

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini dilakukan dengan merujuk pada penelitian yang sebelumnya, sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh **Adhita Maharani dan Sapto Budi Wasono (2018)**, dengan judul “Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur”. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui jenis tebal perkerasan mana yang lebih efektif dan efisien bila dilihat dari beban operasional lalu lintas yang terjadi pada jalan raya pantai Perigi – Popoh kab. Tulungagung dengan menggunakan metode Bina Marga. Didapatkan hasil bahwa dilihat dari ekonomi perencanaan perkerasan lentur lebih murah tetapi pekerjaan lentur memerlukan biaya tambahan untuk masa pemeliharaan setelah selesai jalan dibuat (biasanya secara berkala), maka dipilih perkerasan kaku karena tidak diperlukan perawatan khusus untuk jangka panjang.
2. Penelitian yang dilakukan oleh **Dedi Suryaman (2016)**, dengan judul “Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Menurut Metode AASHTO Pada Jalan Teuku Iskandar Daod Area Kampus Utu Kabupaten Aceh Barat”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tebal perkerasan kaku (Rigid Pavement) dan perkerasan lentur (flexible pavement) dengan metode AASTHO-86 pada jalan T. Iskandar Daod. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ketebalan perkerasan kaku dengan metode AASHTO adalah, lebar pelat 3,5 m, panjang pelat 5,0 m, dan ruji digunakan dengan diameter 28 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm. Sedangkan perkerasan lentur dengan metode AASHTO 1986 adalah secara keseluruhan adalah 48 cm yang terdiri dari lapis permukaan (surface course) 8 cm, lapis pondasi atas (base course) 20 cm, dan lapis pondasi bawah (sub base course) 20 cm. Perkerasan kaku lebih baik digunakan karena lebih tipis dan lebih sedikit menggunakan material. Penelitian yang dilakukan oleh **Dedi Suryaman (2016)**, dengan judul “Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Menurut Metode AASHTO Pada Jalan Teuku Iskandar Daod Area Kampus

Utu Kabupaten Aceh Barat”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tebal perkerasan kaku (Rigid Pavement) dan perkerasan lentur (flexible pavement) dengan metode AASTHO-86 pada jalan T. Iskandar Daod. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ketebalan perkerasan kaku dengan metode AASHTO adalah, lebar pelat 3,5 m, panjang pelat 5,0 m, dan ruji digunakan dengan diameter 28 mm, panjang 45 cm, jarak 30 cm. Sedangkan perkerasan lentur dengan metode AASHTO 1986 adalah secara keseluruhan adalah 48 cm yang terdiri dari lapis permukaan (surface course) 8 cm, lapis pondasi atas (base course) 20 cm, dan lapis pondasi bawah (sub base course) 20 cm. Perkerasan kaku lebih baik digunakan karena lebih tipis dan lebih sedikit menggunakan material.

3. Penelitian yang dilakukan oleh **Lutfi Ana Sahrianto (2016)**, dengan judul “Analisa Perbandingan Konstruksi Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau Dari Metode Pelaksanaan Dan Biaya Studi Kasus: Pekerjaan Peningkatan Struktur Jalan Mantingan-Ngawi”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk Membandingkan ke dua paket pekerjaan tersebut dari segi biaya dan metode pelaksanaannya. Dengan analisis komponen Metode Bina Marga dan AASHTO (1993) didapatkan paket pekerjaan jalan perkerasan lentur menggunakan konstruksi saluran drainase cor ditempat menghabiskan biaya sebesar Rp.11.970.576.399,00, sedangkan untuk paket pekerjaan perkerasan kaku menggunakan saluran drainase precast menghabiskan biaya sebesar Rp.16.684.481.501.00, sudah termasuk PPN 10%.
4. Penelitian **Milind V. Mohod dan K.N.Kadam (2016)**, dengan judul “A Comparative Study on Rigid and Flexible Pavement: A Review”. Trotoar adalah fitur penting dari sistem komunikasi perkotaan dan menyediakan sarana transportasi yang efisien. Perkerasan yang fleksibel lebih disukai daripada jalan beton semen karena kelebihanannya seperti dapat diperkuat dan ditingkatkan secara bertahap seiring dengan pertumbuhan lalu lintas. Perkerasan fleksibel lebih murah dalam hal biaya awal dan perawatan. Trotoar beton sekarang menjadi lebih populer di **India** karena kenaikan tajam biaya aspal. Tujuan penelitian adalah untuk menyajikan tinjauan komparatif tentang kesesuaian perkerasan tergantung pada berbagai parameter seperti material, pemuatan, umur yang lebih panjang, efektivitas biaya. Hasilnya

adalah keuntungan terbesar menggunakan perkerasan kaku adalah ketahanan dan kemampuannya untuk mempertahankan bentuk terhadap lalu lintas dan kondisi lingkungan yang sulit. Perkerasan beton lebih murah tetapi memiliki perawatan yang lebih sedikit dan umur desain yang baik.

5. Penelitian **Yonas Ketema, Emer T. Quezon dan Getachew Kebede (2016)**, dengan judul “*Cost and Benefit Analysis of Rigid and Flexible Pavement: A Case Study at Chancho – Derba-Becho Road Project*”. Tujuan penelitian adalah menentukan dan membandingkan biaya siklus hidup perkerasan yang kaku dan fleksibel dan untuk menyelidiki semua kelebihan kualitatif lainnya dari perkerasan yang kaku dan fleksibel di proyek **ruas jalan Chancho – Derba-Becho Ethiopia**. Dengan menggunakan metode biaya dan manfaat didapatkan hasil bahwa biaya awal perkerasan kaku hampir dua kali lipat dari perkerasan lentur, namun dalam jangka panjang, biaya perkerasan lentur per kilometer diketahui memiliki 7,9 juta ETB lebih banyak dari pada perkerasan yang kaku karena biaya perawatan yang timbul melalui disain hidupnya.
6. Penelitian yang dilakukan oleh **Adi Rahman Hidayat (2015)**, dengan judul “Evaluasi Perbandingan Biaya dan Metode Pelaksanaan Kontruksi Pada Pekerjaan Peningkatan Jalan Perkerasan Kaku Dengan Perkerasan Lentur”. Tujuan penelitian adalah 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. Dengan menggunakan metode perkerasan kaku yang akan diganti dengan perkerasan lentur, didapatkan hasil bahwa biaya 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%. Perkerasan kaku tanpa memerlukan pemadatan sedangkan perkerasan lentur membutuhkan proses pemadatan dengan 3 tahap
7. Penelitian yang dilakukan oleh **Akhmad Fadil Duani, Sutarto Yosomulyono dan Heri Azwansyah (2015)**, dengan judul “Perbandingan Biaya Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku Pada Jalan Karya Bakti di Kecamatan Meliau Kabupaten Sanggau”. Tujuan penelitian adalah membandingkan struktur perkerasan lentur dan kaku dari struktur konstruksi dan peralatan yang digunakan dan membandingkan antara perkerasan lentur dan kaku dalam hal biaya yang digunakan dan untuk jangka waktu yang panjang 20 tahun. Dengan metode perkerasan lentur Bina Marga 2002 dan

perkerasan kaku Bina Marga 2003 didapatkan hasil bahwa perkerasan kaku merupakan perkerasan yang memiliki umur rencana yang lebih panjang bila dibandingkan dengan perkerasan lentur. Untuk jangka waktu yang lama perkerasan kaku lebih murah jika dibandingkan dengan perkerasan lentur.

