

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasikan (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah mempunyai sifat struktur yang bermacam-macam, hal itu disebabkan karena tanah mempunyai banyak sifat-sifat fisis yang berbeda. Sifat-sifat fisis meliputi berat isi, angka pori, nilai sudut geser, dan berat volume. Berat isi adalah berat tanah termasuk air dan udara dengan volume total. Sudut geser terbentuk akibat dari gerak antara butiran-butiran tanah. Berat volume adalah berat volume butiran tanah termasuk udara, dengan volume total tanah

Secara umum dari hasil *survey* lapangan dan test laboratorium tanah memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Braja M Das, 1998) :

- a. Permeabilitas tanah
- b. Kemampuan dan konsoliditas tanah
- c. Kekutan tegangan geser tanah.
- d. Klasifikasi Tanah

Secara umum tanah dapat diklasifikasikan menjadi 3 berdasarkan sifat lekatnya, yaitu tanah kohesif, tanah tidak kohesif (granular) dan tanah organik tanah. Sifat-sifat tanah kohesif adalah sebagai berikut :

1. Tanah Kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir - butirnya seperti tanah lempung.
2. Tanah Non Kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir - butirnya atau hampir tidak mengandung lempung misal pasir.
3. Tanah Organik adalah tanah yang sifatnya sangat dipengaruhi oleh bahan - bahan organik (sifat tidak baik) seperti sisa-sisa hewani maupun tumbuh-tumbuhan.

Jenis tanah berdasarkan ukuran butir digolongkan menjadi :

1. Batu Kerikil (*gravel*)
2. Pasir (*sand*)
3. Lanau (*slit*)
4. Lempung (*clay*)

Batu kerikil dan pasir dikenal sebagai golongan bahan-bahan yang berbutir kasar/tidak *cohesive*, sedangkan lanau dan lempung di kenal sebagai golongan bahan-bahan yang berbutir halus/*cohesive*.

1.2 Batu kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*)

Golongan ini terdiri dari pecahan-pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butiran-butiran batu kerikil biasanya terdiri dari pecahan batu, tetapi mungkin terdiri dari satu macam zat mineral tertentu, butiran-butiran tersebut biasa terdapat dalam satu ukuran saja atau mencakup seluruh ukuran dari batu besar sampai pasir halus, keadaan ini disebut bahan yang bergradasi baik.

3. Lanau (*slit*)

Yaitu tanah berbutir halus yang berukuran lebih kecil dari 0,074 mm (No. 200). Lanau terdiri dari dua jenis yaitu lanau anorganik (*inorganik silt*) yang merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil mengandung butiran kuarsa sedimensi yang kadang di sebut tepung batuan (*rockflour*) dan tanah lanau organik (*organik silt*) tanah agak plastis berbutir halus dengan campuran partikel partikel bahan organik terpisah secara halus, warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu sangat gelap.

4. Tanah Lempung

Tanah lempung adalah suatu istilah yang dipakai untuk menyatakan tanah yang terdiri dari butiran yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat plastis dan kohesi. Kohesi menunjukkan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya sedangkan plastisitas merupakan sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu diubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya tanpa terjadi retakan-retakan atau pecah-pecah.

2.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das,1995). Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan satu kondisi fisis tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika berdasarkan pada kondisi-kondisi fisis lainnya, oleh karena itu sejumlah sistem klasifikasi telah dikembangkan sesuai dengan maksud yang diinginkan oleh sistem itu. Adapun sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan dalam teknik jalan raya adalah sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) dan sistem klasifikasi tanah AASHTO (*American Association Of State Highway and Transportation Officials*).

A. USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi tanah ini diusulkan oleh Prof.Arthur Cassagrande, sistem ini didasarkan pada sifat tekstur tanah dan sistem ini menempatkan tanah dalam tiga kelompok :

- a. Tanah berbutir kasar
- b. Tanah berbutir halus
- c. Tanah organik

Tanah berbutir kasar adalah tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No.200 $< 50\%$ sedangkan tanah berbutir halus adalah tanah dengan persentase lolos saringan No.200 $> 50\%$.

Tanah ini dibagi dengan simbol-simbol tertentu sebanyak 15 buah,yaitu:

a) Simbol komponen:

- Kerikil : G (Gravel)
- Pasir : S (Sand)
- Lanau : M (Mo)
- Lempung : C (Clay)
- Organik : O (Organic)
- Humus : Pt (Peat)

b) Simbol Gradasi :

- Bergradasi baik : W (Well graded)

- Bergradasi buruk : P (Poorly graded)

c) Simbol Batas Cair

- Tinggi : H (High)
- Rendah : L (Low)

a. Tanah Berbutir Kasar

Tanah berbutir kasar dibagi lagi atas:

- Kerikil dan tanah kerikilan (G)
- Pasir dan tanah kepasiran (S)

Yang termasuk dalam kerikil adalah tanah yang mempunyai persentase lolos saringan No.4 > 50% termasuk kelompok pasir. Baik pasir maupun kerikil dibagi lagi dalam 4 kelompok:

1. Kelompok GW dan SW adalah tanah kerikilan dan kepasiran bergradasi baik dengan butiran halus yang sedikit atau tanpa butiran halus yang non plastis (lolos saringan No.200 < 5%)
2. Kelompok GP dan SP adalah tanah kerikilan dan kepasiran bergradasi buruk dengan butiran halus sedikit yang non plastis
3. Kelompok GM dan SM adalah mencakup tanah kerikil atau pasir kelanauan (lolos saringan No.200 > 12%) dengan plastisitas rendah atau non plastis. Batas cair dan indeks plastis terletak di bawah garis A. Dalam kelompok ini bisa termasuk baik yang bergradasi baik maupun yang bergradasi buruk.
4. Kelompok GC dan SC adalah mencakup tanah kerikil atau kepasiran dengan butiran halus (lolos saringan No.200 < 12%) lebih bersifat lempung dengan plastisitas rendah sampai tinggi, batas cair dan indeks plastisitas tanah ini terletak di atas garis A dengan grafik plastisitas.

