

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sejenis

Dari penelitian sebelumnya mengenai kekuatan *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) yang pernah dilakukan oleh Nono (2009) dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

2.1.1. Kajian Penggunaan Lapis Pondasi Agregat yang Distabilisasi Semen

Mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2008, Spesifikasi Khusus tentang *Cement Treated Recycling Base and Subbase* (CTRB & CTRSB) Dicampur di Tempat (*Mix in Place*) Tahun 2007 dan Spesifikasi Khusus tentang Daur Ulang Campuran Beraspal Dingin Lapis Pondasi Dengan Foam Bitumen (*Cold Mix Recycling Base By Foam Bitumen*, CMRFB-Base) Tahun 2007 seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1 di bawah ini, Nono (2009) menyimpulkan bahwa koefisien kekuatan relatif lapis pondasi distabilisasi semen, baik pondasi atas maupun pondasi bawah, lebih tinggi dibandingkan dengan koefisien kekuatan relatif lapis pondasi agregat. Apabila memperhatikan ketahanan terhadap pengaruh air (kondisi drainase dan curah hujan) maka lapis pondasi distabilisasi semen lebih tahan pengaruh air. Khusus untuk lapis pondasi agregat distabilisasi semen dengan teknologi recycling memiliki nilai tambah karena sebagian besar menggunakan agregat lama (*existing*) sehingga dapat menghemat penggunaan agregat baru.

Tabel 2.1 Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi dan Pondasi Bawah

No.	Jenis Pondasi	Kekuatan				Koefisien Kekuatan Relatif
		Kuat Tekan*		CBR		
		(kg/cm ²)	(psi)	(%)	(x 1000 psi)	
I	PONDASI (BASE)					
1	Agregat Kelas A			90	30	a ₂ =0,140
2	CTB (Cement Treated Base)	45	640		730	a ₂ =0,200
3	CTRB (Cement Treated Recycling Base)	35	500		640	a ₂ =0,170
4	CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)	70	1000		900	a ₂ =0,250
II	PONDASI BAWAH (SUB BASE)					
1	Agregat Kelas B			60	28	a ₃ =0,130
2	CTSB (Cement Treated Sub Base)	40	570		670	a ₃ =0,180
3	CTRSB (Cement Treated Recycling Sub Base)	25	360		570	a ₃ =0,145

*) Kuat Tekan Bebas (UCS) untuk umur 7 hari

Sumber: Nono (2009)

2.2. Jalan Sebagai Jaringan Transportasi

Menurut Hudoyo (2006) jalan merupakan sebidang prasarana darat, baik dengan konstruksi tertentu maupun tidak yang digunakan untuk kepentingan pergerakan kendaraan. Terkait dengan kapasitas, peranan serta fungsinya maka jalan-jalan yang melayani arus transportasi lokal, antar kota maupun luar kota juga dikenal sebagai jalan raya. Kegunaan dan fungsi jalan dapat didasarkan pada berbagai hal baik secara fisik maupun pelayanannya. Berdasarkan kapasitas jalan dan muatannya maka menurut UU No. 38 tahun 2004 jalan diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Jalan arteri merupakan jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jauh, dengan kecepatan rerata tinggi jumlah jalan masuk dibatasi secara efisiensi.

- b. Jalan kolektor merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpul dengan ciri perjalanan jarak sedang, dengan kecepatan rerata sedang, jumlah jalan masuk untuk dibatasi.
- c. Jalan lokal merupakan jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, dengan kecepatan rerata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.3. Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Menurut Sukirman (1999) kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Menurut Fahrurrozi (2008) pemberian konstruksi lapisan perkerasan dimaksudkan agar tegangan yang terjadi sebagai akibat pembebanan pada perkerasan ke tanah dasar (*subgrade*) tidak melampaui kapasitas dukung tanah dasar. Konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi tiga kelompok menurut bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan atas, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan komposit (*composite pavement*) yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur (Sukirman, 2010).

2.4. Perkerasan Lentur

Menurut Sukirman (1999) konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke

tanah dasar. Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalulintas haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tak mudah selip.
- d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena sinar matahari.

