

# KAJIAN MATERIAL LOKAL GUNA MENDAPATKAN BAHAN TIMBUNAN PILIHAN UNTUK DITERAPKAN PADA RUAS JALAN PERBATASAN TTU-TIMOR LESTE

Aloysius G. Lake<sup>1</sup>, Yos Conterius<sup>2</sup>, Deasi D.A.A. Daud<sup>3</sup>

## Abstract :

Daerah perbatasan, adalah merupakan serambi depan suatu negara. Ketersediaan jalan raya penghubung yang layak adalah merupakan kewajiban negara untuk melaksanakannya. Jaringan jalan raya merupakan prasarana transportasi darat memegang peranan penting dalam sektor perhubungan untuk kesinambungan distribusi orang, barang dan jasa. Di kawasan perkotaan sering terjadi kemacetan yang disebabkan tingginya aktivitas masyarakat, oleh karena itu diperlukan suatu analisa jaringan jalan. Di pedesaan membutuhkan akses jalan baru dan perbaikan jalan untuk mendukung proses pengangkutan hasil bumi dan atau mendukung transportasi masyarakat desa ke kota.

Ketersediaan bahan timbunan pilihan, harga dan kualitas yang memenuhi persyaratan menjadi pertimbangan dalam perencanaan pembangunan jalan. Bahan timbunan pilihan mempunyai peranan yang sangat penting dalam perkerasan jalan, dimana bahan timbunan pilihan menempati proporsi terbesar dalam pelaksanaan jalan perbatasan. Bahan timbunan pilihan yang berasal dari alam seperti batu dan pasir umumnya digunakan sebagai bahan untuk lapis pondasi jalan atau campuran beraspal. Sedangkan untuk menekan biaya konstruksi jalan yang besar maka pemakaian material lokal merupakan pilihan yang paling ekonomis. Namun tidak semua daerah memiliki cadangan material yang cukup atau mutu sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga untuk memenuhi kebutuhan bahan jalan yang semakin meningkat dilakukan dengan cara mendatangkan material dari tempat lain atau melakukan perbaikan material lokal yang tidak memenuhi standar (substandar). Di lain sisi mendatangkan material dari luar untuk pekerjaan jalan akan menambah biaya pelaksanaan pekerjaan jalan. Berdasarkan inilah sehingga penelitian mengenai alternatif material lokal pada pekerjaan jalan, terutama jalan daerah perbatasan Inbate-di Kabupaten Timor Tengah Utara, dilakukan.

Pada sampel dari Desa Inbate, agregat yang digunakan tidak layak untuk dijadikan sebagai bahan urugan pilihan pada pekerjaan jalan sebab nilai CBRnya = 42%. Spesifikasi meminta minimum 60%, selain itu dari sisi nilai gradasinya juga tidak masuk.

**Kata kunci:** Daerah perbatasan, Urugan pilihan, Jalan.

## PENDAHULUAN

Daerah perbatasan, adalah merupakan serambi depan suatu negara. Ketersediaan jalan raya penghubung yang layak adalah merupakan kewajiban negara untuk melaksanakannya.

Jaringan jalan raya merupakan prasarana transportasi darat memegang peranan penting dalam sektor perhubungan untuk kesinambungan distribusi orang, barang dan jasa. Pembangunan prasarana dan sarana transportasi



merupakan hal yang sangat dibutuhkan bagi masyarakat baik di pedesaan maupun di perkotaan dalam menunjang keberhasilan pembangunan terutama dalam mendukung kegiatan perekonomian masyarakat. Di kawasan perkotaan sering terjadi kemacetan yang disebabkan tingginya aktivitas masyarakat, oleh karena itu diperlukan suatu analisa jaringan jalan,

Di pedesaan membutuhkan akses jalan baru dan perbaikan jalan untuk mendukung proses pengangkutan hasil bumi dan atau mendukung transportasi masyarakat desa ke kota. Aksesibilitas dibutuhkan masyarakat untuk memenuhi segala kebutuhannya dan pengembangan kawasan perkotaan sangat didukung oleh prasarana dan sarana transportasi yang baik. Oleh karena itu pembukaan jalan baru menjadi hal yang harus dilakukan pemerintah, untuk mendukung peningkatan hidup masyarakat.

Ketersediaan agregat, harga dan kualitas yang memenuhi persyaratan menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan jalan. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam perkerasan jalan, dimana agregat menempati proporsi terbesar dalam campuran, umumnya berkisar 75% - 85% dari volume total campuran. Agregat standar yang berasal dari alam seperti batu dan pasir umumnya digunakan sebagai bahan untuk lapis pondasi jalan atau campuran beraspal. Sedangkan untuk menekan biaya konstruksi jalan yang besar maka pemakaian agregat lokal merupakan pilihan yang paling ekonomis.