b. Tanah berbutir halus

Tanah berbutir halus dibagi dalam lanau (M) yang berasal dari bahasa Swedia dan lempung (C) yang di dasarkan pada batas cair dan indeks plastis juga tanah organis (O) termasuk dalam fraksi ini. Lanau adalah tanah berbutir halus yang mempunyai batas cair dan indeks plastis terletak di bawah garis A dan lempung berada di atas garis A. Lempung organis adalah pengecualian dari

peraturan di atas karena batas cair dan indeks plastisnya berada di bawah garis A. Lanau, Lempung dan tanah organis dibagi lagi menjadi batas cair yang rendah (L) dan tinggi (H), garis pembagi antara batas cair yang rendah dan tinggi ditentukan pada angka 50.

1. Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau pasiran, lanau lempung atau lanau anorganis dengan plastisitas relatif rendah. Juga termasuk tanah jenis butiran lepas, bubur batu, tanah yang mengandung mika juga beberapa jenis lempung.
2. Kelompok CH dan CL terutama adalah lempung anorganis. Kelompok CH adalah lempung dengan plastisitas sedang sampai tinggi mencakup lempung gemuk, lempung gumbo. Lempung dengan plastisitas rendah yang diklasifikasikan CL biasanya adalah lempung kurus, lempung pasir, atau lempung lanau.
3. Kelompok OL dan OH adalah tanah yang ditunjukan sifat-sifatnya dengan adanya bahan organik, lempung dan lanau organis termasuk kedalam kelompok ini dan mereka mempunyai plastisitas berkisar pada kelompok ML dan MH.

c. Tanah organis tinggi

Tanah ini tidak dibagi lagi tapi diklasifikasikan dalam satu kelompok. Biasanya mereka sangat mudah ditekan dan tidak mempunyai sifat sebagai bahan bangunan yang diinginkan, tanah khusus dari kelompok ini adalah humus, tanah lumpur dengan tekstur organis yang tinggi. Komponen umum dari tanah ini adalah partikel daun, rumput, dahan atau bahan-bahan yang regas lainnya.

B. AASHTO (*American Association Of State Highway and Transportation Officials*)

Berdasarkan sistem ini tanah dibagi menjadi 8 kelompok yang diberi nama mulai dari A-1 sampai dengan A-8. Kelompok A-8 merupakan kelompok tanah organik yang revisi terakhir pada sistem AASHTO diabaikan karena tanah pada kelompok ini tidak stabil sebagai bahan pelapisan perkerasan, pada pemakaian

sistem klasifikasi AASHTO menggunakan data dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka diberikan dalam tabel 2.1 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan ditemukan angka-angka yang sesuai dengan menunjukkan suatu gambar dari senjang batas cair dan indeks plastis masuk ke dalam kelompok A-2,A-4,A-5,A-6,A-7.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	Material Granular (<35% lolos saringan no.200)						tanah tanah lanau-lempung (35% lolos saringan no.200)				
Klasifikasi Kelompok	A1		A3	A2			A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6 A-2-7				A-7-5 A-7-6	
Analisa Saringan											
(% lolos)											
2.00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0.425 mm (n0.40)	30 maks	50 maks	51 maks	-	-	-	-	-	-	-	
0.075 mm (n0.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min	
Sifat Fraksi lolos											
Saringan no.40											
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 maks	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks Kelompok (GI)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	6 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		pasir halus	kerikil berlanau atau berlempung dan pasir			tanah berlanau		tanah berlempung		
Penilaian Umum sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik						sedang sampai buruk				

(Sumber : Mekanika Tanah, Ir Hardiyatmo)

Deskripsi dari masing-masing golongan adalah sebagai berikut:

a. Bahan berbutir

Golongan A-1: Biasanya berupa bahan yang merupakan campuran antara butiran-butiran yang mulai dari yang kasar sampai pada yang halus, dengan gradasi yang baik. Mungkin memiliki pelekatan tanah yang non plastis atau plastisitasnya rendah, sub golongan A-1-a terutama terdiri dari pecahan-pecahan batu atau kerikil, sub golongan A-1-b terutama terdiri dari pasir kasar.

Golongan A-3: Bahan yang khas menggambarkan bahan ini adalah pasir pantai yang halus, tidak mengandung bagian halus yang bersifat kelanauan ataupun kelempungan, atau kandungan lanau non-plastis dalam jumlah yang sangat sedikit.

Golongan A-2: Meliputi berbagai bahan berbutir yang merupakan batas antara golongan-golongan A-1 dan A-3 dengan bahan-bahan lanau lempung yang termasuk golongan-golongan A-4, A-5, A-6, dan A-7. Golongan ini termasuk semua bahan yang mengandung fraksi yang melalui saringan 0,075 mm 35% ke bawah yang tidak bisa di klasifikasikan ke dalam golongan A-1 atau A-3.

b. Bahan Lempung dan Kelanauan

Golongan A-4: Bahan yang khas termasuk ke dalam golongan ini berupa tanah ke lanauan yang non-plastis atau yang mempunyai sifat plastis yang sedang.