2.4.1.Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Menurut Sukirman (1999) lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Lapisan ini berfungsi sebagai:

- a. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Namun demikian, akibat kontak langsung

dengan roda kendaraan, hujan, dingin dan panas, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga disebut lapis aus. Lapisan di bawah lapis aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, disebut lapis permukaan antara (*binder course*), berfungsi memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi (Sukirman, 2010).

2.4.2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan yang terletak tepat di bawah lapisan permukaan. Karena terletak tepat di bawah permukaan perkerasan, maka lapisan pondasi menerima pembebanan yang berat dan paling menderita akibat muatan. Oleh karena itu, material di dalam lapisan pondasi harus berkualitas sangat tinggi dan konstruksi harus dilakukan dengan cermat (Oglesby, 1996).

Menurut Sukirman (1999) lapis pondasi atas ini berfungsi sebagai:

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

2.4.3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Menurut Sukirman (1999) lapis pondasi bawah ini berfungsi sebagai:

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR 20% dan Plastisitas Indeks (PI) $\leq 10\%$.

- b. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- c. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- e. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar.
- f. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

2.4.4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar merupakan lapisan paling bawah dimana lapisan perkerasan diletakkan. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Sifat tanah dasar mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya. Daya dukung tanah dasar (*subgrade*) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (Sukirman, 1999).

2.5. Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku atau *rigid pavement* merupakan jenis perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama perkerasan. Perkerasan kaku cocok digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat, di sekitar pintu tol, jalan yang melayani kendaraan berat yang melintas dengan kecepatan rendah, atau di daerah jalan keluar atau jalan masuk ke jalan berkecepatan tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat. Keuntungan menggunakan perkerasan kaku antara lain umur pelayanan panjang dengan pemeliharaan yang sederhana, durabilitas baik serta mampu bertahan pada

banjir yang berulang atau genangan air tanpa terjadinya kerusakan yang berarti. Namun perkerasan jalan dengan menggunakan perkerasan kaku ini juga terdapat kerugiannya antara lain kekesatan jalan kurang baik dan sifat kekasaran permukaan dipengaruhi oleh proses pelaksanaan, memberikan kesan silau bagi pemakai jalan dan membutuhkan lapisan tanah dasar yang memiliki penurunan (*settlement*) yang homogen agar pelat beton tidak retak. Struktur perkerasan kaku tersebut terdiri dari pelat beton sebagai lapis permukaan, lapis pondasi bawah sebagai lapis bantalan yang homogen dan lapis tanah dasar tempat struktur perkerasan diletakkan (Sukirman, 2010).

2.6. Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku dan lapisan perkerasan lentur, kedua jenis perkerasan ini bekerjasama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk itu dibutuhkan adanya persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton. Letak perkerasan lentur tersebut dapat berada di atas perkerasan kaku ataupun perkerasan kaku berada di atas perkerasan lentur (Sukirman, 2010).

2.7. Kerusakan Jalan

Menurut Sukirman (1999) kerusakan-kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan oleh:

- a. Lalulintas, dapat berupa peningkatan dan repetisi beban.

- b. Air, yang dapat berupa air hujan, sistem drainase yang tidak baik, naiknya air akibat kapilaritas.
- c. Material konstruksi perkerasan, dalam hal ini disebabkan oleh sifat material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh sistem pengelolaan bahan yang tidak baik.
- d. Iklim, Indonesia beriklim tropis dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi, yang merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan.
- e. Kondisi tanah dasar yang tidak stabil, kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah yang memang jelek.
- f. Proses pemadatan lapisan di atas tanah yang kurang baik.

Andriyanto (2010) mengatakan bahwa jenis kerusakan jalan pada perkerasan dapat dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu kerusakan fungsional dan kerusakan struktural.

