan, upah dan peralatan.

e. Keuntungan dan pajak

Besar keuntungan tergantung pada besar-kecilnya proyek dan besarnya risiko serta tingkat kesulitan pekerjaan. Biasanya keuntungan berkisar antara 8 sampai 15% dari biaya konstruksi (*bouwsom*). Sedangkan pajak besarnya tergantung pada peraturan pemerintah yang berlaku, biasanya antara 10 sampai 18%.

Selain kemampuan membaca dan menafsirkan gambar-gambar desain, maka seorang penyusun RAB atau *estimator* harus menguasai lapangan dan metode pelaksanaan pekerjaan. Tanpa bekal kemampuan tersebut tidak mungkin diperoleh hasil RAB yang teliti dan ekonomis seperti diharapkan.

6. Perhitungan Volume

Penetapan besar kuantitas atau volume tiap jenis pekerjaan dari konstruksi bangunan merupakan kunci ketelitian dan ketepatan sebuah RAB. Yang dimaksud jenis pekerjaan adalah semua kategori pekerjaan (dari huruf A sampai W) yang terdapat dalam analisis BOW, misalnya pekerjaan tanah (galian dan timbunan), lempengan dan pagar, jalan, pekerjaan bambu (termasuk konstruksi Bari bahan-bahan dalam negeri), pancang dan tiang bersekrup, pekerjaan kayu,

pekerjaan menembok dan konstruksi batu, penutup atap, dan sebagainya.

Perhitungan volume dilakukan atas dasar gambar detail dari *bestek* yang tersedia, termasuk perubahan dan tambahan yang diberikan pada saat pemberian penjelasan atau *aanwijzing* sebelum pelelangan.