Golongan A-5: Sama seperti golongan A-4 tetapi tanahnya lebih elastis dengan nilai batas cair yang tinggi.

Golongan A-6 : Golongan ini adalah bahan berupa tanah lempung yang plastis, biasanya perubahan dari keadaan basah ke keadaan kering selalu disertai dengan perubahan volume yang mencolok.

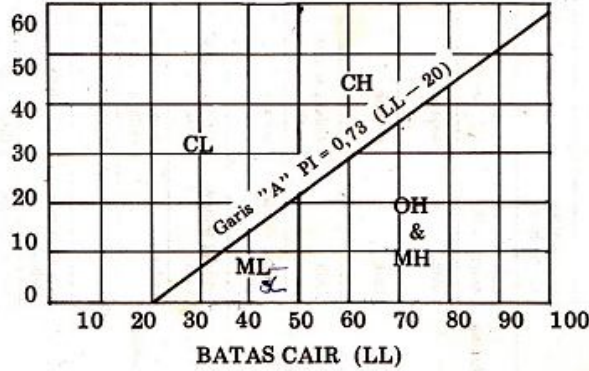
Golongan A-7 : Sama seperti golongan A-6 kecuali bahwa golongan ini memiliki karakteristik batas cair yang tinggi sebagaimana halnya golongan A-5.

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah U.S.C.S

PEMBAGIAN UTAMA			SIMBOL	NAMA JENIS TANAH
1	2		3	4
TANAH BERBUTIR KASAR lebih dari setengah materialnya lebih kasar dari saringan no. 200	KERIKIL lebih dari setengah fraksi kasarnya lebih kasar dari saringan no. 4	Kerikil bersih (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	GW	Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit bahan halus.
		Kerikil dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	GP	Kerikil, kerikil campur pasir bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit bahan halus.
			GM	Kerikil lanauan, kerikil campur pasir dan lanau.
			GC	Kerikil lempungan, kerikil campur pasir dan lempung.
	PASIR lebih dari setengah fraksi kasarnya lebih halus dari saringan no. 4	Pasir bersih (tanpa atau sedikit mengandung bahan halus)	SW	Pasir, pasir kerikilan bergradasi baik tanpa atau dengan sedikit bahan halus.
		Pasir dengan bahan halus (banyak mengandung bahan halus)	SP	Pasir, pasir kerikilan bergradasi buruk tanpa atau dengan sedikit bahan halus.
			SM	Pasir kelanauan, pasir campur lanau.
			SC	Pasir kelempungan, pasir campur lempung.
TANAH BERBUTIR HALUS lebih dari setengah materialnya lebih halus dari saringan no. 200	LANAU DAN LEMPUNG	Batas cair kurang dari 50	ML	Lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batu, pasir halus kelanauan atau kelempungan atau lanau kelempungan sedikit plastis.
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung kerikilan, lempung pasiran, lempung lanauan, lempung humus.
			OL	Lempung organik dan lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah.
		Batas cair lebih dari 50	MH	Lempung anorganik, tanah pasir halus atau tanah lanauan mengandung mika atau diatome lanau elastis.
			CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung ekspansif.
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, lanau organik.
TANAH ORGANIK			Pt	Gambut dan tanah organik lainnya.

(Sumber : Geoteknik dan Mekanika Tanah, Ir. Shirley LH, hal:149)

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah U.S.C.S

SIMBOL	KRITERIA KLASIFIKASI LABORATORIUM	
GW	Tentukan prosentase kerikil dan pasir dari kurva pembagian butir. Berdasarkan pada prosentase bahan halus (fraksi lebih halus dari saringan no. 200). Tanah berbutir kasar diklasifikasikan sebagai berikut: GW, GP, SW, SP GM, GC, SM, SC Pada garis batas menggunakan simbol ganda. Kurang dari 5 % Lebih dari 12 % 5% sampai 12 %	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{lebih besar dari 4}$ $C_c = \frac{(D_{30})}{D_{10} \times D_{60}} \quad \text{antara 1 dan 3}$
GP		Tidak ditemukan semua persyaratan gradasi untuk GW
GM		Batas Atterberg di bawah garis "A" atau PI kurang dari 4
GC		Batas Atterberg di atas garis "A" atau PI lebih besar dari 7.
SW		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{lebih besar dari 6}$ $C_c = \frac{(D_{30})}{D_{10} \times D_{60}} \quad \text{antara 1 dan 3}$
SP		Tidak ditemukan semua persyaratan gradasi untuk SW
SM		Batas Atterberg di atas garis "A" dengan PI lebih besar dari 7.
SC		Batas Atterberg yang masuk pada daerah arsir dengan PI antara 4 dan 7 disebut kasus <i>garis batas</i> dan menggunakan simbol ganda.
ML CL OL MH CH OH	INDEKS PLASTISITAS  BATAS CAIR (LL) KLASIFIKASI LABORATORIUM UNTUK TANAH BERBUTIR HALUS	

(Sumber : Geoteknik dan Mekanika Tanah, Ir. Shirley LH, hal:151)

2.3 Jenis Kerusakan Perkerasan Akibat Daya Dukung Tanah

Adapun jenis-jenis kerusakan perkerasan yang sering terjadi terdapat pada tabel 2.2 dibawah ini

