

# HIGHWAY DESIGN AND MAINTENANCE STANDARDS MODEL HDM-4 OVERVIEW

Sisca V Pandey

Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Jl. Hayam Wuruk No. 5-7 Semarang  
,Phone/Fax: (024) 8311946/8311802.E-mail : [siscapandey@yahoo.com](mailto:siscapandey@yahoo.com)

## Abstrak

HDM-4 merupakan Model yang dikembangkan oleh Bank Dunia dalam rangka memodelkan interaksi interaksi antara biaya konstruksi jalan, biaya pemeliharaan dan biaya operasional kendaraan. Sebelumnya Bank dunia telah melakukan studi terdahulu dimula sejak tahun 1968 dan melalui suatu proses yang sangat panjang. Investasi ekonomi dalam pembangunan jalan dan model pemeliharaan telah banyak dikembangkan untuk membantu perencanaan investasi jalan. HDM-4 memodelkan Highway Cost dengan memperhitungkan construction cost, maintenance cost dan Road User Cost (RUC).

Model yang dihasilkan oleh HDM-4 berupa model kerusakan jalan (Road Deterioration), Model Work Effect mensimulasikan efek pekerjaan jalan pada kondisi perkerasan dan menentukan biaya yang sesuai, Model Road User Effects dengan menentukan biaya operasi kendaraan, kecelakaan lalu lintas dan waktu perjalanan, Model Social and Environmental Effects menentukan efek dari emisi kendaraan dan konsumsi energi.

**Key word : HDM-4, Bank Dunia, Road User Cost.**

## PENDAHULUAN

Bank Dunia memproduksi model untuk proyek pembangunan jalan pertama pada tahun 1968. Model pertama diproduksi yang diproduksi oleh Bank Dunia merupakan hasil kerjasama antara *Transport and Road Research Laboratory (TRRL)* dan *Laboratoire Centrale des Ponts et chaussées (LCPC)*. Selanjutnya Bank Dunia menugaskan *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* untuk melaksanakan studi literatur dan survei untuk membangun model yang didasarkan pada informasi yang tersedia. Model Biaya Jalan / *Highway Cost Model (HCM)* oleh MIT (*Moavenzadeh, 1971*) adalah suatu kemajuan besar atas model lain yang digunakan untuk memeriksa interaksi antara biaya konstruksi jalan, biaya pemeliharaan dan biaya operasional kendaraan. Hal ini seperti penelitian *Dhingra (2009)* bahwa *Highway Cost Model* memperhitungkan *construction cost, maintenance cost dan Road User Cost (RUC)*.

Dalam usaha memperkuat penelitian ini, TRRL yang bekerja sama dengan Bank Dunia, melakukan studi lapangan besar di Kenya untuk menyelidiki kerusakan jalan beraspal dan tak beraspal serta faktor-faktor yang mempengaruhi biaya operasi kendaraan di negara berkembang mengingat bahwa biaya pembangunan jalan sangat dipengaruhi oleh model kerusakan jalan. Hasil dari penelitian ini digunakan oleh TRRL, menghasilkan prototipe pertama *Road Transport Investment Model (RTIM)* untuk negara-negara berkembang (*Abaynayaka, et al., 1977*).

Pada tahun 1976, Bank Dunia mendanai perkembangan lebih lanjut dari (*Highway Cost Model*) HCM di MIT yang menghasilkan model yang mampu melaksanakan analisis ekonomi secara langsung,

dan melakukan otomatis analisis sensitivitas atas variabel kunci seperti tingkat diskonto dan pertumbuhan lalu lintas. Pekerjaan inilah menghasilkan *Highway Design and Maintenance Standards Model* versi pertama (HDM) (*Harral, et al., 1979*).

## TINJAUAN PUSTAKA

### HDM-4

*Pienaar et al, 2000, The Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM-III)*, dikembangkan oleh Bank Dunia, telah digunakan secara luas untuk evaluasi ekonomi dari proyek jalan selama periode sekitar 15 tahun. Seiring waktu dan perkembangan teknis dan komputer maka perlu meng-upgrade HDM-III. Pengembangan dan *Manajemen Tools (HDM-4)* dirilis di awal tahun 2000 sebagai akibat dari sebagai proses peningkatan dan perluasan HDM-III.

