

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu sebagai dasar pada penelitian ini sebagai berikut:

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

1. Penelitian yang dilakukan oleh Rudi Waluyo, Waluyo Nuswantoro dan Lendra (2008), dengan judul “Studi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk perkerasan kaku, perkerasan lentur dan untuk mengetahui perbandingan biaya antara konstruksi perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. Perencanaan tebal perkerasan menggunakan analisis komponen dari Metode Bina Marga untuk lapis pondasi agregat dan metode yang dikembangkan oleh NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities) untuk pondasi beton. Data yang diperlukan adalah rincian volume pekerjaan, daftar harga satuan, analisa harga satuan, analisa alat berat dan gambar pekerjaan. Dari hasil analisis biaya menunjukkan bahwa perkerasan kaku membutuhkan biaya sebesar Rp. 5.310.421.058 dan perkerasan lentur membutuhkan biaya sebesar Rp. 4.028.077.446 dengan persentase penghematan biaya sebesar 24,15 % terhadap biaya perkerasan kaku.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Oktodelina Nurahmi, Anak Agung Gde Kartika (2012), dengan judul “Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung”. Tujuan penelitian adalah menghitung tebal perkerasan lentur dan kaku, perhitungan total biaya konstruksi dan pemeliharaan perkerasan lentur dan kaku, mencari user cost dengan menggunakan metode N.D. Lea, dan membandingkan kedua perkerasan secara ekonomi dengan perhitungan Benefit Cost Ratio. Dengan menggunakan metode N.D. Lea, dan Benefit Cost Ratio didapatkan hasil bahwa dipilih Alternatif B atau perkerasan kaku untuk Jalan Lingkar Mojoagung dengan alasan lebih menguntungkan dari segi ekonomi jalan raya.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Muhamad Yodi Aryangga dan Anak Agung Gde Kartika (2013), dengan judul “Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan

Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung”. Tujuan penelitian adalah perbandingan terhadap penggunaan setiap jenis konstruksi perkerasan sehingga diketahui jenis konstruksi perkerasan jalan yang paling sesuai untuk digunakan berdasarkan kondisi lapangan. Dengan menggunakan metode biaya dan manfaat didapatkan hasil bahwa dari analisis ekonomi diperoleh B/C untuk perkerasan lentur sebesar 155,22 dan B/C untuk perkerasan kaku sebesar 157,13. Sehingga lebih menguntungkan apabila Jalan Sindang Barang – Cidaun ini menggunakan perkerasan kaku.

4. Penelitian yang dilakukan oleh Abdulloh Farid (2013), dengan judul “Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton Dan Jalan Aspal Dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993 Selama Umur Rencana 20 Tahun (Studi Kasus Pada Proyek Jalan Tol Mojokerto Kertosono) STA. 0+000 - STA 5+000”. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui desain dari masing- masing tipe perkerasan jalan baik perkerasan kaku maupun perkerasan lentur, serta biaya yang dibutuhkan untuk jenis perkerasan kaku maupun perkerasan lentur dan untuk mengetahui perbandingan biaya antara konstruksi perkerasan kaku dengan perkerasan lentur. Perencanaan tebal perkerasan menggunakan analisis kompondari metode Bina Marga untuk lapis pondasi agregat serta ketebalan perkerasan lentur dan perkerasan kaku digunakan metode AASHTO 1993 untuk menentukan ketebalan dan tulangan dari konstruksi jalan beton tersebut. Data yang digunakan adalah rincian volume pekerjaan, daftar harga satuan, analisa harga satuan, analisa alat berat dan gambar pekerjaan. dari hasil analisis tebal perkerasan baik perkerasan lentur dengan menggunakan metode Bina Marga dan perkerasan kaku dengan menggunakan metode AASHTO 1993 menghasilkan tebal perkerasan untuk perkerasan lentur (ATB) LPA tebal 20 cm dan Asphalt Concrete tebal 5 cm, sedangkan untuk perkerasan kaku LPB tebal 30 cm. Beton Bo 10 cm dan perkerasan beton kaku tebal 20 cm dan biaya untuk Perkerasan Lentur membutuhkan biaya sebesar Rp. 78.739.070.829,65 dan Perkerasan Kaku membutuhkan biaya sebesar Rp. 73.489.752.324,39 dengan penghematan biaya sebesar Rp. 5.249.318.505,26 terhadap biaya perkerasan lentur yang ditinjau dengan umur rencana 20 tahun.
5. 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.