Tabel 2.4 Klasifikasi dan Penyebab Kerusakan Perkerasan Kaku

Klasifikasi		Penyebab Utama
Kerusakan di sebabkan karakteristik permukaan		
Retak setempat	Retak yang tidak mencapai slab - Retak awal - Retak sudut - Retak melintang - Retak di sekitar lapisan tanah dasar	- Pengeringan berlebihan pada saat pelaksanaan - Daya dukung tanah dasar dan lapis pondasi yang tidak cukup besar - Susunan sambungan dan fungsinya tidak sempurna - Ketebalan slab kurang memadai - Perbedaan penurunan tanah dasar mutu beton rendah - Penyusutan struktur dan lapisan pondasi - Konsentrasi tegangan
Patahan (faulting)	- Tidak teraturnya susunan lapisan - Patahan slab	- Pemadatan tanah dasar dan lapis pondasi kurang baik - Penyusutan tanah dasar yang tidak merata - Pemopaan
Deformasi	- Ketidak rataan memanjang	- Fungsi dowel tidak sempurna - Kurangnya daya dukung tanah dasar - Perbedaan penurunan tanah dasar

Tabel 2.4 Klasifikasi dan Penyebab Kerusakan Perkerasan Kaku (lanjutan)

Klasifikasi		Penyebab Utama
Kerusakan di sebabkan karakteristik permukaan		
Abrasi	- Pelepasan butiran - Pelicinan (hilangnya ketahanan gesek) - Pengelupasan (scaling)	- Lapisan permukaan usang - Lapisan permukaan aus penggunaan agregat lunak
Kerusakan sambungan	- Kerusakan pada bahan perekat sambungan - Kerusakan pada ujung sambungan	- Pelaksanaan yang kurang - Bahan pengisi sambungan yang usang - Bahan pengisi yang usang, mengeras, melunak, menyusut
Lain-lain	- Berlubang	- Kerusakan susunan dan fungsi sambungan
Kerusakan struktur Retak yang meluas	- Retak yang mencapai dasar slab - Retak sudut - Retak melintang/ memanjang	- Campuran agregat yang kurang baik seperti kepingan kayu di dalam adukan - Mutu beton yang kurang baik - Kekuatan dukung tanah dasar dan lapis pondasi kurang memadai
Melengkung	- Retak buaya - Jembul - Hancur	- Struktur sambungan dan fungsinya kurang tepat - Perbedaan letak permukaan tanah - Mutu beton yang kurang baik - Kelanjutan dari retak retak yang tersebut di atas - Susunan sambungan dan fungsinya kurang tepat

(Sumber : Tata Cara Pemeliharaan Perkerasan Kaku No.10/T/BNKT/1991 Direktorat Jendral Bina Marga)

Jenis-jenis kerusakan perkerasan jalan tidak sepenuhnya diakibatkan oleh daya dukung tanah, mungkin juga di sebabkan oleh beban kendaraan yang lewat terlalu banyak dan tidak sesuai dengan kelas jalan yang ada. Klasifikasi jalan menurut karakteristik kendaraan yang dilayani terdapat tiga kelas sebagai berikut:

1. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter dan muatan sumbu terberat (MST) yang diizinkan lebih besar dari 10 ton.

Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan-jalan raya yang berjalur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan pelayanan terhadap lalu lintas.

2. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat dengan ukuran lebar tidak melebihi 2500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18 000 milimeter dan muatan sumbu terberat (MST) yang diizinkan 10 ton.

Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu :

1. Kelas II A

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setaraf, di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tapi, tanpa kendaraan tanpa kendaraan yang tak bermotor. Untuk lalu lintas lambat harus disediakan jalur tersendiri.

2. Kelas IIB

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf di mana

dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tapi tanpa kendaraan yang tak bermotor.

3. Kelas IIC

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dari kendaraan tak bermotor.

3. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

Kekuatan perkerasan jalan ditetapkan berdasarkan jumlah kumulatif lintasan kendaraan standar yang diperkirakan akan melewati perkerasan tersebut, diperhitungkan dari mulai perkerasan tersebut dibuat dan dipakai umum sampai perkerasan tersebut dikategorikan rusak, dan volume lalu lintas yang diperbolehkan untuk masing masing kelas jalan terdapat pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Lintasan Harian Rata-rata Berdasarkan Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	LHR dalam SMP
<i>Arteri</i>	I	> 20.000
<i>Kolektor</i>	IIA	6.000 s/d 20.000
	IIB	1.500 s/d 8.000
	IIC	< 2.000
<i>Lokal</i>	III	-

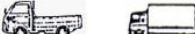
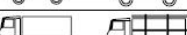
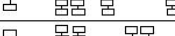
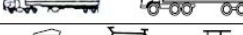
(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1970))

Tabel 2.6 Kategori jenis kendaraan

IRMS, BM			BM 1992	MKJI 1997
1	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda tiga	1	Sepeda motor, skuter, sepeda kumbang dan roda tiga	1. Sepeda motor (MC), kendaraan ber-motor roda 2 dan 3
2	Sedan, jeep, station wagon	2	Sedan, jeep, station wagon	2. Kendaraan Ringan (LV): Mobil penumpang, oplet, mikrobus, pickup, bis kecil, truk kecil
3	opelet, pikup opelet, suburban, kombi, dan mini bus	3	opelet, pikup opelet, suburban, kombi, dan mini bus	
4	Pikup, mikro truk, dan Mobil Hantaran	4	Pikup, Mickro Truk, dan Mobil Hantaran	
5a	Bus Kecil	5	Bus	
5b	Bus Besar			
6	Truk 2 as	6	Truk 2 sumbu	3. Kendaraan Berat (LHV): Bis, Truk 2as,
7a	Truk 3 as	7	Truk 3 sumbu atau lebih dan Gandengan	
7b	Truk Gandengan			
7c	Truk Tempelan (Semi trailer)			
8	Kendaraan tidak bermotor: Sepeda, Beca, Dokar, Keretek, Andong.	8	Kendaraan tidak bermotor: Sepeda, Beca, Dokar, Keretek, Andong.	4. HGV: Truk 3as, dan truk kombinasi (Truk Gandengan dan Truk Tempelan).
				5. Kendaraan Tidak Bermotor (UM)