Namun tidak semua daerah memiliki cadangan agregat yang cukup atau mutu sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga untuk memenuhi kebutuhan bahan jalan yang semakin meningkat dilakukan dengan cara mendatangkan agregat dari tempat lain atau melakukan perbaikan agregat lokal yang tidak memenuhi standar (*substandar*). Di lain sisi mendatangkan agregat dari luar untuk campuran aspal akan menambah biaya produksi campuran aspal. Jarak antara lokasi *quarry* material atau agregat dengan lokasi produksi campuran aspal akan mempengaruhi biaya pengangkutan agregat. Semakin jauh lokasi *quarry* agregat akan

menyebabkan biaya pengangkutan yang akan dikeluarkan semakin tinggi sehingga akan membuat harga campuran aspal semakin mahal.

## TINJAUAN PUSTAKA

Jaringan jalan mempunyai peranan yang strategis dan penting dalam pembangunan, untuk itu harus dikelola dengan baik agar dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Pembukaan akses jalan baru bagi masyarakat, merupakan investasi pemerintah yang besar, demi meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya. Sehingga pelaksanaan investasi ini, perlu diperhatikan dan dijalan secara tepat.

### Definisi Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap seperti saluran drainase dan gorong-gorong serta perlengkapannya seperti rambu-rambu jalan dan marka jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas sebagaimana yang diuraikan dalam Undang - Undang No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan, Bab I Pasal 1.

Pembangunan jalan adalah kegiatan pemrograman dan penganggaran, perencanaan teknis, pelaksanaan konstruksi, serta pengoperasian dan pemeliharaan jalan sebagai mana diuraikan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan, Bab I Pasal 1.

### Konstruksi perkerasan jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas (Hardiyatmo, 2007; hal. 5) :

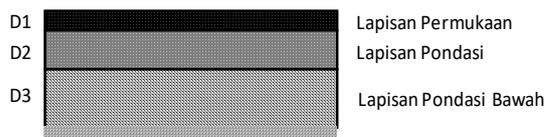
1. Perkerasan Lentur
2. Perkerasan Kaku
3. Perkerasan Komposit

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) terdiri dari lapisan batuan dipadatkan yang berada di bawah permukaan aspal, dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) terdiri dari pelat beton yang terletak langsung di atas tanah atau di atas lapisan material granuler. Beda yang paling menonjol antara kedua tipe perkerasan ini adalah cara keduanya dalam menyebarkan beban

di atas tanah dasar (*subgrade*). Perkerasan kaku yang terbuat dari pelat beton, oleh kekakuan dan modulus elastisnya yang tinggi, cenderung menyebarkan beban ke area yang lebih luas ke tanah. Jadi, bagian terbesar dari kekuatan struktur perkerasan diberikan oleh pelat betonnya sendiri. Sedang pada perkerasan lentur, kekuatan perkerasan diperoleh dari ketebalan lapisan-lapisan pondasi bawah (*subbase*), pondasi (*base*), dan lapis permukaan (*surface course*). Perkerasan komposit adalah perkerasan gabungan antara perkerasan beton semen portland dan perkerasan aspal.

### Perkerasan Lentur

Bagian-bagian jalan umumnya meliputi : lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi (*base course*), lapis permukaan (*surface course*).



Gambar 2.4. Perkerasan Lentur

Sumber : (SKBI-2.3.26, 1987; hal. 05)

### Lapis Permukaan (*surface course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan, dan berfungsi sebagai (Sukirman, 1999; hal. 09) :

1. Lapis perkerasan menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain.

Guna dapat memenuhi fungsi tersebut di atas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. Jenis lapis permukaan yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain (SKBI-2.3.26, 1987; hal. 03) :

1. Lapis Aspal Beton (LASTON), adalah merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal keras, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.
2. Lapis Penetrasi Macadam (LAPEN), adalah merupakan suatu lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dengan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal keras dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dan apabila akan digunakan sebagai lapis permukaan perlu diberi laburan aspal dengan batu penutup.
3. Lapis Asbuton Campuran Dingin (LASBUTAG), adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan pelunak dan filler (bila diperlukan) yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara dingin.
4. Hot Rolled Asphalt (HRA), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.
5. Laburan Aspal (BURAS), adalah merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 9,6 mm atau 3/8 inch.
6. Laburan Batu Satu Lapis (BURTU), adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam. Tebal maksimum 20 mm.
7. Laburan Batu Dua Lapis (BURDA), adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang



- dikerjakan dua kali secara berurutan. Tebal maksimum 35 mm.
8. Lapis Aspal Beton Pondasi Atas (LASTON ATAS), adalah merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu, dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.
  9. Lapis Aspal Beton Pondasi Bawah (LASTON BAWAH), adalah pada umumnya merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan pada temperatur tertentu.
  10. Lapis Tipis Aspal Beton (LATASTON), dikenal dengan nama *Hot Roller Sheet* (HRS), adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Tebal padat antara 25 sampai 30 mm.
  11. Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR), adalah merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran pasir dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

### Lapis Pondasi (*base course*)

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas, dan berfungsi sebagai (Sukirman, 1999; hal. 11) :

1. Menyebarkan tekanan akibat beban-beban lalu lintas agar tanah dasar tidak mengalami tekanan secara berlebihan.
2. Sebagai dasar peletakan lapis permukaan.

Material yang akan digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan CBR > 50 % dan Plastisitas Indeks (PI) < 4 %. Bahan-bahan alam seperti : Batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas.