8. Penelitian yang dilakukan oleh **Lia Laila Nurjamilah dan Nanang Wardi (2015)**, dengan judul “Studi Kelayakan Jalan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur”. Tujuan penelitian adalah penentuan proyek jalan berdasarkan skala kebutuhan dan kemendesakan (need and urgency) sebagaimana tercantum dalam Daftar Usulan Rencana Proyek (DURP). Hasilnya adalah analisis konstruksi beton lebih layak diterapkan untuk konstruksi jalan K.H Abdul Halim Majalengka (Bunderan Munjul). Dari 8 faktor penilai, konstruksi beton unggul pada 4 faktor yaitu daya tahan terhadap cuaca, daya tahan terhadap pergerakan tanah, daya tahan terhadap lalu lintas dan jangka waktu perawatan dengan tingkat keunggulan rata-rata 6 kali dibanding konstruksi aspal. Dari analisis perbandingan yang melibatkan seluruh faktor yang ditinjau diketahui bahwa jalan beton rata-rata lebih unggul dibanding dengan jalan aspal. Hal ini ditunjukkan dari hasil pembobotan untuk konstruksi beton mencapai 2,62 sementara bobot untuk konstruksi aspal hanya sebesar 2,19.
9. Penelitian yang dilakukan oleh **Dina Rachmayati (2014)**, dengan judul “Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur”. Tujuan penelitian adalah mengkaji biaya siklus hidup perkerasan jalan Pakkae – Batas Kota Pangkep yang dibangun dengan menggunakan perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Dengan menggunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku metode Bina Marga didapatkan bahwa meskipun perkerasan kaku mempunyai jumlah penanganan yang lebih sedikit dibanding perkerasan lentur dengan umur rencana yang sama, namun perkerasan kaku tetap lebih mahal dari sisi biaya karena biaya pembangunan serta penanganan perkerasan kaku lebih mahal dibanding perkerasan lentur.
10. Penelitian yang dilakukan oleh **Hevie Tri Hary Astuti, I G. A. Adnyana Putera dan I G. Putu Suparsa (2014)** dengan judul “Kajian Ekonomi Konstruksi Perkerasan Lentur dan Konstruksi Perkerasan Kaku (Studi Kasus Jalan Raya PKT.EBL-02 Tohpati - Kusamba)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan kajian ekonomi perkerasan lentur dan perkerasan

kaku berdasarkan data primer dan data sekunder yang didapat dari instansi pemerintah, analisis pada studi ini menggunakan metode biaya dan manfaat. Untuk Perkerasan Lentur; dengan mengasumsikan faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 3,66 %, inflasi sebesar 5,68 % serta suku bunga bank sebesar 15%/tahun, 25%/tahun dan 30%/tahun; dan nilai IRI yang fluktuatif. Adapun hasil yang didapat untuk suku bunga 15% per tahun adalah NPV = Rp. 98.517.603.656,-, BCR = 1,42; untuk suku bunga 25% per tahun adalah NPV = - Rp.65.520.977.844,-, BCR = 0,96; untuk suku bunga 30% per tahun adalah NPV = - Rp.69.846.272.752,-, BCR = 0,51, sedang IRR = 24,38%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Perkerasan Lentur pada Jalan Raya PKT.EBL-02 Tohpati – Kusamba tersebut layak secara ekonomi pada suku bunga 15 % per tahun dengan nilai IRR tersebut diatas. Untuk Perkerasan Kaku; dengan mengasumsikan faktor pertumbuhan lalu lintas sebesar 3,66 %, inflasi sebesar 5,68 % serta suku bunga bank sebesar 15%/tahun, 25%/tahun dan 30%/tahun; dan nilai IRI yang stabil. Adapun hasil yang didapat untuk suku bunga 15% per tahun adalah NPV = Rp. 159.515.604.651,-, BCR = 2,20; untuk suku bunga 25% per tahun adalah NPV = Rp. 2.068.846.698,-, BCR = 1,01; untuk suku bunga 30% per tahun adalah NPV = - Rp.65.250.533.141,-, BCR = 0,51, sedang IRR = 25,15%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Perkerasan Kaku pada Jalan Raya PKT.EBL-02 Tohpati – Kusamba tersebut layak secara ekonomi pada suku bunga 15% per tahun dan 25% per tahun dengan nilai IRR tersebut diatas. Dengan hasil kesimpulan yang tersebut di atas dimana nilai IRR perkerasan kaku lebih besar daripada perkerasan lentur, maka hasil analisis kajian ekonomi ini adalah bahwa perkerasan kaku lebih menguntungkan daripada perkerasan lentur.

Tabel 2.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
1.	Sahraanto, Lutfi Ana (2016)	Analisa Perbandingan Konstruksi Jalan Perkerasan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Ditinjau Dari Metode Pelaksanaan Dan Biaya Studi Kasus: Pekerjaan Peningkatan Struktur Jalan Mantingan-Nigawi	Membandingkan ke dua paket pekerjaan tersebut dari segi biaya dan metode pelaksanaannya	Metode : analisis komponen dari Metode Bina Marga dan AASHTO (1993)  Hasil : untuk paket pekerjaan jalan perkerasan lentur menggunakan konstruksi saluran drainase cor ditempat menghabiskan biaya sebesar Rp.11.970.576.399,00, sedangkan untuk paket pekerjaan perkerasan kaku menggunakan saluran drainase precast menghabiskan biaya sebesar Rp.16.684.481.501,00, sudah termasuk PPN 10%..	Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Perkerasan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)	Publikasi Ilmiah, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016
2.	Hidayat, Adi Rahman (2015)	Evaluasi Perbandingan Biaya dan Metode Pelaksanaan Konstruksi 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 : penggunaan jalan perkerasan kaku yang akan diganti dengan perkerasan lentur  Hasil : biaya 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%. Perkerasan kaku tanpa memerlukan pemadatan sedangkan perkerasan lentur membutuhkan proses pemadatan dengan 3 tahap.	membandingkan ke dua konstruksi perkerasan dari aspek biaya, dan metode pelaksanaan.	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)	Publikasi Ilmiah, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2015