(Sumber : Ditjen Bina Marga,1992)

Tabel 2.7 Golongan dan Kelompok Jenis Kendaraan

Golongan	Kelompok jenis kendaraan	Jenis kendaraan	Konfigurasi sumbu	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda-3			
2	Sedan, jeep, station wagon			1.1
3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	Pick up, micro truk dan mobil hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2
7a	Truk 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandengan			1.2.2 - 2.2
7c	Truk semitrailer			1.2.2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

(Sumber: Pedoman Survei Pencacahan Lalu Lintas Manual,2004)

2.4 Pengujian Tanah di Laboratorium

Dalam suatu pengujian laboratorium terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah-langkah kerja yang telah ada di buku panduan sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya tanpa adanya sesuatu yang di rekayasa.

2.4.1 Pengujian indeks propertis

Pada pengujian ini dilakukan pada sampel tanah yang akan digunakan yaitu pengujian pengidentifikasian tanah yang *ekspansif*. Adapun pengujian ini terdiri dari :

1. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air sangat mempengaruhi perilaku tanah, khususnya proses pengembangan. Lempung dengan kadar air rendah memiliki potensi pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lempung berkadar air tinggi.

Rumus :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Berat air (gr)}}{\text{Berat Tanah Kering (gr)}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Tabel 2.8 Hubungan Kadar Air dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Kadar Air
Pasir Lembab	2 – 10
Lempung Batu	10 – 20
Loss	20 – 30
Loam (Geluh)	20 – 40
Lempung	20 – 60
Tanah Organik	50 – 100

(Sumber : ASTM D – 2216 – 71)

2 Pengujian berat jenis tanah

Adalah perbandingan antara massa butir-butiran dengan masa air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu, pengujian ini

dengan di oven agar kadar air hilang hingga tanah menjadi kering konstan dan di vacuum dengan desikatot agar udaranya menguap. Persyaratan untuk pengujian berat jenis tanah yaitu :

Tabel 2.9 Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung tak organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

(Sumber : Mekanika Tanah 1, Hary Christady Hardiyatmo.hal 26)

Rumus :

$$GS = \frac{\text{Massa Butiran}}{\text{Massa air dengan Volume yang sama}} = \frac{M_s}{M_w} \dots\dots\dots(2.2)$$

3. Pengujian analisa saringan

Pada umumnya tanah memiliki gradasi yang berbeda-beda, untuk itu diperlukan suatu metode untuk menentukan gradasi dari tanah tersebut, metode tersebut adalah dengan analisa saringan untuk tanah dengan gradasi lebih besar dari 0.075 mm dan dengan analisa hidrometer untuk tanah dengan gradasi lebih kecil dari 0.075mm.

4. Pengujian Batas-batas Konsistensi

Dimana pengujian tanah berdasarkan banyaknya kadar air yang terkandung dalam tanah dan tanah dapat dipisahkan kedalam empat keadaan dasar yaitu padat, semi padat, plastis dan cair. Adapun batas-batas *atterberg* adalah:

o Batas cair (LL)

Adalah kadar air yang dikandung oleh tanah, dimana bila air ditambahkan akan mengakibatkan tanah bersifat *ciscous liquid* dan bila kadar air dikurangi dari batas cair yang tinggi maka tanah bersifat

plastis. Pengujian batas cair dilakukan untuk mengetahui kadar air tanah pada batas keadaan cair dan menentukan dimana tanah berada dalam keadaan batas cair.

Rumus

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat tanah basah+cawan} - \text{Berat tanah kering+cawan}}{\text{Berat tanah kering+cawan}-\text{berat cawan}} \dots (2.3)$$

o Batas plastis (PL)

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air (dalam%) dimana tanah apabila digulung membentuk silinder sampai dengan diameter 3,2 mm menjadi retak-retak dan merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah.

Rumus

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat tanah basah+cawan} - \text{Berat tanah kering+cawan}}{\text{Berat tanah kering+cawan}-\text{berat cawan}} \dots (2.4)$$

o Indeks Plastis

Harga indeks plastis didapat dari selisih batas cair dan batas plastis tanah. Harga ini hanya dipakai sebagai indikator dari masalah stabilisasi tanah terutama terhadap pengembangan.

Dengan perbandingan rumus sebagai berikut:

$$IP = LL - PL \dots (2.5)$$

Dimana :

IP = Indeks Plastis

LL = Liquid Limit

PL = Plastic Limit

Tabel 2.10 Hubungan Indeks Plastis dengan Tingkat Plastisitas dan jenis tanah menurut Atterberg

PI	Tingkat Plastisitas	Jenis Tanah
0	Tidak Plastis	Pasir
$0 < PI < 7$	Plastisitas Rendah	Lanau
7– 17	Plastisitas Sedang	Lanau – Lempung
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung

(Sumber : Soil Mechanics- Alfred R. Jumikis, hal.128)

2.4.2 Pengujian *mechanic test*

1. Pemadatan (*Compaction*)

Pemadatan merupakan proses dimana tanah yang terdiri dari butiran tanah, air dan udara diberi energi mekanik seperti penggilasan dan penggetaran sehingga volume tanah akan berkurang dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah. Pengujian pemadatan ini dilakukan untuk mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas tanah serta untuk menentukan kadar air optimum yaitu nilai kadar air pada berat kering maksimum. Pemadatan ini dilakukan dengan cetakan dan memakai alat pemukul dengan tinggi jatuh tertentu.