- a. Kerusakan Fungsional

Kerusakan fungsional adalah kerusakan pada permukaan jalan yang dapat menyebabkan terganggunya fungsi jalan tersebut. Pada kerusakan fungsional, perkerasan jalan masih mampu menahan beban yang bekerja namun tidak memberikan tingkat kenyamanan dan keamanan seperti yang diinginkan. Untuk itu lapis permukaan perkerasan harus dirawat agar tetap dalam kondisi baik dengan menggunakan metode perbaikan standar Direktorat Jendral Bina Marga 1995.

b. Kerusakan Struktural

Kerusakan struktural adalah kerusakan pada struktur jalan, sebagian atau seluruhnya yang menyebabkan perkerasan jalan tidak lagi mampu menahan beban yang bekerja di atasnya. Untuk itu perlu adanya perkuatan struktur dari perkerasan dengan cara pemberian pelapisan ulang (*overlay*), perbaikan dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perbaikan dengan CTRB (*Cement Treated Recycling Base*).

2.8. *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) sebagai Alternatif Perbaikan Kerusakan Jalan

Teknologi CTRB merupakan teknologi daur ulang dengan cara menstabilisasi lapis pondasi (terutama agregat) dengan semen *portland*. Teknologi daur ulang (*recycling*) tersebut merupakan metode pengolahan dan penggunaan kembali konstruksi perkerasan lama baik dengan atau tanpa tambahan bahan baru untuk keperluan pemeliharaan, perbaikan, maupun peningkatan konstruksi perkerasan jalan. Keuntungan teknologi daur ulang tersebut antara lain mengembalikan kekuatan perkerasan lama tanpa meninggikan elevasi permukaan jalan, memanfaatkan kembali bahan perkerasan lama, mempertahankan geometrik jalan, mengatasi ketergantungan akan material baru, penghematan material, perbaikan kualitas lapis pondasi, memungkinkan untuk mengerjakan jalur yang rusak saja dan tidak menambah beban mati dari lantai jalan. Dalam pemilihan jenis daur ulang tersebut biasanya mempertimbangkan kondisi permukaan, lalu lintas, ketersediaan alat konstruksi yang dipilih. Daur ulang *in place* biasanya hanya bisa dilakukan apabila tingkat ketebalan daur ulang (penggarukan dan

penggelaran kembali) yang dilakukan dan dibutuhkan tidak terlalu tebal (sekitar 2,5 cm). Sementara daur ulang *in plant* biasanya dilakukan apabila bahan yang didaur ulang dan digelar kembali dalam jumlah cukup banyak (Junius dkk, 2011).

Kekuatan *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) tersebut perlu diperhatikan agar tetap mampu menahan beban lalu lintas yang ada selama umur rencana. Menurut Wirtgen dalam Basuki (2012) kuat tekan dan kuat tarik dicapai suatu bahan benda uji yang distabilisasi dengan semen *portland* sebagian besar ditentukan oleh jumlah dari semen *portland* yang ditambahkan, tipe bahan dan densitas bahan yang dicampur. Menurut Bina Marga (2010) kriteria kekuatan *Cement Treated Recycling Base* (CTRB) di dalam spesifikasi khusus disebutkan bahwa kuat tekan bebas/*Unconfined Compressive Strength* (UCS) pada umur tujuh hari dengan diameter benda uji 70 mm dan tinggi 140 mm minimal 30 kg/cm².

Menurut Wirtgen dalam Andriyanto (2010) pada umumnya ada tiga jenis bahan yang dapat digunakan pada daur ulang yaitu bahan lama (*reclaimed*), bahan baru (agregat dan aspal keras) dan bahan stabilisasi (semen, aspal emulsi dan *foam bitumen*). Bahan-bahan pada pekerjaan *Cement Treated Recycling Base* adalah bahan garukan perkerasan jalan lama, agregat baru, semen portland dan air. Dari campuran semen dan material pondasi jalan ini setelah dipadatkan akan menghasilkan bahan menyerupai beton (*soil concrete*) dan material tersebut diharapkan akan memberikan stabilitas yang lebih baik pada pondasi jalan.