6. Penelitian yang dilakukan oleh Lia Lailla 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.

7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Penelitian Wateno Oetomo dan Arif Sugiharto (2013), dengan judul “Analisis Perbandingan Biaya Konstruksi Dan Perawatan Antara Perkerasan Jalan Lentur

Dan Perkerasan Jalan Kaku Pada Proyek Frontage Road (Studi Kasus pada Frontage Road Sisi Timur Jl. A. Yani Ruas BRI – Siwalankerto Surabaya)”. Tujuan penelitian adalah melakukan pengkajian apakah konstruksi jalan Frontage Road Jl A Yani ruas BRI – Siwalankerto yang semula menggunakan konstruksi perkerasan lentur apabila digantikan dengan konstruksi perkerasan jalan kaku akan memberikan keuntungan dari aspek biaya pelaksanaan maupun aspek biaya perawatan operasional jalan tersebut sesuai umur rencana yang telah ditetapkan. Dengan menggunakan metode penentuan kelas jalan, analisis desain tebal perkerasan, dan penentuan biaya-biaya, didapatkan biaya perkerasan dengan umur rencana 20 tahun maka pilihan alternatif yang menguntungkan adalah perkerasan jalan kaku. Untuk biaya konstruksi dan perawatan perkerasan lentur adalah = Rp. 4.349.025.189,00. Biaya konstruksi dan perawatan perkerasan kaku adalah = 2.977.338.623,00.

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.	Wahyo, Rudi, Wahyu Niswanto dan Lendra (2008)	Sudi Perbandingan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur	mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk perkerasan kaku, perkerasan lentur dan untuk mengetahui perbandingan biaya antara konstruksi perkerasan kaku dengan perkerasan lentur.	Metode : analisis komponen dari Metode Bina Marga Hasil : analisis biaya menunjukkan bahwa perkerasan kaku membutuhkan biaya sebesar Rp. 5.310.421.058 dan perkerasan lentur membutuhkan biaya sebesar Rp. 4.028.077.446 dengan persentase penghematan biaya sebesar 24,15 % terhadap biaya perkerasan kaku.	mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk perkerasan kaku, perkerasan lentur	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Pada Proyek Jalan MERR, Surabaya	Jurnal Teknik Sipil, Volume 9 No. 1, Oktober 2008
2.	Nurahmi, Oktodelma, Anak Agung Gde Karika (2012)	Perencanaan Jalan Raya Cemoro Sewu-Desa Pacalan dan Rencana Anggaran Biaya	Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung	Metode : Benefit Cost Ratio Hasil : dipilih Alternatif B atau perkerasan kaku untuk Jalan Lingkar Mojoagung dengan alasan lebih menguntungkan dari segi ekonomi jalan raya.	Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Pada Proyek Jalan MERR, Surabaya	Jurnal Teknik ITS, Vol. 1, (Sept, 2012) ISSN: 2301-9271
3.	Aryangga, Muhsad Yodi dan Anak Agung Gde Karika (2013)	Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku serta Analisis Ekonominya pada Proyek Pembangunan Jalan Lingkar Mojoagung	perbandingan terhadap penggunaan setiap jenis konstruksi perkerasan sehingga diketahui jenis konstruksi perkerasan jalan yang paling sesuai untuk digunakan berdasarkan kondisi lapangan	Metode : metode biaya dan manfaat Hasil : B/C untuk perkerasan lentur sebesar 1,55,22 dan B/C untuk perkerasan kaku sebesar 1,57,13. Sehingga lebih menguntungkan apabila Jalan Sundang Barang – Cidaun ini menggunakan perkerasan kaku.	Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Pada Proyek Jalan MERR, Surabaya	Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2013) 1-6