kepadatan basah dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho = \frac{(B_2 - B_1)}{V} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan pengertian:

- ρ : kepadatan basah, dinyatakan dalam gram/cm³
- B_1 : massa cetakan dan keping alas, dinyatakan dalam gram
- B_2 : massa cetakan, keping alas dan benda uji
- V : volume benda uji atau volume cetakan, dinyatakan dalam cm³.

kadar air benda uji dengan rumus sebagai berikut:

$$\omega = \frac{(A - B)}{(B - C)} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan pengertian:

- ω : kadar air, dinyatakan dalam %
- A : massa cawan dan benda uji basah, dinyatakan dalam gram
- B : massa cawan dan benda uji kering, dinyatakan dalam gram
- C : massa cawan, dinyatakan dalam gram.

kepadatan (berat isi) kering dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_d = \frac{(\rho)}{(100 + \omega)} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan pengertian:

- ρ_d : kepadatan kering, dinyatakan dalam gram/cm³
- ρ : kepadatan basah, dinyatakan dalam gram/cm³
- ω : kadar air, dinyatakan dalam %.

kepadatan (berat isi) kering dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_d = \frac{(G_s \cdot \rho_w)}{(100 + G_s \cdot \omega)} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan pengertian:

ρ_d : kepadatan kering, dinyatakan dalam gram/cm³;

G_s : berat jenis tanah;

ρ_w : kepadatan air, dinyatakan dalam gram/cm³;

ω : kadar air, dinyatakan dalam %.

2. *California Bearing Ratio (CBR)*

Daya dukung tanah dipengaruhi oleh jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, kondisi drainase dan lain-lain. Pada tanah dengan tingkat kepadatan yang tinggi akan mengalami perubahan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanah sejenis dan tingkat kepadatan yang lebih rendah. Penelitian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR tanah dan campuran tanah di laboratorium pada kadar air optimum tertentu yang didapat dari pengujian pemadatan sebelumnya. Nilai CBR merupakan perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

2.5 Pengujian Tanah di Lapangan

Pengambilan contoh tanah merupakan tahapan penting untuk penetapan sifat-sifat fisik tanah di laboratorium, hasil analisis sifat-sifat fisik tanah di laboratorium harus dapat menggambarkan keadaan sesungguhnya sifat fisik tanah di lapangan. Pengambilan sampel tanah di bagi menjadi dua cara yaitu :

- 1) Contoh tanah tidak terganggu (*Undisturbed sample*) adalah contoh tanah yang struktur asli tanah dan sifat/karakteristiknya dijaga tetap seperti di lapangan tanpa gangguan; contoh ini paling cocok untuk pengujian di laboratorium
- 2) Contoh tanah terganggu (*disturbed samples*) adalah contoh tanah yang sebagian atau seluruh struktur asli tanah terganggu, sementara kadar airnya tetap dijaga.



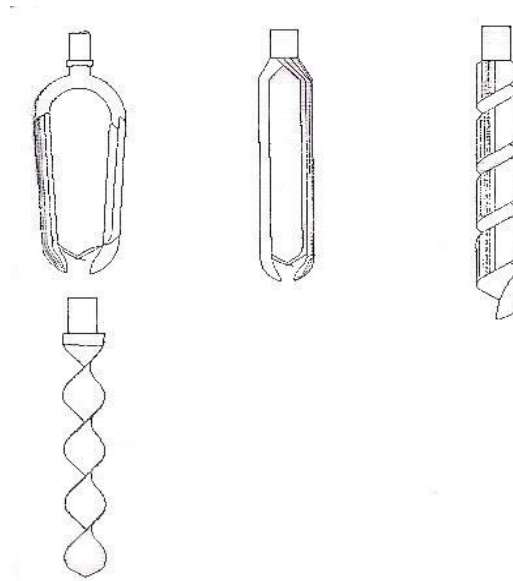
Gambar 2.1 Pengambilan Contoh Tanah Terganggu

1. *Hand Boring*

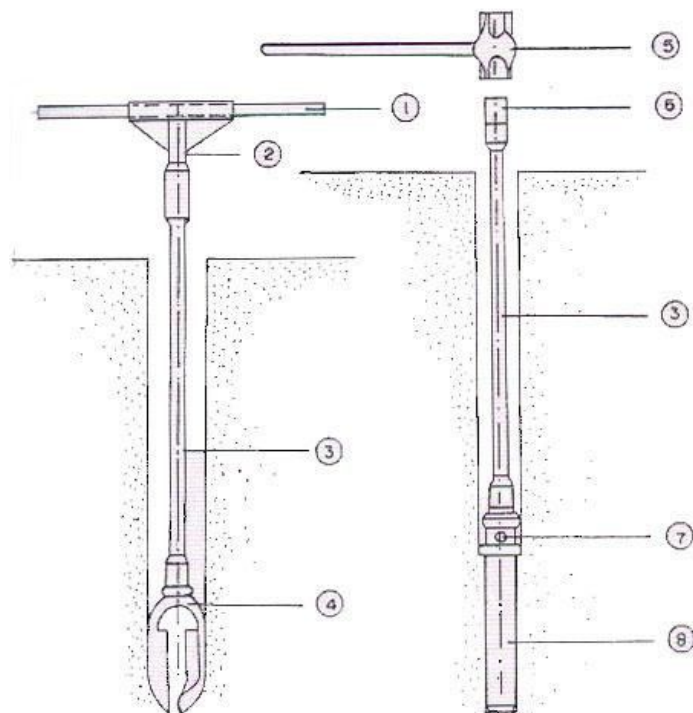
Pemboran tanah adalah pekerjaan paling umum dan paling akurat dalam survey geoteknik lapangan. Pemboran tanah yang dimaksud adalah pembuatan lubang kedalam tanah dengan menggunakan alat bor manual maupun alat bor mesin, untuk tujuan berikut :