a. Bahan Garukan

Bahan garukan yang digunakan dalam pekerjaan CTRB yaitu pondasi jalan lama yang terdiri dari agregat dan aspal. Lapisan perkerasan yang telah mengalami kerusakan digaruk dengan *hot milling*, *cold milling* dan *grader*. Lapisan perkerasan yang akan digaruk tergantung dari penyebaran kerusakan yang terjadi. Jika kerusakan terjadi pada lapisan permukaan hingga lapisan *base* dan *sub base* maka penggarukan dapat dilakukan hingga ke lapisan bawah tersebut.

b. Agregat Baru

Dalam kegiatan daur ulang lapis perkerasan digunakan agregat baru jika diperlukan dengan tujuan untuk menambah ketebalan hamparan (meningkatkan nilai struktur perkerasan) dan memperbaiki gradasi campuran bahan garukan.

c. Semen *Portland*

Semen berfungsi sebagai pengikat campuran bahan garukan. Pembentukan sementasi material selama proses hidrasi tergantung pada susunan kimia semen dan tipe semen yang digunakan.

d. Air

Air digunakan untuk reaksi dengan semen *portland* menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang dan dipadatkan).

Menurut Basuki (2012) dengan menggunakan teknologi daur ulang (*recycling*) dapat menghemat penggunaan agregat sebesar 45 % dan aspal baru

sebesar 60 %. Selain itu juga meningkatkan nilai ekonomis bahan garukan, menghemat energi untuk transportasi material, mempertahankan geometrik dan elevasi jalan serta melestarikan sumber alam.

2.9. Biaya Operasi Kendaraan (BOK)

Biaya operasi kendaraan didefinisikan sebagai biaya yang secara ekonomi terjadi dengan dioperasikan suatu kendaraan pada kondisi normal untuk suatu tujuan. Biaya ekonomi adalah biaya yang sebenarnya dikeluarkan oleh pemilik kendaraan baik itu biaya yang dirasakan langsung maupun tidak langsung (Hudoyo, 2006). Analisa ini dilakukan untuk mengetahui penghematan (efisiensi) biaya yang dikeluarkan pengguna jalan. Perhitungan biaya operasi kendaraan menurut Clarkson dalam Sugiono (2005) dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor dalam dan faktor luar.

a. Faktor Dalam

- Keadaan kendaraan, meliputi berat total kendaraan, kecepatan kendaraan, tenaga penggerak mesin, umur kendaraan dan harga kendaraan. Berat kendaraan total akan mempengaruhi jumlah pemakaian bahan bakar dan lama penggunaan ban. Untuk kendaraan berat menggunakan fasilitas penggerak hidrolis berat total kendaraan, akan mempengaruhi kebutuhan minyak pelumas. Semakin berat kendaraan, biaya operasional kendaraan semakin tinggi.
- Kecepatan kendaraan berpengaruh besar pada biaya operasi kendaraan. Dengan penambahan kecepatan energi yang digunakan untuk menggerakkan mesin semakin banyak. Pengurangan kecepatan juga akan

berpengaruh dalam penggunaan ban. Jadi dengan kecepatan stabil akan mendapatkan biaya operasi kendaraan yang lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan yang berubah-ubah.

- Tenaga penggerak mesin, besar tenaga penggerak mesin akan menentukan kekuatan kendaraan. Kendaraan dengan tenaga penggerak yang besar akan mempunyai daya angkut dan daya gerak yang lebih besar.
- Umur kendaraan yang sudah tua menyebabkan kondisi kendaraan menurun dan harus diservis ekstra. Hal ini mempengaruhi berbagai unsur biaya. Biaya perbaikan akan meningkat, harga jual turun dan tentunya akan mengurangi investasi.
- Harga kendaraan yang tinggi menyebabkan biaya suku cadang dan biaya pemasangan yang tinggi pula.

b. Faktor Luar

Faktor ini meliputi kondisi geometris, kondisi perkerasan dan situasi lalu lintas yang dilalui. Faktor tersebut adalah kelandaian naik dan turun, sudut belokan, keadaan permukaan dan kekasaran.