Tabel 2.1.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
3.	Duani, Ahmad Fadhil, Sutarto Yosomulyono, Heri Arwansyah (2015)	Perbandingan Biaya Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku Pada Jalan Karya Bakti di Kecamatan Meliau Kabupaten Sanggau	membandingkan struktur perkerasan lentur dan kaku dari struktur konstruksi dan peralatan yang digunakan dan membandingkan antara perkerasan lentur dan kaku dalam hal biaya yang digunakan dan untuk jangka waktu yang panjang 20 tahun	Metode : perkerasan lentur Bina Marga 2002 dan perkerasan kaku Bina Marga 2003 Hasil : Perkerasan kaku merupakan perkerasan yang memiliki umur rencana yang lebih panjang bila dibandingkan dengan perkerasan lentur Untuk jangka waktu yang lama perkerasan kaku lebih murah jika dibandingkan dengan perkerasan lentur	Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)	Teknik Sipil FT. UNTAN, 2015
4.	Rachmayati, Dina (2014)	Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur (Life Cycle Cost Comparison Study For Rigid And Flexible Pavement)	mengkaji biaya siklus hidup perkerasan jalan Pakkai - Batas Kota Pangkep yang dibangun dengan menggunakan perkerasan kaku dan perkerasan lentur	Metode : Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku metode Bina Marga Hasil : meskipun perkerasan kaku mempunyai jumlah penangunan yang lebih sedikit dibanding perkerasan lentur dengan umur rencana yang sama, namun perkerasan kaku tetap lebih mahal dari sisi biaya karena biaya pembangunan serta penangunan perkerasan kaku lebih mahal dibanding perkerasan lentur	Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton Dan Jalan Aspal Dengan Metode Bina Marga	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)	Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VI Makassar

Tabel 2.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
5.	Astuti, Hevie Tri Hary, I G. A. Adnyana Putra dan I G. Putu Suparsa (2014)	Kajian Ekonomi Konstruksi Perkerasan Lentur dan Konstruksi Perkerasan Kaku (Studi Kasus Jalan Raya PKT EBL-02 Tolpatri - Kusamba)	melakukan kajian ekonomi perkerasan lentur dan perkerasan kaku berdasarkan data primer dan data sekunder yang didapat dari instansi pemerintah	Metode : metode biaya dan manfaat Hasil : Perkerasan Kaku pada Jalan Raya PKT EBL-02 Tolpatri - Kusamba tersebut layak secara ekonomi pada suku bunga 15% per tahun dan 25% per tahun, maka perkerasan kaku lebih menguntungkan daripada perkerasan lentur.	melakukan kajian ekonomi perkerasan lentur dan perkerasan kaku	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)	Jurnal Spektran Vol. 2, No. 1, Januari 2014
6.	Nurjamilah, Lia Lailla dan Nanang Wardi (2015)	Studi Kelayakan Jalan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	penentuan proyek jalan berdasarkan skala kebutuhan dan kemandesakan (need and urgency) sebagaimana tercantum dalam Daftar Usulan Rencana Proyek (DURP).	Metode : metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Hasil : Dari 8 faktor penilai, konstruksi beton unggul pada 4 faktor yaitu daya tahan terhadap cuaca, daya tahan terhadap pergerakan tanah, daya tahan terhadap lalu lintas dan jangka waktu perawatan dengan tingkat keunggulan rata-rata 6 kali dibanding konstruksi aspal.	Studi Kelayakan Jalan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)	Jurnal J-Ensitec. Vol 02/No. 01, November 2015
7.	Maharani, Adhita dan Sapto Budi Wasono (2018)	Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur	mengetahui jenis tebal perkerasan mana yang lebih efektif dan efisien bila dilihat dari beban operasional lalu lintas yang terjadi pada jalan raya pantaui Perigi - Popoh kab. Tulungagung	Metode : dengan menggunakan metode Bina Marga. Hasil : dilihat dari ekonomi perencanaan perkerasan lentur lebih murah tetapi pekerjaan	Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur	Analisis Komparasi Pembangunan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR	Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil ISSN 2615-7195 (E) Vol. 01, Nomor 02, September 2018



Tabel 2.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan (Future Value)	Sumber
8.	Suryaman, Dedi (2016)	Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Menurut Metode AASHTO Pada Jalan Teuku Iskandar Daod Area Kampus Ulu Kabupaten Aceh Barat	mengetahui tebal perkerasan kaku (Rigid Pavement) dan perkerasan lentur (flexible pavement) dengan metode AASHTO-86 pada jalan T. Iskandar Daod	lentur memerlukan biaya tambahan untuk masa pemeliharaan setelah selesai jalan dibuat (biasanya secara berkala), maka dipilih perkerasan kaku karena tidak diperlukan perawatan khusus untuk jangka panjang Metode : metode AASHTO Hasil : Perkerasan kaku lebih baik digunakan karena lebih tipis dan lebih sedikit menggunakan material.	Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)	Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar Aceh Penyareng - Aceh Barat
9.	Ketema, Yonas, Emer T. Qeszon dan Getachew Kebede (2016),	<i>Cost and Benefit Analysis of Rigid and Flexible Pavement: A Case Study at Chancho – Derba-Becho Road Project</i>	menentukan dan membandingkan biaya siklus hidup perkerasan yang kaku dan fleksibel dan untuk menyelidiki semua kelebihan kualitas lainnya dari perkerasan yang kaku dan fleksibel di proyek ruas jalan Chancho – Derba-Becho Ethiopia	Metode : metode biaya dan manfaat Hasil : biaya awal perkerasan kaku hampir dua kali lipat dari perkerasan lentur, namun dalam jangka panjang, biaya perkerasan lentur per kilometer diketahui memiliki 7,9 juta ETB lebih banyak dari pada perkerasan yang kaku karena biaya perawatan yang timbul melalui disain hidupnya	menentukan dan membandingkan biaya siklus hidup perkerasan yang kaku dan fleksibel	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)	International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 7, Issue 10, October-2016, 181 ISSN 2229-5518

Tabel 2.1. Persamaan dan Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan (lanjutan)

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
10	Mohod, Milind V. dan K.N.Kadam (2016)	<i>A Comparative Study on Rigid and Flexible Pavement. A Review</i>	menyajikan tinjauan komparatif tentang kesesuaian perkerasan tergantung pada berbagai parameter seperti material, permutan, umur yang lebih panjang, efektivitas biaya.	Metode : biaya dan manfaat. Hasil : keuntungan terbesar menggunakan perkerasan kaku adalah ketahanan dan kemampuannya untuk mempertahankan bentuk terhadap lalu lintas dan kondisi lingkungan yang sulit. Perkerasan beton lebih murah tetapi memiliki perawatan yang lebih sedikit dan umur desain yang baik..	menentukan dan membandingkan biaya perkerasan yang kaku dan fleksibel	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)	IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684 p-ISSN: 2320-334X, Volume 13, Issue 3 Ver. VII (May-Jun. 2016), PP 84-88 www.iosrjournals.org

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah Analisis Komparasi Pembangunan dan Perawatan Perkerasan Jalan Lentur Dengan Kaku Pada Proyek Jalan MERR Surabaya (Future Value)

## **2.2. Dasar Teori**

Jalan raya adalah jalan utama yang menghubungkan satu kawasan dengan kawasan yang lain. Biasanya jalan besar ini mempunyai ciri-ciri berikut: (Direktorat Jendral Bina Marga, 1992).