*Morosiuk dan Kerali (2001)*, menyatakan bahwa selama tiga puluh tahun terakhir investasi ekonomi pembangunan jalan dan model pemeliharaan telah banyak dikembangkan untuk membantu perencanaan investasi jalan. Model utama yang telah digunakan *TRL Road Transport Investment Model (RTIM)* dan *Highway Design and Maintenance Standards Model* oleh Bank Dunia (HDM).

*International Study of Highway Development and Management (ISOHDM)* adalah sebuah proyek yang didanai oleh Bank Dunia untuk melakukan penelitian telah dilakukan untuk memperluas lingkup model HDM-III dan untuk memberikan sistem harmonisasi pendekatan pengelolaan jalan, dengan beradaptasi sebagai userfriendly software. Penelitian internasional ini menghasilkan suatu model pengembangan jalan

yang merupakan teknik baru analisis ekonomi yang dikenal sebagai HDM-4.

#### **Tujuan Pengembangan HDM-4**

*Road Transport Investment Model (RTIM)* dan HDM-III telah digunakan secara luas, dan telah berperan dalam meningkatkan pemeliharaan dan rehabilitasi jalan di banyak negara, dan untuk mengoptimalkan manfaat ekonomi bagi pengguna jalan.

Hubungan di RTIM dan HDM-III didasarkan pada hasil penelitian dilakukan pada tahun 1970-an dan awal 1980-an. Meskipun banyak model kerusakan jalan masih relevan, ada kebutuhan untuk menggabungkan hasil penelitian yang telah dilakukan di seluruh dunia. Kerusakan jalan akan menyebabkan peningkatan *Road User Cost* termasuk peningkatan biaya operasi kendaraan. Sesuai dengan bertambahnya waktu maka *Road User Cost* terus meningkat sehingga hubungannya dengan biaya operasi kendaraan pasti terus meningkat sehingga perlu adanya perbaikan dan peningkatan. Berbagai penelitian dilakukan memperbaiki hubungan teknis dan untuk menyertakan efek kemacetan lalu lintas, efek iklim dingin, jenis struktur perkerasan dan efek lingkungan. Dengan latar belakang ini pengembangan HDM-4 telah dilakukan (*Kerali, 2000*).

#### **METODOLOGI**

Metodologi dalam penulisan ini merupakan suatu kerangka HDM-4 mulai tahap perencanaan sampai pengoperasiannya. Aplikasi HDM-4 terdiri dari 4 (empat) proses dalam manajemen jalan raya sebagai berikut: a) *Planning / Perencanaan*, b) *Programming / Pemrograman*, c) *Preparation / Persiapan*, d) *Operation / Operasi*. Termasuk di dalamnya analisis dan struktur HDM-4.

##### **a) Planning / Perencanaan**

Perencanaan melibatkan sistem analisis jalan secara keseluruhan, membutuhkan persiapan jangka menengah dan strategis, memperkirakan pengeluaran untuk pembangunan jalan dan anggaran pemeliharaan dalam berbagai skenario ekonomi. Prediksi dibuat pada kondisi jaringan jalan dengan variabel pendanaan dan perkiraan pengeluaran yang diperlukan di bawah anggaran yang ditetapkan.

Secara fisik, sistem jalan raya biasanya pada tahap perencanaan berupa panjang jalan, atau persentase dari jaringan, berbagai parameter seperti kelas jalan atau hirarki, arus lalu lintas / kapasitas, tipe perkerasan, dan kondisi fisik perkerasan jalan.

##### **b) Programming / Pemrograman**

Pemrograman melibatkan persiapan, sangat tergantung pada masalah anggaran yang disediakan pemerintah. Pekerjaan jalan *multi-year* dengan program pengeluaran di mana jaringan jalan kemungkinan membutuhkan perawatan, perbaikan atau pembangunan baru. Pertimbangan jaringan jalan yang akan diprogramkan secara ruas per ruas dengan kondisi perkerasan yang homogen. Kegiatan pemrograman menghasilkan perkiraan pengeluaran setiap tahun sesuai anggaran yang tersedia. Anggaran biasanya dibatasi, dan aspek kunci dari pemrograman adalah untuk memprioritaskan pekerjaan jalan sesuai dengan anggaran yang tersedia.