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
4.	Farid, Abdullloh (2013)	Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton Dan Jalan Aspal Dengan Metode Bina Marga dan AASHTO 1993 Selama Ummur Rencana 20 Tahun (Studi Kasus Pada Proyek Jalan Tol Mojokerto Kertosono) STA. 0+000 - STA. 5+000	mengetahui desain dari masing-masing tipe perkerasan jalan baik perkerasan kaku maupun perkerasan lentur, serta biaya yang dibutuhkan untuk jenis perkerasan kaku maupun perkerasan lentur dan untuk mengetahui perbandingan biaya antara konstruksi perkerasan kaku dengan perkerasan lentur	Metode : metode Bina Marga Hasil : perencanaan tebal perkerasan lentur maupun kaku pada jalan Tol Mojokerto- Kertosono kota Mojokerto telah mencapai standar yang ditentukan karena telah mencapai Perhitungan tebal minimum yang diisyaratkan oleh masing-masing metode perkerasan lentur dan perkerasan kaku	Analisis Perbedaan Biaya Konstruksi Jalan Beton Dan Jalan Aspal Dengan Metode Bina Marga	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Pada Proyek Jalan MERR Surabaya	Ekstrapolasi Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya, Juli 2013, Vol. 06, No. 01, hal 75 - 90
5.	Astuti, Hevie Tri Hary, I G. A. Adnyana Putera dan I G. Putu Suparsa (2014)	Kajian Ekonomi Konstruksi Perkerasan Lentur dan Konstruksi Perkerasan Kaku (Studi Kasus Jalan Raya PKT EBL-02 Tolpati - 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 Tolpati - Kusamba tersebut layak secara ekonomi pada suku bunga 15% per tahun dan 23% 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 Pada Proyek Jalan MERR Surabaya	Jurnal Spekran Vol. 2. No. 1, Januari 2014
6.	Nurjamilah, Lia Laila dan Nanang Wardi (2015)	Studi Kelayakan Jalan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	penentuan proyek jalan berdasarkan skala kebutuhan dan kemendesaan (need and urgency) sebagaimana tercantum dalam Daftar Usulan Rencana Proyek	Metode : metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Hasil : Dari 8 faktor penilai, konstruksi beton unggul pada 4	Studi Kelayakan Jalan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Pada Proyek Jalan MERR	Jurnal J-Ensitec. Vol 02 No. 01, November 2015

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
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 pantai Perigi – Popoh kab. Tulungagung	<p>faktor yaitu daya tahan terhadap cuaca, daya tahan daya tahan terhadap lalu lintas dan jangka waktu perawatan dengan tingkat keunggulan rata-rata 6 kali dibanding konstruksi aspal.</p> <p>Metode : dengan menggunakan metode Bina Marga.</p> <p>Hasil : 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</p>	Kajian Perbandingan Biaya Siklus Hidup Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Pada Proyek Jalan MEKR Surabaya	Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil ISSN 2615-7195 (E) Vol. 01, Nomor 02, September 2018
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	<p>Metode : metode AASHTO</p> <p>Hasil : Perkerasan kaku lebih baik digunakan karena lebih tipis dan lebih sedikit menggunakan material.</p>	Perbandingan Perencanaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur	Analisis Komparasi Pembangunan Dan Perawatan Perkerasan Jalan Pada Proyek Jalan MEKR Surabaya	Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar Aceh Penyareng - Aceh Barat

No	Penulis	Judul	Tujuan	Metode Penelitian dan Hasil	Persamaan	Perbedaan	Sumber
9.	Ketema, Yonas, Emer T. Quezon dan Getachew Kebede (2016),	<i>Cost and Benefit Analysis of Rigid and Flexible Pavement: A Case Study at Chanco - Derba-Becho Road Project</i>	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 Chanco - 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 Pada Proyek Jalan MERR Surabaya	International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 7, Issue 10, October-2016, 181 ISSN 2229-5518
10	Ketema, Yonas, Prof. Emer T. Quezon dan Getachew Kebede (2016)	<i>Cost and Benefit Analysis of Rigid and Flexible Pavement: A Case Study at Chanco--Derba-Becho Road Project Ethiopia</i>	menentukan dan membandingkan biaya siklus hidup perkerasan yang kaku dan fleksibel	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 Biaya Dan Waktu Pada Peningkatan Jalan Dengan Hotmix Dan Lapen (Studi Kasus Ruas Jalan Pasar Sayur Kabupaten Magetan)	International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 7, Issue 10, October-2016 ISSN 2229-5518

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah perbandingan antara *flexible pavement* dan *rigid pavement* pada peningkatan jalan (studi kasus ruas jalan Genengan-Lembayan Kabupaten Magetan)

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah kombinasi antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Konstruksi perkerasan jalan dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban. 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 perkerasan gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

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

Metode yang digunakan untuk Perencanaan konstruksi atau tebal perkerasan jalan, antara lain : AASHTO dan *The Asphalt Institute* (Amerika), *Road Note* (Inggris), NAASRA (Australia) dan Bina Marga (Indonesia).