1. Digunakan untuk kendaraan bermotor
2. Digunakan oleh masyarakat umum
3. Dibiayai oleh perusahaan Negara
4. Penggunaannya diatur oleh undang-undang pengangkutan

Keberadaan infrastruktur jalan yang baik serta lancar untuk dilalui penting perannya dalam mengalirkan pergerakan komoditas yang selanjutnya akan mampu menggerakkan perkembangan peri kehidupan sosial dan meningkatkan kemampuan ekonomi masyarakat.

### **2.2.1. Bagian-Bagian Jalan**

Bagian-bagian jalan terdiri dari ruang manfaat jalan, ruang milik jalan, ruang pengawasan jalan.

#### **1. Ruang Manfaat Jalan**

Ruang manfaat jalan meliputi badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengamanannya. Ruang manfaat jalan merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi, dan kedalaman tertentu yang ditetapkan oleh penyelenggara jalan yang bersangkutan berdasarkan pedoman yang ditetapkan oleh departemen yang berwenang.

Ruang manfaat jalan hanya diperuntukkan bagi median, pengerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, trotoar, lereng, ambang pengaman, timbunan dan galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan, dan bangunan pelengkap lainnya. Trotoar hanya diperuntukkan bagi lalu lintas pejalan kaki, walau pada prakteknya banyak digunakan untuk keperluan lain semisal parkir atau tempat berjualan.

#### **2. Ruang Milik Jalan**

Ruang milik jalan terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalur tanah tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, kedalaman, dan tinggi tertentu. Ruang milik jalan diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa akan datang serta kebutuhan ruangan untuk

pengamanan jalan. Sejalur tanah tertentu dapat dimanfaatkan sebagai ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai lansekap jalan.

### 3. Ruang Pengawasan Jalan

Ruang pengawasan jalan merupakan ruang tertentu di luar ruang milik jalan yang penggunaannya ada di bawah pengawasan penyelenggara jalan. Ruang pengawasan jalan diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan serta pengamanan fungsi jalan.

Ruang pengawasan jalan merupakan ruang sepanjang jalan di luar ruang milik jalan yang dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu.

Dalam hal ruang milik jalan tidak cukup luas, lebar ruang pengawasan jalan ditentukan dari tepi badan jalan paling sedikit dengan ukuran sebagai berikut:

- Jalan arteri primer 15 (lima belas) meter;
- Jalan kolektor primer 10 (sepuluh) meter;
- Jalan lokal primer 7 (tujuh) meter;
- Jalan lingkungan primer 5 (lima) meter;
- Jalan arteri sekunder 15 (lima belas) meter;
- Jalan kolektor sekunder 5 (lima) meter;
- Jalan lokal sekunder 3 (tiga) meter;
- Jalan lingkungan sekunder 2 (dua) meter; dan
- Jembatan 100 (seratus) meter ke arah hilir dan hulu.

#### 2.2.2. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Peranannya

Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien. Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi. Jalan Lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi. Secara hirarkis klasifikasi jalan terbagi atas :

##### a. Sistem Jaringan Jalan Primer :

1. Jalan arteri primer, yaitu ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kesatu yang berdampingan atau ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang kedua yang berada dibawah pengaruhnya

2. Jalan kolektor primer yaitu ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang kedua yang lain atau ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang ketiga yang ada di bawah pengaruhnya
  3. Jalan lokal primer yaitu ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga lainnya, kota jenjang kesatu dengan persil, kota jenjang kedua dengan persil serta ruas jalan yang menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang yang ada dibawah pengaruhnya sampai persil.
- b. Sistem Jaringan Jalan Sekunder :
1. Jalan arteri sekunder yaitu ruas jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua
  2. Jalan kolektor sekunder yaitu ruas jalan yang menghubungkan kawasan-kawasan sekunder kedua, yang satu dengan lainnya, atau menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder ketiga
  3. Jalan lokal sekunder yaitu ruas jalan yang menghubungkan kawasan-kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, atau menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

Klasifikasi Jalan berdasarkan peranannya ini, kewenangan pengelolaannya terbagi ke dalam 2 (dua) kelompok, yaitu pemerintah pusat dan pemerintah daerah. Pemerintah pusat memiliki kewenangan dalam pengelolaan sistim jaringan jalan primer berupa jalan nasional dan jalan propinsi, sedangkan pemerintah daerah memiliki kewenangan pengelolaan sistim jaringan jalan sekunder berupa jalan kabupaten/kota.

Tabel 2.2. Hubungan Fungsi dan Status Jalan Serta Kewenangan Penetapannya

Sistem	Fungsi Jalan		Status Jalan	
	Fungsi	Penetapan	Status	Penetapan
Sistem Jaringan Jalan Primer	1.Arteri Primer 2.Kolektor Primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi	Kepmen PU	Jalan Nasional (termasuk strategis Nasional dan Jalan Tol)	Kepmen PU

Sistem	Fungsi Jalan		Status Jalan	
	Fungsi	Penetapan	Status	Penetapan
	3. Kolektor Primer yang tidak menghubungkan antar ibukota provinsi	Keputusan Gubernur	Jalan Provinsi (termasuk jalan strategis Provinsi)	Keputusan Gubernur
	1. Lokal Primer 2. Lingkungan Primer		Jalan Kabupaten (termasuk strategis sekunder dalam wilayah kabupaten)	Keputusan
Sistem Jaringan Jalan Sekunder	1. Arteri Sekunder 2. Kolektor Sekunder 3. Lokal Sekunder 4. Lingkungan Sekunder		Jalan Kota	Keputusan Walikota

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2002

### 2.2.3. Pengelompokan Jalan Menurut Kelasnya

Pengaturan kelas jalan dilakukan berdasarkan peraturan perundang-undangan dibidang lalu lintas dan angkutan jalan (UU 14/1992 dan PP No. 43/1993) Kelas jalan dibagi kedalam kelas I, II, III-A, III-B dan III-C berdasarkan kemampuannya untuk dilalui oleh kendaraan dengan dimensi dan MST tertentu.