##### **c) Preparation / Persiapan**

Persiapan adalah perencanaan jangka pendek dimana skema jalan dikemas untuk implementasi. Pada tahap ini, desain dipersiapkan secara lebih rinci seperti; jumlah biaya dan penetapan biaya rinci bersama dengan perintah kerja dan kontrak. Detail spesifikasi dan biaya harus dibuat, dan analisis rinci biaya-manfaat dapat dilakukan untuk mengkonfirmasi kelayakan akhir. Pekerjaan bagian jalan yang berdekatan dapat digabungkan menjadi satu paket untuk menghemat biaya. Kegiatan persiapan yang khas adalah detail desain untuk *overlay*, desain rinci pekerjaan besar seperti persimpangan atau perbaikan *alignment*, penambahan lajur, dll.

##### **d) Operation / Operasi**

Kegiatan ini mencakup pengoperasian pekerjaan perkerasan. Keputusan tentang manajemen operasi yang dibuat biasanya setiap hari atau mingguan, termasuk penjadwalan pekerjaan yang harus dilakukan, pemantauan dalam hal tenaga kerja, peralatan dan bahan, rekaman pekerjaan yang telah diselesaikan, dan penggunaan ini informasi untuk monitoring dan kontrol. Kegiatan biasanya terfokus pada masing-masing bagian atau sub-bagian dari jalan, dengan pengukuran sering dibuat pada tingkat yang relatif rinci.

Fungsi perencanaan, persiapan, pemrograman, dan operasi memberikan kerangka yang cocok di mana kebutuhan pendekatan dapat beroperasi. proses manajemen jalan raya secara keseluruhan dapat dianggap sebagai siklus kegiatan yang dilakukan dalam masing-masing fungsi manajemen. Seperti yang dijelaskan pada Tabel 1.1. berikut ini ;

Tabel 1.1. Peran HDM 4 Dalam Siklus Manajemen Pengelolaan

Fungsi Manajemen	Deskripsi umum	Aplikasi HDM 4
Perencanaan	Strategis analisis sistem Perencanaan sistim jaringan Managemen sistem perkerasan	Analisis strategis
Pemograman	Program analisis sistim Managemen sistem perkerasan Sistem penganggaran	Program analisis
Persiapan	Sistem analisa proyek Sistem management perkerasan Sistem managemen jembatan Desain sistem perkerasan/overlay	Analisis proyek
Operasi	Sistem manajemen proyek Sistem manajemen pemeliharaan Sistem manajemen peralatan Manajemen keuangan/sistem akuntansi	Tidak ditangani oleh HDM-4

Sumber : Kerali, 2000

### ANALISIS HDM -4

HDM-4 yang dapat dilakukan menggunakan 3 alat analisis sebagai berikut:

a)Proyek analisis, b)Program analisis, c)Strategi analisis

#### a) Proyek Analisis

Proyek Analisis berkaitan dengan evaluasi dari satu atau lebih proyek jalan atau jalan tertentu sebagai pilihan investasi. Aplikasi ini menganalisa suatu ruas jalan atau bagian terpilih, dengan biaya yang terkait dan manfaat, diproyeksikan setiap tahun selama periode analisis . Indikator ekonomi yang ditentukan untuk investasi yang berbeda pilihan sesuai dengan kebutuhannya.

Proyek Analisis dapat digunakan untuk memperkirakan kelayakan ekonomi atau rekayasa investasi proyek jalan dengan mempertimbangkan isu-isu berikut: a) Kinerja struktural perkerasan jalan, b) Prediksi siklus hidup kerusakan jalan, efek pekerja jalan dan biaya, c) Biaya pengguna jalan dan manfaat , d) Perbandingan ekonomi alternatif proyek.