- Kelandaian naik dan turun

Tambahan energi (bahan bakar) dalam perjalanan mendaki diperlukan untuk menambah tenaga kendaraan. Sedangkan kelandaian menurun kebutuhan bahan bakar dan energi cenderung lebih sedikit. Pada jalan di daerah pegunungan dengan kondisi geometrik berbelok-belok, pengaruh bahan bakar yang digunakan kelihatan sekali.

- Keadaan permukaan

Keadaan permukaan akan sangat mempengaruhi biaya operasional kendaraan dan biaya pemeliharaan kendaraan, terutama pada saat mulai bergerak (*start*) berhenti ataupun pada saat pengereman.

- Kondisi lalulintas

Kemacetan dan operasional pengemudi akibat lalulintas akan sangat mempengaruhi biaya operasi kendaraan. Pada kondisi macet, kendaraan harus berhenti atau berjalan pelan, jumlah bahan bakar yang diperlukan bertambah dan waktu yang ditempuh juga semakin lama. Pada simpang bersinyal, kecepatan mendekat dan lama waktu kendaraan berhenti akan menentukan biaya operasi kendaraan.

Di dalam Hudoyo (2006) komponen biaya operasi kendaraan pada umumnya dibagi menjadi dua, yaitu biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya tidak tetap (*variable cost*).

- a. Biaya Tetap

Biaya tetap merupakan biaya yang harus dikeluarkan pada saat awal pengoperasian kendaraan. Biaya ini tidak tergantung pada bagaimana sistem pengangkutan dioperasikan, tetapi biaya ini dipengaruhi oleh waktu dan tidak terpengaruh dengan penggunaan kendaraan. Komponen biaya tetap ini terdiri dari:

- Penyusutan Kendaraan

Biaya penyusutan kendaraan terkait dengan perbandingan harga saat melakukan pembelian kendaraan baru dibandingkan dengan kendaraan

apabila telah mengalami pemakaian. Biaya penyusutan juga dikenal sebagai biaya depresiasi. Pemilik kendaraan dapat memperkirakan berapa tahun pemakaian kendaraan yang lama sehingga dapat menghitung dana yang dibutuhkan apakah cukup untuk membeli kendaraan pengganti dalam jangka waktu tersebut (Hudoyo, 2006).

- Perijinan dan Administrasi

Setiap kendaraan yang melakukan operasi harus memiliki ijin layak jalan. Ijin kendaraan ini dikenakan setiap tahun untuk masing-masing kendaraan. Besarnya berdasarkan ukuran dan tahun pembuatan kendaraan sedangkan biaya perijinan telah ditetapkan oleh pemerintah. Biaya-biaya yang harus dikeluarkan dalam perijinan berupa Surat Tanda Nomor Kendaraan (STNK) dan surat ijin trayek. Selain itu terdapat biaya-biaya lain yang ditetapkan secara berkala (Hudoyo, 2006).

- Gaji Operator

Operator kendaraan adalah seseorang yang bekerja untuk menjalankan kendaraan atau disebut sopir. Beberapa hal yang perlu diketahui dalam penerapan pemberian gaji operator menurut Daniels dalam Hudoyo (2006) adalah sebagai berikut :

- Sopir harus memiliki gaji dasar sehingga walaupun tidak bekerja masih mendapatkan gaji yang diterima.
- Kondektur dan kernet menjadi tanggungan sopir, bukan pemilik kendaraan.

- Beberapa kendaraan yang dioperasikan pemiliknya sendiri harus tetap memperhitungkan pendapatan yang diperoleh
- Cara yang baik apabila biaya awak kendaraan ditambah untuk pembayaran sosial.