Tabel 2.3. Kelas Jalan dan Spesifikasi Prasarana Jalan

	Kelas I	Kelas II	Kelas III-A	Kelas III-B	Kelas III-C
Fungsi Jalan	Arteri	Arteri	Arteri/ Kolektor	Kolektor	Kolektor
Dimensi/	Maksimal	Maksimal	Maksimal	Maksimal	Maksimal
Lebar Kendaraan	2.50 m	2.50 m	2.50 m	2.50 m	2.10 m
Dimensi/	Maksimal	Maksimal	Maksimal	Maksimal	Maksimal
Panjang Kendaraan	18.0 m	18.0 m	18.0 m	18.0 m	9.0 m
Mst	> 10 Ton	10 Ton	8 Ton	8 Ton	8 Ton

Sumber : UU 38/2004, Pasal 10

Pengelompokan kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarananya  
Penjelasan UU 38/2004, Pasal 10 :

#### 1. Jalan Bebas Hambatan (*Freeway*)

Jalan umum untuk lalu lintas meberus yang memberikan pelayanan menerus/tidak terputus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh, dan tanpa adanya persimpangan sebidang, serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah dan dilengkapi dengan median.

## 2. Jalan Raya (*Highway*)

Jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah.

## 3. Jalan Sedang (*Road*)

Jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 7 (tujuh) meter.

## 4. Jalan Kecil (*Street*)

Jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 5.5 (lima setengah) meter.

Tabel 2.4. Persyaratan Teknis Jalan Menurut Kelasnya

Aspek	Kelas Jalan			
	Jalan Bebas Hambatan	Jalan Raya	Jalan Sedang	Jalan Kecil
Jalan Lalu Lintas	Menerus	Menerus	Jarak Sedang	Setempat
Pengendalian Jalan Masuk	Pengendalian Penuh	Dibatasi	Tidak Dibatasi	-
Persimpangan Sebidang	Tidak Boleh Ada	-	-	-
Pagar Rumija	Harus Ada	-	-	-
Median	Harus Ada	Harus Ada	-	-
Jumlah Lajur	Min. 2 Per Arah	Min. 2 Per Arah	Min. 2 Untuk 2 Arah	Min. 2 Untuk 2 Arah
Lebar Lajur	Min. 3.5 M	Min. 3.5 M	-	-
Lebar Jalur	-	-	7.0 M	5.5 M
Ruang Milik Jalan	Min. 30 M	Min. 25 M	Min. 15 M	Min. 11 M

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2002

### 2.2.4. Klasifikasi Jalan dan Tingkat Pelayanan

Secara obyektif desain perkerasan maupun pemeliharaan berguna untuk menjamin atau memastikan bahwa suatu perkerasan dapat memberikan pelayanan yang cukup memuaskan bagi pengguna jalan. Untuk kerja dari perkerasan diukur dalam kaitannya dengan kualitas yang disediakan dan pelayanan yang diberikan sampai pada suatu tingkat dimana pelayanan masih bisa ditolerir.

Klasifikasi jalan berdasarkan tingkat pelayanan, ditentukan sebagai berikut (Dinas PU Binamarga, 2009):

- a. Jalan dengan tingkat pelayanan mantap adalah ruas - ruas jalan dengan umur rencana yang dapat diperhitungkan serta mengikuti suatu standar perencanaan teknis. Termasuk kedalam tingkat pelayanan mantap adalah jalan-jalan dalam kondisi baik dan sedang.
- b. Jalan tidak mantap adalah ruas-ruas jalan yang dalam kenyataan sehari-hari masih berfungsi melayani lalu lintas, tetapi tidak dapat diperhitungkan umur rencananya serta tidak mengikuti standar perencanaan teknik. Termasuk kedalam tingkat pelayanan tidak mantap adalah jalan-jalan dalam kondisi rusak ringan.
- c. Jalan kritis adalah ruas-ruas jalan sudah tidak dapat lagi berfungsi melayani lalu lintas atau dalam keadaan putus. Termasuk kedalam tingkat pelayanan kritis adalah jalan-jalan dengan kondisi rusak berat.

Klasifikasi jalan berdasarkan tingkat kondisi jalan adalah sebagai berikut

- a. Jalan dalam kondisi baik adalah jalan dengan permukaan yang benar-benar rata, tidak ada gelombang dan tidak ada kerusakan permukaan jalan.
- b. Jalan dalam kondisi sedang adalah jalan dengan kerataan permukaan perkerasan sedang, tidak ada gelombang dan tidak ada kerusakan.
- c. Jalan dalam kondisi rusak ringan adalah jalan dengan permukaan sudah mulai bergelombang, mulai ada kerusakan permukaan dan penambalan
- d. Jalan dalam kondisi rusak berat adalah jalan dengan permukaan perkerasan sudah banyak kerusakan seperti bergelombang, retak-retak buaya dan terkelupas yang cukup besar, disertai kerusakan pondasi seperti amblas, dan sebagainya.

#### **2.2.5. Perkerasan Jalan**

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 :

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
2. 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).

### **2.2.6. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)**

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Jenis perkerasan ada tiga yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit.

Perkerasan kaku (perkerasan beton semen) adalah suatu struktur perkerasan yang umumnya terdiri dari tanah dasar, lapis fondasi bawah dan lapis beton semen dengan tulangan ataupun tanpa tulangan. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, mendistribusikan beban dari atas menuju ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri.

Pada saat ini dikenal ada 5 jenis perkerasan beton semen yaitu :

1. Perkerasan beton semen tanpa tulangan dengan sambungan (*Jointed plain concrete pavement*).
2. Perkerasan beton semen bertulang dengan sambungan (*Jointed reinforced concrete pavement*).
3. Perkerasan beton semen tanpa tulangan (*Continuously reinforced concrete pavement*).
4. Perkerasan beton semen prategang (*Prestressed concrete pavement*).
5. Perkerasan beton semen bertulang fiber (*Fiber reinforced concrete pavement*)

Komponen perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah :

1. Lapisan-lapisan perkerasan kaku yaitu tanah dasar, lapis fondasi bawah, dan pelat beton.

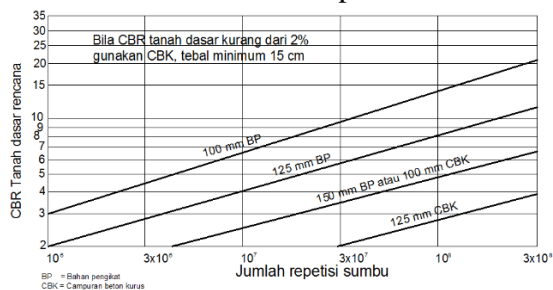
2. Tulangan
3. Sambungan
4. Bound *breaker*
5. Alur permukaan

Metode dasar perencanaan perkerasan kaku adalah perkiraan lalu lintas dan komposisinya selama umur rencana, kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR(%), kekuatan beton yang digunakan, jenis bahu jalan, jenis perkerasan dan jenis penyaluran beban.