- Mengidentifikasi jenis tanah sepanjang kedalaman lubang bor, yang dilakukan terhadap contoh tanah terganggu yang diambil dari mata bor atau core barrel.
- Untuk memasukkan alat tabung pengambil contoh tanah asli di kedalaman yang dikehendaki, untuk mengambil contoh tanah asli.
- Untuk memasukkan alat uji penetrasi baku (*Standart Penetration Test, SPT*) di kedalaman yang dikehendaki.
- Untuk memasukkan alat-alat uji lainnya di kedalaman yang dikehendaki.

Dalam pengambilan sampel kali ini tujuannya untuk memperoleh tanah yang relatif tidak terganggu guna diuji di laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dan sifat-sifat mekanisnya. Untuk mendapatkan gambaran lapisan tanah berdasarkan jenis dan warna tanah melalui pengamatan visual. Peralatan dan bahan berupa mata bor, stang bor, kunci T pemutar bor, stang pemutar, kunci untuk menyambung, hammer, tabung sampel, lilin, meteran.



Gambar 2.2 Jenis-jenis Mata Bor



Gambar 2.3 Komponen Peralatan *Hand Bor*

2. Pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP)

Dynamic Cone Penetrometer (DCP) adalah alat yang digunakan untuk mengukur daya dukung tanah dasar jalan langsung di tempat, daya dukung tanah dasar tersebut diperhitungkan berdasarkan pengolahan atas hasil test DCP yang dilakukan dengan cara mengukur berapa dalam ujung konus masuk ke dalam tanah dasar tersebut setelah mendapat tumbukan palu geser pada landasan batang utamanya. Makin dalam konus yang masuk untuk setiap tumbukan artinya makin lunak tanah dasar tersebut, Pengujian dengan menggunakan alat DCP akan menghasilkan data yang setelah diolah akan menghasilkan CBR lapangan tanah dasar pada titik yang ditinjau. Untuk perhitungan data DCP dengan konus dapat menggunakan rumus 30° sebagai berikut:

$$\text{Log}_{10}(\text{CBR}) = 1,352 - 1,125 \text{ Log}_{10}(\text{cm/tumbukan}) \dots\dots\dots(2.10)$$

Maksud dan tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah dinyatakan dalam nilai CBR dengan satuan %, juga agar dapat menyelidiki tebal dan jenis bahan untuk setiap lapis perkerasan dan untuk mengukur pengaruh pemadatan yang dilakukan oleh lalu lintas normal. Data CBR digunakan sebagai salah satu masukan dalam proses perencanaan jalan yaitu untuk :

- a) Penentuan tebal perkerasan (*Full Dept Pavement*) untuk bagian jalan yang direncanakan akan mendapatkan penanganan pelebaran jalan.
- b) Penentuan tebal lapis ulang (*Overlay*) di atas jalan aspal apabila tidak dapat disediakan/tidak terdapat data *Benkelman Beam*.
- c) Penentuan tebal perkerasan untuk bagian jalan yang harus direkonstruksi (semua perkerasan lama dibongkar).
- d) Penentuan tebal perkerasan jalan baru.

Menentukan nilai CBR lapangan dengan menggunakan data DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) mulai digunakan di Indonesia sejak tahun 1985 atau 1986. Dan persyaratan nilai CBR untuk lapis pondasi bawah umumnya harus nilai CBR minimum 20% dan indeks lastisitas (PI) $\leq 10\%$.

3. Pengujian Kerucut Pasir (*Sand Cone Test*)

Percobaan kerucut pasir (*sand cone*) merupakan salah satu jenis pengujian yang dilakukan di lapangan untuk menentukan berat isi kering (kepadatan) tanah asli ataupun hasil suatu pekerjaan pemadatan yang dilakukan baik pada tanah kohesif maupun tanah non kohesif.

Nilai berat isi tanah kering yang diperoleh dari percobaan ini biasanya digunakan untuk mengevaluasi hasil pekerjaan pemadatan di lapangan (*degree of compaction*) yaitu perbandingan antara γ_d (kerucut pasir) dengan γ_{dmax} hasil percobaan pemadatan di laboratorium.

Tujuan dari pemadatan adalah untuk memperoleh stabilitas tanah dan memperbaiki sifat-sifat teknisnya. Oleh karena itu, sifat teknis timbunan sangat penting untuk diperhatikan, tidak hanya kadar air dan berat keringnya. Pengujian untuk kontrol pemadatan di lapangan dispesifikasikan dan hasilnya menjadi standar untuk mengontrol suatu proyek.

Ada 2 spesifikasi untuk pekerjaan tanah yaitu :

1. Spesifikasi dari hasil akhir.
2. Spesifikasi untuk cara pemadatan.

Tanah sebagai dasar untuk suatu konstruksi harus mempunyai kepadatan yang mencukupi agar mampu untuk menerima beban-beban yang bekerja di atasnya. Untuk itu perlu diketahui kepadatan dari tanah tersebut sehingga akan didapat suatu kesimpulan apakah tanah tersebut memenuhi kepadatan yang diinginkan.