Proyek pembangunan jalan identik dengan pemeliharaan dan rehabilitasi jalan, pelebaran, perbaikan geometrik, peningkatan perkerasan dan konstruksi baru. Aplikasi HDM-4 pada dasarnya sama seperti pada HDM-III, namun perbaikan kerusakan telah dikembangkan untuk mencakup kinerja perkerasan yang lebih luas dan kinerja bahan beriklim dingin, termasuk hubungan biaya pengguna jalan termasuk dampak pada keselamatan di jalan.

Dasar analisis dalam HDM-4 adalah ruas jalan homogen. Beberapa pilihan investasi dapat diberikan ke bagian jalan untuk analisis. Volume lalu lintas yang ditentukan dalam lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHR). HDM-4 analitis kerangka kerja didasarkan pada konsep siklus hidup perkerasan. Hal

ini diterapkan untuk memprediksi kerusakan jalan, efek perbaikan jalan, efek pengguna jalan, sosio-ekonomi dan dampak lingkungan selama siklus hidup dari suatu perkerasan jalan, biasanya 15 sampai 40 tahun (Odoki dan Kerali 2000).

Setelah dibangun, perkerasan jalan memburuk sebagai akibat beberapa faktor, terutama: *traffic loading*, kerusakan lingkungan, dan efek dari sistem drainase. Tingkat kerusakan perkerasan secara langsung dipengaruhi oleh standar pemeliharaan yang diterapkan untuk memperbaiki kerusakan permukaan perkerasan (retak, berlubang), atau untuk menjaga struktural perkerasan (perawatan permukaan, *overlay*) sehingga jalan bisa memberikan layana lalu lintas sesuai dengan fungsinya. Kondisi perkerasan jalan untuk jangka panjang sangat tergantung pada standar pemeliharaan atau perbaikan. Ketika standar perawatan diterapkan, maka tingkat kerusakan jalan harus segera diperbaiki. Akibatnya, di samping biaya pembangunan jalan, total biaya yang dikeluarkan oleh instansi pengelola jalan akan tergantung pada standar pemeliharaan dan perbaikan diterapkan. Biaya agensi ditentukan terlebih dahulu memprediksi jumlah konsumsi sumber daya dan kemudian dikalikan dengan *unit cost* yang sesuai.

Dampak dari kondisi jalan, serta standar desain jalan, bagi pengguna jalan diukur dari biaya pengguna jalan (*road user costs*), dan efek sosial dan lingkungan lainnya. Biaya Pengguna jalan terdiri: biaya operasi kendaraan (BOK), biaya waktu perjalanan penumpang dan barang, dan biaya kecelakaan (seperti, hilangnya nyawa, luka pengguna jalan, kerusakan kendaraan dan benda-benda di pinggir jalan). Biaya Pengguna Jalan di HDM-4 dihitung dengan memprediksi jumlah fisik konsumsi sumber daya dan kemudian

mengalikan jumlah ini dengan biaya pengguna unit terkait tertentu. Dampak sosial dan lingkungan dalam HDM-4 terdiri dari emisi kendaraan, konsumsi energi, kebisingan lalu lintas dan kesejahteraan bagi penduduk yang dilalui oleh jalan.

### b) Program Analisis

Program Analisis terutama berkaitan dengan prioritas dari daftar yang ditetapkan calon proyek jalan menjadi program, pekerjaan satu tahun atau *multi-year* sangat tergantung pada kendala anggaran. Dalam aplikasi ini, HDM-4 biasanya daftar panjang calon proyek jalan dipilih sebagai segmen diskrit dari jaringan jalan. Ketika kandidat jalan telah diidentifikasi, analisis program digunakan untuk membandingkan biaya siklus hidup yang diprediksi untuk alternatif (tanpa kasus proyek) terhadap biaya siklus hidup diprediksi untuk alternatif pemeliharaan, perbaikan jalan atau pengembangan (dengan kasus proyek). Ini memberikan dasar untuk memperkirakan manfaat ekonomi yang akan diperoleh dengan memasukkan setiap kandidat proyek dalam jangka waktu anggaran.