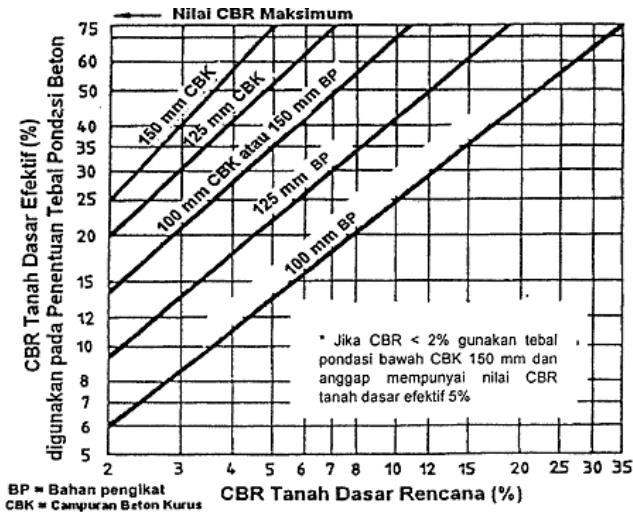
Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang fondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

Bahan fondasi bawah dapat berupa bahan berbutir, stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*), campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*). Lapis fondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm di luar tepi perkerasan beton semen. Tebal lapisan fondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO 1993 M-155 serta SNI 03-1743-1989. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, fondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK).

Tebal lapis fondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.2



Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen,  
Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002  
Gambar 2.1. Penentuan CBR Tanah Dasar Rencana



Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen,  
Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002  
Gambar 2.2 Penentuan CBR Tanah Dasar Efektif

### 1. Perkerasan Beton Semen

Perkerasan beton semen adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, atau menerus dengan tulangan, terletak di atas lapis fondasi bawah atau tanah dasar, tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal.

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm<sup>2</sup>) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

$$f_{cf} = k (f_c)^{0,50} \text{ (MPa) atau} \quad (2.1)$$

$$f_{cf} = 3,13 k (f_c)^{0,50} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.2)$$

dimana :

$f_c$  : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{cf}$  : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

k : konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah.

## 2. Lapis Pemecah Ikatan Fondasi Bawah dan Pelat

Perencanaan ini didasarkan bahwa antara pelat dengan fondasi bawah tidak ada ikatan. Jenis pemecah ikatan dan koefisien geseknya sebagai berikut :

Tabel 2.5. Nilai Koefisien Gesekan ( $\mu$ )

No	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan ( $\mu$ )
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan fondasi bawah	1,0
2	Laburan tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon ( <i>A Chlorinated rubber curing compound</i> )	2,0

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2002

## 3. Lalu lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- Sumbu tunggal roda tunggal (STRT).
- Sumbu tunggal roda ganda (STRG).
- Sumbu tandem roda ganda (STdRG).
- Sumbu tridem roda ganda (STrRG).

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan.

Tabel 2.6. Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga Pada Lajur Rencana

Lebar perkerasan ( $L_p$ )	Jumlah lajur ( $n_i$ )	Koefisien distribusi	
		1 arah	2 arah
$L_p < 5.50$ m	1 lajur	1	1
$5.50 \text{ m} \leq L_p < 8.25$ m	2 lajur	0.70	0.500
$8.25 \text{ m} \leq L_p < 11.25$ m	3 lajur	0.50	0.475
$11.25 \text{ m} \leq L_p < 15.00$ m	4 lajur	-	0.450

Lebar perkerasan ( $L_p$ )	Jumlah lajur ( $n_i$ )	Koefisien distribusi	
		1 arah	2 arah
$15.00 \text{ m} \leq L_p < 18.75 \text{ m}$	5 lajur	-	0.425
$18.75 \text{ m} \leq L_p < 22.00 \text{ m}$	6 lajur	-	0.400

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan factor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \quad (2.3)$$

dimana :

R : Faktor pertumbuhan lalu lintas

i : Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun dalam %.

UR : Umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu-lintas (R) dapat juga ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 2.7. Faktor pertumbuhan lalu lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	Laju Pertumbuhan (i) per tahun					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5.2	5.4	5.6	5.9	6.1
10	10	10.9	12	13.2	14.5	15.9
15	15	17.3	20	23.3	27.2	31.8
20	20	24.3	29.8	36.8	45.8	57.3
25	25	32	41.6	54.9	73.1	98.3
30	30	40.6	56.1	79.1	113.3	164.5
35	35	50	73.7	111.4	172.3	271
40	40	60.4	95	154.8	259.1	442.6

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002

Lalu-lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survai beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (2.4)$$

Dengan pengertian :

JSKN : Jumlah total sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

JSKNH : Jumlah total sumbu kendaraan niaga per hari pada saat jalan dibuka

R : Faktor pertumbuhan komulatif yang besarnya tergantung dari pertumbuhan lalu lintas tahunan dan umur rencana;

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i}$$

C : Koefisien distribusi kendaraan

#### 4. Faktor Keamanan Beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban ( $F_{KB}$ ). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan dengan adanya berbagai tingkat reliabilitas perencanaan sebagai berikut:

Tabel 2.8. Faktor Keamanan Beban

No	Penggunaan	Nilai ( $F_{KB}$ )
1	Jalan bebas hambatan utama ( <i>major freeway</i> ) dan jalan berlajur banyak yang aliran lalu-lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi, bila menggunakan data Lalu-lintas dari hasil survey beban ( <i>weightin-motion</i> ) dan adanya kemungkinan route alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15.	1,2
2	Jalan bebas hambatan ( <i>Freeway</i> ) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002

#### 5. Bahu

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan fondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan

meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikat dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

#### 6. Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan dan pengaruh lenting serta beban lalu-lintas, memudahkan pelaksanaan, mengakomodasi gerakan pelat. Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu harus diberi bahan pengisi (*joint filler*).

Parameter dan langkah-langkah perencanaan perkerasan kaku metode Bina Marga tersebut antara lain adalah:

##### 1. Perencanaan Penampang Jalan

Perencanaan penampang jalan meliputi kecepatan rencana, kelas jalan, klasifikasi jalan, lebar perkerasan, lebar jalur dan umur rencana

##### 2. Lalu lintas

Perhitungan lalu lintas dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana

Lalu lintas harian rata-rata adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor beroda empat atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan.