- Asuransi Kendaraan

Beban yang dapat ditanggung oleh pihak asuransi, apabila kendaraan rusak, sangat tergantung kepada besarnya premi yang dibayar setiap waktu. Asuransi dapat dipergunakan sebagai perlindungan terhadap seluruh kerusakan kendaraan (Hudoyo, 2006).

b. Biaya Tidak Tetap

Biaya tidak tetap atau biaya variabel merupakan biaya operasi kendaraan yang tergantung pada pemakaian kendaraan sehingga biaya ini dapat dirasakan secara langsung, dengan kata lain biaya tak tetap adalah biaya yang dikeluarkan saat kendaraan beroperasi. Biaya ini berkorelasi secara langsung dengan komponen-komponen yang diperlukan bagi pengoperasian kendaraan (Hudoyo, 2006). Komponen biaya tidak tetap yang berpengaruh terhadap pengoperasian kendaraan adalah sebagai berikut:

- Pemakaian BBM

Menurut Hudoyo (2006) pemakaian bahan bakar minyak biasanya dihitung berdasarkan jumlah kilometer per liter. Nilai ini kebalikan dari ukuran perhitungan biaya, dimana peningkatan dalam per kilo meter suatu kendaraan mencerminkan suatu penurunan biaya BBM. Faktor-

faktor yang berpengaruh terhadap pemakaian BBM adalah sebagai berikut :

- Ukuran Kendaraan

Rata-rata pemakaian BBM meningkat hampir sebanding dengan berat kendaraan. Kendaraan dengan muatan yang berat memiliki kapasitas mesin yang besar serta membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih banyak pula.

- Cuaca dan Ketinggian

Cuaca dan ketinggian ini besar pengaruhnya terhadap kinerja kendaraan. Menurut Winfrey dan Clive Daniels dalam Hudoyo (2006) bahwa peningkatan dalam pemakaian BBM di atas 20 % terjadi pada kendaraan yang dioperasikan pada ketinggian 9.000 kaki (2.736 m) dan meningkat lagi di atas 60 % pada ketinggian 12.000 kaki (3.657 m) di atas permukaan laut, hasil ini dibandingkan dengan kendaraan yang beroperasi pada ketinggian 1.000 kaki (305 m) di atas permukaan laut.

- Cara Mengemudi

Menurut Roth dalam Hudoyo (2006) pemakaian BBM menurut cara mengemudi kendaraan yang berbeda memiliki perbedaan sampai 20 % antara satu dengan yang lainnya.

- **Kondisi Kendaraan**

Menurut Hudoyo (2006) pemakaian BBM akan meningkat 1/3 kali dikarenakan kendaraan semakin lama usia pemakaiannya. Hal ini tergantung pada cara perawatan kendaraan yang bersangkutan.

- **Tingkat pengisian**

Menurut Everall dalam Hudoyo (2006) pemakaian BBM akan meningkat pada kecepatan yang terendah sedangkan pada kecepatan tertentu yang stabil pemakaian BBM relatif tetap, hal ini dilakukan dengan penambahan muatan yang sama pada masing-masing kendaraan.

- **Permukaan Jalan**

Permukaan jalan akan mempengaruhi tingkat kecepatan kendaraan dalam bergerak. Pada umumnya permukaan jalan yang kurang baik akan menyebabkan pemakaian BBM yang lebih banyak dibandingkan dengan kendaraan yang melaju di permukaan jalan yang baik (Hudoyo, 2006).

- **Kecepatan Kendaraan**

Setiap jenis kendaraan dengan kapasitas mesin yang berbeda akan memiliki tingkat kecepatan yang berbeda pula sehingga akan mempengaruhi konsumsi BBM (Hudoyo, 2006).

- **Pemakaian Oli Mesin**

Menurut Hudoyo (2006) pemakaian oli mesin diukur berdasarkan pemakaian setiap liternya dengan 1000 km jarak tempuh. Faktor-faktor

yang berpengaruh terhadap pemakaian oli mesin tergantung pengoperasian dan kondisi kendaraan serta karakteristik jalan dan lalu lintas.

- Biaya Penggunaan Ban

Penggunaan ban jangka waktu penggantianannya didasarkan pada jarak tempuh kendaraan dalam kilometer tetapi ada juga yang mengganti ban dalam hitungan berdasarkan berapa bulan masa pemakaian. Perlakuan terhadap ban pada jalan dengan kondisi buruk akan lebih cepat masa penggantianannya dibandingkan penggunaan ban pada kondisi jalan yang baik (Hudoyo, 2006).