2.3. Analisis Ekonomi Teknik

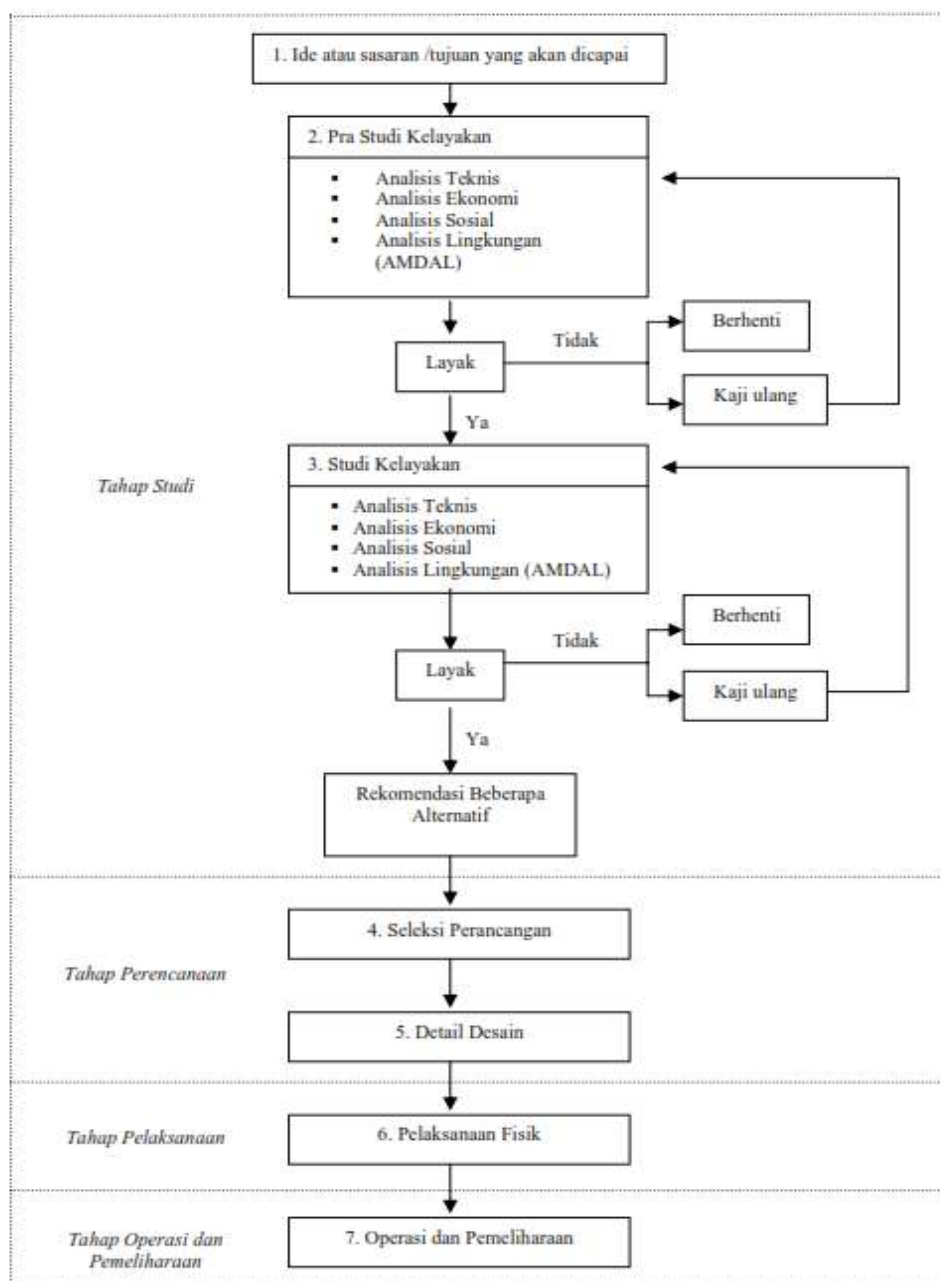
2.3.1. Tinjauan Umum

Banyak orang teknik (engineer) berpikir bahwa urusan keuangan khususnya dalam pekerjaan teknik akan diurus oleh orang lain yang berkompeten, dan bukan merupakan hal yang perlu dipikirkan. Tetapi di dalam kenyataannya, setiap proyek keteknikan (engineering project) tidak hanya harus mampu diwujudkan (realizable) secara teknis, melainkan juga harus layak (feasible) secara ekonomis, artinya bahwa proses perancangan dari proyek keteknikan sangat tergantung pada faktor-faktor ekonomi. Jadi ekonomi teknik sudah merupakan suatu bagian yang tak terpisahkan dari proses itu, tanpa memandang apa disiplin keteknikannya (DeGarmo dkk,1997).

2.3.2. Pengertian Ekonomi Teknik

Proyek pembangunan merupakan rangkaian suatu kegiatan yang saling berhubungan. Pada dasarnya proyek pembangunan merupakan suatu kegiatan yang didasarkan pada analisis dari berbagai aspek untuk mencapai sasaran dan tujuan tertentu dengan hasil seoptimal mungkin. Aspek-aspek yang mendukung keberhasilan suatu proyek dapat dibagi menjadi empat tahapan, yaitu (Kodoatie,2001): Tahapan studi Tahapan perencanaan Tahapan pelaksanaan Tahapan operasi dan pemeliharaan Empat tahapan tersebut meliputi berbagai

macam aktivitas, yang secara garis besar dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 2.2. Tahapan studi, Tahapan perencanaan, Tahapan pelaksanaan, Tahapan operasi dan pemeliharaan
Sumber : (Kodoatie,2001)

Dengan melaksanakan tahapan-tahapan analisis di atas, maka diharapkan pembangunan suatu proyek dapat berjalan secara baik dan dapat menghasilkan manfaat yang optimal. Tahapan yang cukup penting dalam pelaksanaan proyek pembangunan adalah tahap studi kelayakan. Pada tahapan ini seorang engineer akan melakukan analisis kelayakan yang terdiri dari :

- a) Analisis Teknis
- b) Analisis Ekonomi
- c) Analisis Sosial
- d) Analisis Lingkungan (AMDAL)