2.2.2. Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya

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

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
 - a. Bahan pengikat adalah aspal.
 - b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
 - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban ditandai 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. Bahan pengikat yang dipakai semen *portland* (PC).
 - b. Sebagian besar beban lalu lintas dipikul oleh lapisan utama (plat beton).
 - 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. Merupakan kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur
 - b. Kombinasi lapis perkerasan bervariasi yaitu perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya

2.2.3. Fungsi Lapis Perkerasan

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang mantap dan 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)

Bagian perkerasan paling atas disebut lapis permukaan. Berdasarkan Fungsinya lapis permukaan meliputi:

a. Struktural :

Berfungsi mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser). Oleh karena itu persyaratan lapis permukaan yang harus dipenuhi adalah kuat, kokoh, dan stabil.

b. Non Struktural, mencakup :

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

Berdasarkan letaknya 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, untuk itu lapisan ini bersifat kedap air;
- b) Menyediakan permukaan yang halus, agar didapat kenyamanan bagi kendaraan
- c) Menyediakan permukaan yang kesat, untuk menjamin keamanan lalu lintas

2) Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis permukaan selanjutnya terletak antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*) yang disebut juga Lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis antara adalah :

- a) Mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas, dimana beban lalu lintas tersebut diteruskan pada lapis di bawahnya.
- b) Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang paling tinggi pula.

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

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Ditemui pula lapisan ini terletak diantara lapis permukaan dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Lapis pendukung terhadap beban bagi lapis permukaan di atasnya
- b. Memikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Sebagai lapis perkerasan bagi pondasi bawah

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

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

- a. Penyebar beban roda ke lapisan tanah dasar;
- b. Lapis peresap dari air agar air tanah tidak berkumpul di pondasi;
- c. Lapis pencegah masuknya partikel halus tanah dasar ke lapis pondasi;
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan agar pelaksanaannya berjalan lancar.

4. Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

Tanah dasar (*subgrade*) adalah lapisan yang menggunakan permukaan tanah semula (apabila kondisi tanahnya sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan), permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.2.4. 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 jalur dan koefisien distribusi kendaraan

Jumlah jalur 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 2.2. Tabel 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

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

b. Untuk sumbu ganda

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

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:

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_{awal_j} x C_j x E_j \quad (2.4)$$

di mana :

C_j = koefisien distribusi arah
 j = masing-masing jenis kendaraan

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

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_{akhir_j} \times C_j \times E_j \text{ atau } LEA = LHR_{UR} \times C \times E \quad (2.5)$$

dimana :

j : jenis kendaraan
 C_j : koefisien setiap jenis kendaraan
 E_j : Nilai ekivalen setiap jenis kendaraan
 UR : Tahun 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

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

3. Daya Dukung Tanah

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

$$1) \text{ Secara analitis } CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}) / R \quad (2.8)$$

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

Tabel 2.3. Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

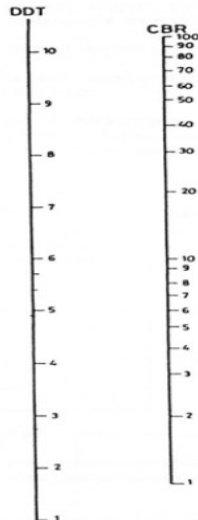
Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

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 2.1. Korelasi antara DDT dan CBR

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

$$DDT = 1,6649 + 4,3592 \log (CBR) \quad (2.9)$$

Dimana hasil yang diperoleh dengan kedua cara tersebut relatif sama.

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. Faktor Regional

Faktor Regional adalah keadaan lapangan yang mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen, prosentase kendaraan berat dengan MST ≥ 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 2.4. Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I (< 6 %)		Kelandaian II (6-10%)		Kelandaian III (> 10 %)	
	% Jumlah 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	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber : SKBI - 2.3.26.2002

6. 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 :

- Indeks Permukaan Awal (IPo) ditentukan berdasarkan jenis lapis permukaan pada awal umur rencana (kerataan/kehalusan serta kekokohan).
- 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 2.5. 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
Burda	3,9 – 3,5	≤ 2000

Jenis Lapis Permukaan	IPo	Roughness (mm/km)
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 – 2.3.23.2002

Tabel 2.6. 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

7. 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 disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2.7. Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (kg/cm ²)	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