Rumus perhitungan :

$$\text{LHR} = \frac{\text{LHR}_{2018} + \text{LHR}_{2038}}{2} \quad (2.5)$$

$$\% \text{ Kendaraan} = \frac{\text{LHR}}{\text{LHR}_{\text{Total}}} \times 100\% \quad (2.6)$$

##### 3. Jumlah Sumbu Berdasarkan Jenis dan Bebannya

Dari perhitungan LHR tersebut kemudian dihitung jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya. Jumlah sumbu kendaraan niaga (JSKN) selama umur rencana (20 tahun) dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{JSKN} = \text{JSKNH} \times 365 \times R$$

$$\text{JSKN rencana} = C \times \text{JSKN}$$

#### 4. Repetisi Sumbu yang Terjadi

Berdasarkan perhitungan jumlah sumbu berdasarkan jenis dan bebannya, kemudian dilakukan perhitungan repetisi sumbu yang terjadi.

#### 5. Faktor Keamanan Beban

Faktor keamanan beban ( $F_{KB}$ ) digunakan berkaitan dengan adanya berbagai tingkat reliabilitas, yaitu jalan bebas hambatan (*Freeway*) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah dengan nilai pada tabel 2.5.

#### 6. CBR Tanah Dasar Rencana

CBR tanah dasar rencana ditentukan berdasarkan jumlah repetisi sumbu dan berdasarkan gambar 2.2. Dari gambar tersebut didapatkan bahwa berdasarkan jumlah repetisi sumbu didapatkan CBR tanah dasar rencana.

#### 7. CBR Tanah Dasar Efektif

CBR tanah dasar efektif ditentukan berdasarkan CBR tanah dasar rencana dan berdasarkan gambar 2.3. Dari gambar tersebut didapatkan bahwa berdasarkan CBR tanah dasar rencana didapatkan CBR tanah dasar rencana efektif.

#### 8. Tebal Slab Beton

Tebal slab beton ditentukan berdasarkan kuat tarik lentur, jumlah repetisi sumbu dan CBR tanah dasar rencana efektif

#### 9. Faktor Erosi dan Tegangan Ekuivalen Pada Setiap Jenis Sumbu

Untuk mengetahui tebal perkerasan aman atau tidak, maka harus dilakukan analisa fatik dan erosi sesuai dengan pedoman Perencanaan Perkerasan Beton Semen. Cara untuk menentukan faktor tegangan dan erosi didasarkan pada CBR efektif dan perkiraan tebal perkerasan yang dapat dilihat pada tabel tegangan ekuivalen dan faktor erosi untuk perkerasan.

#### 10. Faktor Rasio Tegangan (FRT)

Sebelum menentukan repetisi ijin harus menentukan faktor rasio tegangan (FRT). Menentukan faktor rasio tegangan (FRT) menggunakan rumus :

$$FRT = \frac{\text{Tegangan ekuivalen}}{\text{Kuat tarik lentur beton}} \quad (2.7)$$

#### 11. Fatik dan Erosi

Setelah menentukan faktor rasio tegangan (FRT), kemudian dilakukan analisis fatik dan erosi. Total fatik dan kerusakan erosi dihitung berdasarkan komposisi lalu lintas selama umur rencana. Kerusakan erosi



dan kerusakan fatik harus  $< 100\%$ . Jika kerusakan fatik atau erosi lebih dari  $100\%$  tebal taksiran dinaikkan dan proses perencanaan diulangi.

### **2.2.7. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)**

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987) yang dimaksud dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Perkerasan lentur jalan dibangun dengan susunan sebagai berikut:

1. Lapis permukaan (*surface course*), yang berfungsi untuk:
  - a. Memberikan permukaan yang rata bagi kendaraan yang melintas di atasnya,
  - b. Menahan gaya vertikal, horisontal, dan getaran dari beban roda, sehingga harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan
  - c. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi lapisan di bawahnya
  - d. Sebagai lapisan aus.
2. Lapis pondasi atas (*base course*), yang berfungsi untuk:
  - a. Mendukung kerja lapis permukaan sebagai penahan gaya geser dari beban roda, dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya
  - b. Memperkuat konstruksi perkerasan, sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan
  - c. Sebagai lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*), yang berfungsi untuk:
  - a. Menyebarkan tekanan yang diperoleh ke tanah,
  - b. Mengurangi tebal lapis pondasi atas yang menggunakan material berkualitas lebih tinggi sehingga dapat menekan biaya yang digunakan dan lebih efisien,
  - c. Sebagai lapis peresapan air,
  - d. Mencegah masuknya tanah dasar yang berkualitas rendah ke lapis pondasi atas,
  - e. Sebagai lapisan awal untuk melaksanakan pekerjaan perkerasan jalan.

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

1. Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan

Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan untuk menghitung lalu lintas ekuivalen sesuai dengan Petunjuk perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen (SKBI – 2.3.26.2002).

Tabel 2.9. Koefisien Distribusi Arah Kendaraan

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan*		Kendaraan Berat**	
	Satu Arah	Dua Arah	Satu Arah	Dua 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. 2002/SNI 03-1732-2002

Keterangan :

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

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

2. Angka Ekuivalen Beban gandar Sumbu Kendaraan (E)

Angka Eivalen (E) masing-masing golongan beban gandar sumbu (setiap kendaraan) ditentukan menurut rumus :

a. Untuk sumbu tunggal

$$E = \left[ \frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \quad (2.8)$$

b. Untuk sumbu ganda

$$E = 0,086 \times \left[ \frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \quad (2.9)$$

c. Untuk sumbu tripel

$$E = 0,053 \times \left[ \frac{P(\text{kg})}{8.160} \right]^4 \quad (2.10)$$

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:

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR \text{ awal}_j \times C_j \times E_j \quad (2.11)$$

di mana :

$C_j$  = koefisien distribusi arah

$j$  = masing-masing jenis kendaraan

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

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR \text{ akhir}_j \times C_j \times E_j \text{ atau } LEA = LHR_{UR} \times C \times E \quad (2.12)$$

dimana :

$j$  : jenis kendaraan

$C_j$  : koefisien setiap jenis kendaraan

$E_j$  : Nilai ekuivalen setiap jenis kendaraan

$UR$  : Tahun Umur Rencana

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

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \quad (2.13)$$

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

$$LER = LET \times FP \quad (2.14)$$

di mana :

$FP$  = Faktor Penyesuaian

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

#### 4. Daya Dukung Tanah

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 jalannya 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 pemeriksaan lapangan dan uji laboratorium. dari data CBR ditentukan nilai CBR terendah, kemudian ditentukan harga CBR yang mewakili atau CBR segmen. Dalam menentukan CBR segmen terdapat 2 cara yaitu :

$$1) \text{ Secara analitis } CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R \quad (2.15)$$

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

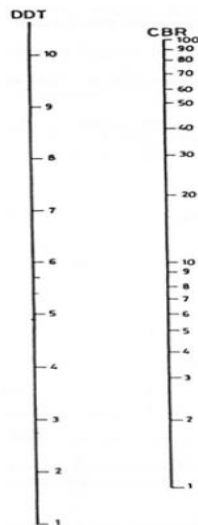
Tabel 2.10. Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

Sumber : SKBI - 2.3.26.2002

- 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.