- Biaya Perawatan Kendaraan

Biaya perawatan kendaraan terdiri dari biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan, perbaikan dan penggantian suku cadang. Sedangkan menurut David Lowe dalam Hudoyo (2006) mengatakan bahwa yang termasuk biaya perawatan kendaraan adalah biaya untuk penggantian *spare parts* dan ongkos kerja. Biaya penggantian *spare parts* dapat diketahui melalui daftar harga yang dimiliki oleh toko onderdil kendaraan. Ongkos kerja sendiri ditentukan oleh banyak faktor karena masing-masing operator memiliki cara sendiri untuk memperbaiki kendarannya. Dasar perhitungan untuk menentukan besarnya biaya perawatan kendaraan yaitu didasarkan atas jarak tempuh dan jangka waktu. Faktor-faktor yang mempengaruhi perawatan kendaraan antara

lain umur dan kondisi kendaraan, kondisi permukaan jalan dan kecepatan kendaraan.

Kecepatan merupakan fungsi dari biaya operasi kendaraan (BOK). Menurut Tamin dalam Hudoyo (2006) perubahan tingkat kecepatan akan berpengaruh pada besarnya biaya konsumsi masing-masing komponen biaya operasional kendaraan. Jadi perbaikan sistem transportasi dengan menambah kecepatan rata-rata dapat meningkatkan biaya operasi kendaraan. Kondisi ini dapat berbeda pada kasus pengurangan kecepatan yang disebabkan oleh kemacetan arus lalu lintas. Kecepatan rendah menunjukkan biaya operasi tinggi karena bertambahnya pengereman, percepatan dan keausan kendaraan. Jika arus lancar maka kecepatan dapat meningkat dan mengakibatkan biaya operasi meningkat di satu sisi, tetapi di sisi lain menghindari biaya operasi tambahan yang diakibatkan oleh kemacetan lalu lintas. Komponen biaya operasi kendaraan ini sejalan dengan bergerakanya kendaraan.

Menurut Sitindaon (2013) pada saat kecepatan mulai turun maka akan mengakibatkan biaya operasi kendaraan akan meningkat antara kisaran 0-45 km/jam. Dimana kecepatan dari suatu kendaraan tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor manusia, kendaraan dan prasarana, serta dipengaruhi pula oleh arus lalu lintas, kondisi cuaca dan lingkungan alam sekitarnya. Kekuatan pondasi jalan juga ikut mempengaruhi kecepatan yang dihasilkan oleh suatu kendaraan. Mengingat lapisan pondasilah yang menerima pembebanan yang berat dan paling menderita akibat muatan. Hal ini tidak menutup kemungkinan terjadinya kerusakan di jalan baru akibat kurang kuatnya pondasi dalam menahan beban di

atasnya. Untuk itu diperlukan ketelitian dalam pemilihan material serta perlunya proses pengerjaan yang sesuai dengan standar yang ada. Material yang digunakan untuk lapis pondasi haruslah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan (Sukirman, 2010).

Kuat tekan dari material CTRB ini akan mempengaruhi kondisi jalan yang ada, mengingat beban kendaraan yang melintasi jalan Arteri Selatan ini cukup besar, sehingga kerusakan jalanpun tidak dapat dihindari apabila kuat tekan CTRB ini tidak mampu menahan beban kendaraan yang ada. Kerusakan jalan tersebut akan menyebabkan kecepatan kendaraan menjadi tidak stabil dan menjadikan kendaraan cepat rusak. Kerusakan kendaraan akan menambah biaya pemeliharaan dan penggantian suku cadang kendaraan. Kenaikan penggunaan bahan bakar dan suku cadang berakibat bertambahnya biaya operasi kendaraan. Penambahan biaya operasi kendaraan pada suatu jaringan jalan yang merupakan jalur lintas ekonomi akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan ekonomi (Widodo dkk, 2012).