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (Kg)	Kt (kg/cm ²)	CBR (%)	
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

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. 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 2.8. 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 2.9. 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 :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad (2.10)$$

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

2.2.5. 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 :

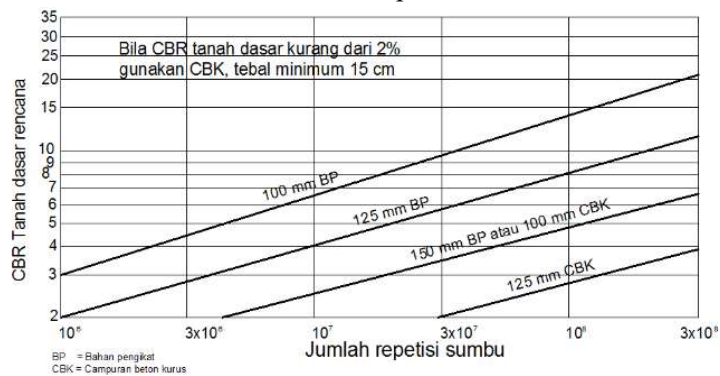
1. Lapisan-lapisan perkerasan kaku yaitu tanah dasar, lapis fondasi bawah, dan pelat beton.
2. Tulangan
3. Sambungan
4. Bound breaker
5. Alur permukaan

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 krus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

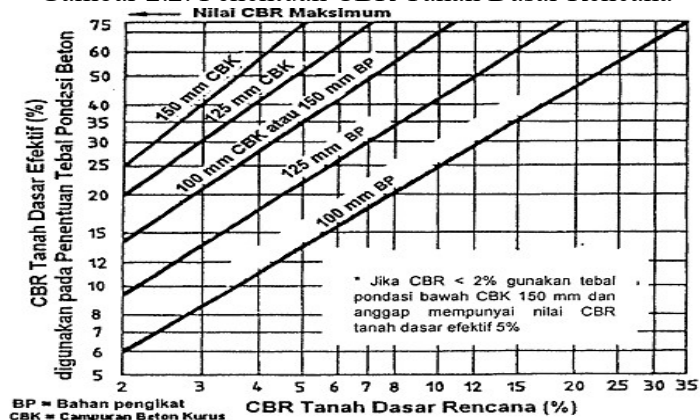
Bahan fondasi bawah dapat berupa bahan berbutir, stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*), campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*). Lapis fondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm di luar tepi perkerasan beton semen. Tebal lapisan fondasi minimum 10 cm yang paling 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 2.2 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari Gambar 2.3



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

Gambar 2.2. Penentuan CBR Tanah Dasar Rencana



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

Gambar 2.3 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/cm²). 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/cm²). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm²) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut :

$$f_{cf} = k (f_c)^{0,50} \text{ (MPa) atau} \quad (2.11)$$

$$f_{cf} = 3,13 k (f_c)^{0,50} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.12)$$

dimana: :

f_c : kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm²)

f_{cf} : kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm²)

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

1) 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 2.10. Nilai Koefisien Gesekan (μ)

No	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan (μ)
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan fondasi bawah	1,0
2	Laburan 30actor30n 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 Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002

2) 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 2.11. 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
$L_p < 5.50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5.50 \text{ m} \leq L_p < 8.25 \text{ m}$	2 lajur	0.70	0.500
$8.25 \text{ m} \leq L_p < 11.25 \text{ m}$	3 lajur	0.50	0.475
$11.25 \text{ m} \leq L_p < 15.00 \text{ m}$	4 lajur	-	0.450
$15.00 \text{ m} \leq L_p < 18.75 \text{ m}$	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 faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^{UR} - 1}{i} \quad (2.13)$$

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 2.12. 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 survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad (2.14)$$

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 2.13. 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 diikatkan 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 kerib.

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 :

$$\text{LHR} = \frac{\text{LHR}_{2016} + \text{LHR}_{2036}}{2} \quad (2.15)$$

$$\% \text{ Kendaraan} = \frac{\text{LHR}}{\text{LHR}_{\text{Total}}} \times 100\% \quad (2.16)$$

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 :

$$FRT = \frac{\text{Tegangan ekuivalen}}{\text{Kuat tarik lentur beton}} \quad (2.17)$$

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.

2.2.6. 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 acuan-ancuan 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 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 pelepasan, 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 Voorwaarden 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 :

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

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