HDM-4 dirancang untuk membuat estimasi biaya komparatif dan analisis ekonomi bagi pilihan investasi yang berbeda. Dua atau lebih pilihan yang terdiri dari pemeliharaan jalan dan / atau pekerjaan perbaikan harus ditentukan untuk setiap ruas jalan terpilih dengan satu pilihan yang minimum dilakukan (biasanya perawatan rutin). Manfaat yang diperoleh dari pekerjaan yang dilakukan dihitung selama periode analisis ditentukan dengan membandingkan nilai ekonomi dari aliran biaya yang diprediksi setiap tahun. Biaya diskon ekonomi total didefinisikan sebagai *net present value (NPV)*. Rata-rata siklus

kualitas hidup naik diukur dari indeks kekasaran internasional (IRI) juga dihitung untuk setiap jenis pekerjaan.

### c) Strategi Analisis

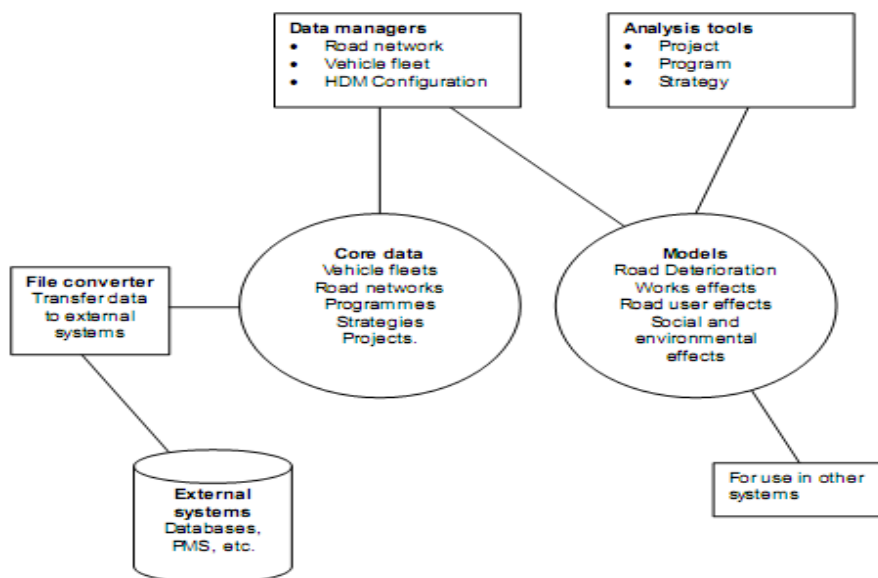
Konsep dari strategi perencanaan jangka menengah ke jangka panjang, pengeluaran jaringan jalan membutuhkan organisasi jalan yang memenuhi syarat. Jadi penawaran strategi analisis dengan seluruh jaringan atau sub jaringan dikelola oleh satu organisasi jalan. Contoh jaringan jalan termasuk jaringan jalan utama, jaringan jalan antar kota sampai ke jaringan jalan lokal.

Matriks jaringan jalan dapat didefinisikan oleh pengguna untuk mewakili faktor terpenting yang mempengaruhi biaya transportasi. Matriks jaringan jalan yang khas bisa dikategorikan menurut :

- Volume atau beban lalu lintas
- Jenis perkerasan
- Kondisi perkerasan
- Lingkungan atau zona iklim
- Klasifikasi fungsional (jika diperlukan)

### Struktur HDM-4

*Pienaar et al., 2000; Kerali, 2000* menyatakan bahwa Analisis program HDM 4 harus memilih dengan cermat jaringan jalan yang akan diinvestasikan sesuai dengan dana yang tersedia. Jaringan jalan diestimasi sesuai dengan pengeluaran yang disediakan pemerintah setiap tahun anggaran. Perkiraan perencanaan jangka panjang kebutuhan pengeluaran untuk pembangunan jalan dan konservasi di bawah berbeda anggaran skenario. Struktur keseluruhan dari HDM-4 diilustrasikan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Struktur keseluruhan dari HDM-4

(Pienaar et al., 2000; Kerali, 2000), bahwa Analisis teknis dalam sistem dilakukan dengan menggunakan empat set model seperti yang terlihat pada Gambar.1. Struktur HDM-4 ;

- 1) RD (*Road Deterioration*): Prediksi kerusakan perkerasan aspal , beton semen Portland .
- 2) WE (*Works Effects*) : Mensimulasikan efek pekerjaan jalan pada kondisi perkerasan dan menentukan biaya yang sesuai.
- 3) RUE (*Road User Effects*): Menentukan biaya operasi kendaraan, kecelakaan lalu lintas dan waktu perjalanan.
- 4) SEE (*Social and Environmental Effects*) : Menentukan efek dari emisi kendaraan dan konsumsi energi.