Masing-masing analisis tersebut akan memberikan penilaian yang nantinya dapat memberikan solusi apakah proyek tersebut layak atau tidak layak untuk dilaksanakan. Keempat analisis ini merupakan standar yang harus dilaksanakan terhadap kajian kelayakan suatu proyek. Analisis ekonomi teknik sendiri memiliki peranan yang besar dalam perencanaan suatu proyek pembangunan. Analisis ekonomi proyek merupakan suatu kajian secara ekonomi apakah suatu ide, sasaran, atau rencana suatu proyek akan dapat diwujudkan dengan porsi yang layak secara ekonomi (Kodoatie,2001). Ekonomi teknik (Engineering economy) adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan aspek-aspek ekonomi dalam teknik, yang terdiri dari evaluasi sistematis dari biaya-biaya dan manfaat-manfaat usulan proyek-proyek teknik. Prinsip-prinsip dan metodologi ekonomi teknik merupakan bagian integral dari manajemen sehari-hari dan operasi perusahaan-perusahaan swasta dan koperasi, pengaturan utilitas publik yang diregulasi, badan-badan atau agen-agen pemerintah, dan organisasi-organisasi nirlaba. Prinsip-prinsip ini

dimanfaatkan untuk menganalisis penggunaan-penggunaan alternatif terhadap sumber daya uang, khususnya yang berhubungan dengan aset-aset fisik dan operasi suatu organisasi. Bidang studi ekonomi teknik berurusan dengan evaluasi sistematis terhadap manfaat dan biaya proyek-proyek yang melibatkan analisis keteknikan (DeGarmo dkk,1997). Dengan demikian, ekonomi teknik merupakan sisi yang berhubungan dengan uang dari keputusan yang dibuat para insinyur sewaktu mereka bekerja memposisikan sebuah perusahaan agar mampu laba dalam pasar yang sangat kompetitif. Jadi ekonomi teknik melibatkan analisis-analisis teknik, yang menitikberatkan pada aspek-aspek ekonomi dan bertujuan membantu membuat keputusan. Hal ini memang berlaku baik pada pengambilan keputusan oleh seorang insinyur yang berinteraksi dalam menganalisis alternatif-alternatif pada pekerjaan proyek baru (DeGarmo dkk,1997).

2.3.3. Istilah Dasar Ekonomi Teknik

Di dalam ekonomi teknik, kita mengenal beberapa istilah penting yang sering dipakai dalam tahapan analisis kelayakan. Beberapa istilah penting yang akan dipakai adalah berdasarkan prinsip "*discrete compounding*" yang dapat dijelaskan sebagai berikut (Kodoatie,2001) :

i = *Compound interest* (bunga) = besarnya suku bunga tahunan (%)

P = *Present Value* (nilai sekarang) = sejumlah uang pada saat ini

F = *Future Value* (nilai yang akan datang) = sejumlah uang pada saat yang akan datang

$A = \text{Annual Payment} =$ pembayaran tahunan = sejumlah uang yang dibayar setiap tahun

$n =$ Jumlah tahun

$G = \text{Gradient Series} =$ annual yang tidak konstan, membentuk suatu kenaikan atau penurunan yang teratur

$SFF = \text{Sinking Fund Factor} =$ penanaman sejumlah uang

$CRF = \text{Capital Recovery Factor} =$ pemasukan kembali modal

Pada umumnya seluruh persoalan dan periode waktunya dikonversikan berdasarkan tahunan (annual basis), sehingga istilah A , i , dan n juga berdasarkan periode tahunan. Dari penjelasan istilah-istilah tersebut, terdapat rumus-rumus penting yang merupakan dasar analisis ekonomi teknik proyek yang berdasarkan bunga berganda (interest compound) dan metode penggandaan yang berperiode (discrete compounding), yaitu :

1. *Future Value* (harga yang akan datang)

$$F = P(1+i)^n \dots\dots\dots (2.1)$$

2. *Present Value* (harga sekarang)

$$P = -\frac{F}{(1+i)^n} \dots\dots\dots (2.2)$$

3. *Sinking Fund* (penanaman sejumlah uang)

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

4. *Capital Recovery* (pemasukan kembali modal)

$$A = \frac{Pi(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \dots\dots\dots (2.4)$$

5. *Future Value dari Annual*

$$F = \frac{A[(1+i)^n - 1]}{i} \dots\dots\dots (2.5)$$

6. *Present Value dari Annual*

$$P = \frac{A[(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n} \dots\dots\dots (2.6)$$

7. *Uniform dari Gradient Series*

$$A = G \left[\frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n - 1} \right] \dots\dots\dots (2.7)$$