Dari nilai CBR segmen yang telah ditentukan dapat diperoleh nilai DDT dari grafik kolerasi DDT dan CBR, dimana grafik DDT dalam skala linier, dan grafik CBR dalam skala logaritma. Hubungan tersebut digambarkan pada gambar sebagai berikut:



Sumber : SKBI – 2.3.23.2002

Gambar 2.3. Korelasi antara DDT dan CBR

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

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR) \quad (2.16)$$

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama.

## 5. 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.

#### 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 2.11. Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I ( < 6 % )		Kelandaian II ( 6-10% )		Kelandaian III ( > 10 % )	
	% Jumlah Kendaraan Berat					
	$\leq 30\%$	>30%	$\leq 30\%$	>30%	$\leq 30\%$	>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	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber : SKBI - 2.3.26.2002

#### 7. Indeks Permukaan (IP)

Indeks Permukaan menyatakan nilai ketidakrataan dan kekuatan perkerasan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Nilai IP dapat dinyatakan sebagai berikut :

IP = 2,5 Menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

IP = 2,0 Menyatakan tingkat pelayanan terendah untuk jalan yang masih mantap

IP = 1,5 Menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)

IP = 1,0 Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan

Nilai indeks permukaan jalan terdiri dari :

a. Indeks Permukaan Awal (IPo) ditentukan berdasarkan jenis lapis permukaan pada awal umur rencana (kerataan/kehalusan serta kekokohan).

- b. Indeks Permukaan Akhir(IPt) ditentukan berdasarkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah ekivalen rencana (LER).

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

Tabel 2.12. IP<sub>o</sub> terhadap Jenis Lapis Permukaan

Jenis Lapis Permukaan	IP <sub>o</sub>	Roughness (mm/km)
Laston	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	$< 1000$
Lasbutag	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$> 2000$
HRA	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$> 2000$
Burda	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
Burtu	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
Lapen	3,4 – 3,0	$\leq 3000$
	2,9 – 2,5	$> 3000$
Latasbum	2,9 – 2,5	
Buras	2,9 – 2,5	
Latasir	2,9 – 2,5	
Jalan Tanah	$\leq 2,4$	
Jalan Kerikil	$\leq 2,4$	

Sumber : SKBI – 2.3.23.2002

Tabel 2.13. 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 – 2.3.23.2002

#### 8. Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Pedoman ini memperkenalkan kolerasi antara koefisien kekuatan relatif dengan nilai mekanistik, yaitu modulus resilien.

Berdasarkan jenis dan fungsi material lapis perkerasan, estimasi Koefisien Kekuatan Relatif dikelompokkan ke dalam 5 kategori, yaitu: beton aspal (*asphalt concrete*), lapis pondasi granular (*granular base*), lapis pondasi bawah granular (*granular subbase*), cement-treated base (CTB), dan asphalt-treated base (ATB).

Koefisien kekuatan relatif bahan-bahan yang digunakan sebagai lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah sebagai berikut:

Tabel 2.14. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt ( kg/cm <sup>2</sup> )	CBR ( % )	
0,40			744			
0,35			590			Laston
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			
0,31			590			Labustag
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			HRA
0,26			340			Aspal Makadam
0,25						Lapen mekanis
0,20						Lapen manual
	0,28		590			
	0,26		454			Laston Atas
	0,24		340			
	0,23					Lapen mekanis
	0,19					Lapen manual
	0,15			22		Stabilitas Tanah
	0,13			18		dengan semen
	0,15			22		Stabilitas Tanah
	0,13			18		dengan kapur
	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 / pasir

Sumber : SKBI – 2.3.23.2002

### 9. 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.



## 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 2.15. Tebal Minimum Lapis Permukaan

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 – 2.3.23.2002

Tabel 2.16. 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 – 2.3.23.2002

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 :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad (2.17)$$

di mana :

ITP = Indeks Tebal Perkerasan

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

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

### 2.2.8. 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*).

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 voorwaarden* 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.

### **1. 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.

## **2. 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 berdasarkan 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 pevelangan, 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.

### 3. Langkah-langkah Persiapan

Sebagai langkah awal dalam perhitungan RAB perlu dilakukan 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.

#### **4. 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 Direktur 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/biayanya (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.



## 5. 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.

## 6. Perhitungan Bunga dan Nilai Uang

Nilai uang pada saat sekarang lebih berharga dari pada nilai uang yang sama pada saat yang akan datang, (Pujawan, 1995). Besarnya nilai uang pada masa sekarang sama dengan besarnya nilai uang yang sama ditambah bunga selama jangka waktu tertentu. Bunga merupakan biaya modal. Besar kecilnya jumlah bunga yang merupakan beban terhadap peminjam (*debitor*) sangat tergantung terhadap waktu, jumlah pinjaman, dan tingkat bunga yang berlaku.

Rumus-rumus bunga fundamental yang menyatakan hubungan antara P,F dan A dalam bentuk i dan n adalah sebagai berikut (Pujawan, 1995):

### Perhitungan suku bunga sederhana (*simple interest*)

$$I = P.i.n \quad (2.18)$$

$$F = P + I = ( 1 + i.n ).P \quad (2.19)$$

### Perhitungan suku bunga berbunga (*compound interest*)

Untuk mendapatkan nilai F, jika diketahui P :

$$F = P (1 + i)^n \quad (2.20)$$

$$F = P (F/p, i \% , n) \quad (2.19)$$

Untuk mendapatkan nilai F, jika diketahui A :

$$F = A \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (2.21)$$

$$F = A( F / A, i \% , n ) \quad (2.22)$$

Untuk mendapatkan nilai P, jika diketahui F :

$$P = F(P / F , i \% , n ) \quad (2.23)$$

Untuk mendapatkan nilai P, jika diketahui A :

$$P = A(P / A , i \% , n ) \quad (2.24)$$

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2.25)$$

Untuk mendapatkan nilai A, jika diketahui F

$$A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad (2.26)$$

$$A = F(A / F , i \% , n ) \quad (2.27)$$

Untuk mendapatkan nilai A, jika diketahui P :

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2.28)$$

$$A = P( A / P , i \% , n ) \quad (2.29)$$