### KESIMPULAN

Pembangunan jaringan jalan merupakan hal yang sangat penting dalam meningkatkan perekonomian suatu daerah sehingga pemerintah selalu berusaha untuk membangun jaringan jalan, yang sangat dipengaruhi oleh anggaran yang tersedia. Sehingga dalam perencanaannya perlu suatu perencanaan yang matang dan memberikan keuntungan bagi pengguna jalan.

Kerusakan jalan menyebabkan peningkatan biaya pengguna jalan *Road User Cost (RUC)* termasuk peningkatan biaya operasi kendaraan.

HDM-4 memodelkan kerusakan jaringan jalan berdasarkan berdasarkan nilai *International Roughness Indeks (IRI)* dimana jalan yang baru dibangun memiliki nilai IRI yang baik, sesuai dengan bertambahnya waktu dan peningkatan beban lalu lintas maka terjadi penurunan nilai IRI yang mengindikasikan terjadinya kerusakan jalan. Rehabilitas jalan perlu dilaksanakan sesuai dengan standart pemeliharaan jalan untuk mengembalikan fungsi jalan sesuai dengan nilai IRI. Pemeliharaan jalan tetap dilaksanakan sampai pada akhir masa perencanaan .

Struktur HDM-4 dapat memodelkan kerusakan jalan baik jenis perkerasan lentur maupun perkerasan *rigid*. Memodelkan efek pekerjaan jalan pada kondisi perkerasan dan menentukan biaya yang sesuai. Memodelkan biaya pengguna jalan RUC merupakan hal yang sangat penting dalam HDM-4 mengingat biaya operasi kendaraan setiap saat meningkat yang sangat mempengaruhi biaya

pengguna jalan. Yang terakhir HDM-4 memodelkan efek dari emisi kendaraan dan konsumsi energi.

### DAFTAR PUSTAKA.

Abaynayaka, S. W. Morosiuk, G. dan Hide, H. 1977 . “ Prediction of Road Construction and Vehicle Operating Costs in Developing Countries”, *Proceedings of The Institution of Civil Engineers*. 62 (Part I), 419-446.

Kerali, H.G.R., 2000.” Overview of HDM-4”, The Highway Development and Management Series, *PIARC World Road Association*.

Harral, C.G. Watanatada, T. Paterson, W.D.O. Dhareshwar, A.M. Bhanidari,A. dan Tsunokawa, K., 1979. “The Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM): Model Structure, 'Empirical Foundations and Applications”, *PTRC Summer Annual Meeting, University of Warwick, 13-16 July 1979. London*.

Morosiuk, G And H Kerali., 2001. “The Highway Development and Management Tool - HDM-4”. *IKRAMUs Seminar on Asphalt Pavement Technology (ISAPT 2001),Kuala Lumpur, October 2001*.

Moavenzadeh, F., Stafford, J.H., Suhbrier, J., Alexander,J. 1971. “ Highway Design Study Phase I : The Model. *IBRD Economics Department Working Paper No 96*. Washington DC : International Bank for Reconstrucion and Development.

Odoki, J.B. and H.R. Kerali, 2000 .” *Analytical Framework and Model Structure*”, *Volume 4, The Highway Development and Management Series, International Study of Highway Development and Management (ISOHDM)*, Paris: World Roads Association (PIARC).

Pienaar,P.A. Visser, A.T. Dlamini, L. 2000 . ” A Comparison Of The HDM-4 With The HDM-III On A Case Study In Swaziland”, *South African Transport Conference 'Action in Transport for the New Millennium' Conference Papers* , South Africa, 17 – 20 July 2000.