Permasalahan yang mungkin timbul dalam pengujian *sand cone* sehingga mengakibatkan pengukuran kepadatan lapangan yang tidak akurat atau salah, disebabkan antara lain oleh :

- a) Bahan pasir yang tidak bagus (tidak memenuhi syarat gradasi, kurang kering sehingga sulit mengalir melalui corong, tercampur dengan material yang mempunyai daya lekat.
- b) Berat isi pasir yang digunakan untuk pengujian tidak terkalibrasi dengan baik (selalu lakukan kalibrasi berat isi pasir setiap akan melakukan pengujian, hitung rata-rata dari minimal 3 kali kalibrasi berat isi pasir)

- c) Volume pasir dalam botol kurang untuk mengisi penuh lubang dan corong (gunakan botol yang lebih besar jika volume botol kurang)
- d) Adanya getaran yang mempengaruhi pemadatan pasir yang diisikan ke dalam lubang uji
- e) Lubang uji yang terlalu kecil ukurannya
- f) Sample tanah atau material lapis dasar pondasi yang tidak dimasukkan dalam wadah tertutup atau terkena suhu panas sehingga kehilangan kelembaban yang mengakibatkan pemeriksaan kadar air tidak akurat
- g) Permukaan tanah atau lapis dasar pondasi yang diuji tidak rata (jika perlu, pastikan dengan mistar waterpass untuk kerataan permukaan)
- h) Pengujian pada lebih dari 1 jenis lapisan (untuk menguji lapis yang sudah tertutup lapis lainnya, pastikan bahwa lapis di atasnya sudah dikupas habis seluruhnya dan permukaan uji merupakan permukaan lapisan yang diinginkan untuk diuji -- jangan menggali pada perbatasan antar lapisan tanah atau perbatasan antar lapis material dasar pondasi)
- i) Ukuran lubang plat dudukan corong dan diameter corong tidak sama, sehingga ada sisa pasir pada plat dudukan corong yang tidak terhitung pada waktu menghitung isi corong (usahakan diameter lubang plat dudukan corong sama dengan diameter corong)
- j) Penggalan menghasilkan lubang yang lebih besar dari diameter lubang plat dudukan corong sehingga ada celah di bawah plat dudukan yang tidak terisi pasir uji

Berat isi pasir (γ pasir)

$$\gamma \text{ pasir} = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots(2.11)$$

Berat isi Tanah (γ_m)

$$\gamma_m = \frac{W}{\text{isi lubang}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Berat isi kering tanah (γ_d lap)

$$\gamma_d \text{ lapangan} = \frac{\gamma_m}{100 + \omega} \times 100\% \dots\dots\dots(2.13)$$

Derajat kepadatan lapangan (D)

$$D = \frac{\gamma_d \text{ lap}}{\gamma_d \text{ lab}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.14)$$

4. Survei LHR (Lintasan Harian Rata-rata)

Lalu lintas harian rata-rata disingkat LHR adalah volume lalu lintas yang dua arah yang melalui suatu titik rata-rata dalam satu hari, biasanya dihitung sepanjang tahun. LHR adalah istilah yang baku digunakan dalam menghitung beban lalu lintas pada suatu ruas jalan dan merupakan dasar dalam proses perencanaan transportasi ataupun dalam pengukuran polusi yang diakibatkan oleh arus lalu lintas pada suatu ruas jalan. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis, yaitu Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) dan Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR).

a. Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT)

LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh. LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah, atau kendaraan /hari/2 arah untuk 2 jalur 2 arah, SMP/hari/1 arah atau kendaraan/hari/1 arah untuk jalan berlajur banyak dengan median. Untuk menghitung Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan, dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas dalam satu tahun}}{365} \dots\dots\dots(2.15)$$

b. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Untuk dapat menghitung LHRT haruslah tersedia data jumlah kendaraan yang terus menerus selama 1 tahun penuh. Mengingat akan biaya yang diperlukan dan membandingkan dengan ketelitian yang dicapai serta tidak semua tempat di Indonesia mempunyai data volume lalu lintas selama 1 tahun, maka untuk kondisi tersebut dapat pula dipergunakan satuan “Lalu lintas Harian Rata-rata “(LHR). LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya waktu pengamatan. Untuk menghitung Lalu Lintas Harian Rata-rata, dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu Lintas Selama Pengamatan}}{\text{Lamanya Waktu Pengamatan}} \dots\dots\dots(2.16)$$

c. Ekvivalen Mobil Penumpang

Ekivalen kendaraan penumpang untuk kendaraan berat menengah (MHV), bus besar (LB), truk besar (LT) dan sepeda motor diberikan dalam tabel A-3-1 s/d 3 dibawah, sebagai fungsi tipe jalan, tipe alinyemen dan arus lalu lintas, untuk kendaraan ringan (LV) selalu 1,0 arus kendaraan tidak bermotor (UM) dicatat pada formulir IR-2 sebagai komponen hambatan (kendaraan lambat). Tentukan emp masing-masing tipe kendaraan dari tabel yaitu dengan interpolasi arus lalu lintasnya, atau menggunakan diagram pada gambar A 3:1-2 masukan hasilnya ke dalam formulir IR-2, tabel data penggolongan arus lalu lintas perjam, baris 1.1 dan 1.2 (untuk jalan tak terbagi emp sama pada kedua jurusan, untuk jalan terbagi dengan arus yang tidak seimbang.

Tabel 2.11 Ekvivalen Kendaraan Penumpang Untuk Jalan 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Arus Total (Kend/Jam)	Emp					
		MHV	LB	LT	MC		
					Lebar Jalur Lalu Lintas (m)		
					< 6 m	6 - 8m	> 8 m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

(Sumber : Manual Kapasitas Jalan Indonesia)