### Lapis Pondasi Bawah (*subbase course*)

Lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar dinamakan lapis pondasi bawah, dan berfungsi sebagai (Sukirman, 1999; hal. 14) :

1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR 20% dan Plastisitas Indeks (PI) ≤ 10 %.
2. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
3. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
4. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
5. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda - roda alat besar.
6. Lapisan untuk mencegah partikel - partikel halus dari dasar tanah naik ke lapis pondasi atas.

Material yang umum digunakan untuk lapisan pondasi bawah sesuai dengan jenis konstruksinya adalah:

- Batu belah dengan balas pasir (sistim *telford*)
- Tanah campur semen (*soil cement base*)
- Agregat klas B (sistim podasi *aggregate*)

### Tanah Dasar

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat – sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda

sifat dan kedudukannya atau akibat pelaksanaan.

4. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
5. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang terjadi, yaitu pada tanah berbutir kasar (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

### Timbunan pilihan

Pekerjaan timbunan mencakup pengadaan, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan tanah atau bahan berbutir yang disetujui untuk pembuatan timbunan. Timbunan dalam spesifikasi Bina Marga 2010, tentang dokumen pelelangan nasional dibagi menjadi tiga jenis, yaitu timbunan biasa, timbunan pilihan, dan timbunan berbutir di atas tanah rawa. Timbunan pilihan harus digunakan untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah dasar pada lapisan penopang (*capping layer*) dan jika diperlukan di daerah galian. Timbunan pilihan dapat juga digunakan untuk stabilisasi lereng atau pekerjaan pelebaran timbunan jika diperlukan lereng yang lebih curam karena keterbatasan ruangan, dan untuk pekerjaan timbunan lainnya dimana kekuatan timbunan adalah faktor yang kritis. Timbunan Pilihan Berbutir harus digunakan sebagai lapisan penopang (*capping layer*) pada tanah lunak yang mempunyai CBR lapangan kurang dari 2% yang tidak dapat ditingkatkan dengan pemadatan atau stabilisasi, dan di atas tanah rawa, daerah berair dan lokasi-lokasi serupa dimana bahan Timbunan Pilihan dan Biasa tidak dapat dipadatkan dengan baik. Berikut ini bahan timbunan yang digunakan untuk pembuatan lapisan perkerasan jalan raya. Timbunan hanya boleh diklasifikasikan sebagai Timbunan Pilihan atau Timbunan Pilihan Berbutir bila digunakan pada lokasi atau untuk maksud dimana bahan-bahan ini telah ditentukan pada lokasi atau untuk maksud dimana bahan-bahan ini telah ditentukan atau disetujui secara tertulis oleh Direksi Pekerjaan.

Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi semua ketentuan di atas untuk timbunan biasa dan sebagai tambahan harus memiliki sifat-sifat tertentu yang tergantung dari maksud penggunaannya. Seluruh timbunan pilihan harus sesuai dengan SNI 03-1744-1989, memiliki CBR paling sedikit 10% setelah 4 hari perendaman bila dipadatkan sampai 100% kepadatan kering maksimum sesuai dengan SNI 1742 : 2008.

Timbunan Pilihan Berbutir di atas Tanah Lunak atau Tanah Rawa Bahan timbunan pilihan di atas tanah rawa dan untuk keadaan di mana penghamparan dalam kondisi jenuh atau banjir tidak dapat dihindarkan haruslah batu, pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan Index Plastisitas maksimum 6% (enam persen). Daerah tanah lunak atau tanah yang tidak dapat dipadatkan atau tanah rawa, dasar pondasi timbunan harus dipadatkan seluruhnya (termasuk penggemburan dan pengeringan atau pembasahan bila diperlukan) sampai 15 cm bagian permukaan atas dasar pondasi memenuhi kepadatan yang disyaratkan untuk Timbunan yang ditempatkan di atasnya. Penimbunan tanah di atas tanah lunak ini dipengaruhi oleh ketebalan lapisan tanah dibawah permukaan tanah dan ketinggian yang diharapkan setelah tanah mengalami konsolidasi. Proses penimbunan berfungsi untuk meningkatkan tegangan air pori tanah yang terdapat di bawah timbunan secara perlahan diikuti oleh kenaikan tegangan efektif pada tanah dasar. Bantuan dari drainase vertikal berfungsi untuk mempercepat disipasi air pori dengan membuat material yang bersifat permeable sehingga air pori dapat terdisipasi secara horizontal dan mengalir melalui drainase vertikal tersebut. Tinggi timbunan harus diminimasi tapi harus memenuhi ketentuan termasuk akomodasi konsolidasi setelah konstruksi. Waktu yang sesungguhnya harus ditetapkan oleh ahli geoteknik (*geotechnical engineer*) dengan menggunakan Buku Panduan Geoteknik Pt T-08-2002-B, berdasarkan pada tanah asli mencapai paling sedikit 95% penurunan konsolidasi primer atau sampai konsolidasi sisa 26 kurang



dari 100 mm, mana yang memerlukan waktu lebih singkat, sebelum pelaksanaan pekerjaan perkerasan. Perbaikan tanah dasar umumnya menggunakan material timbunan pilihan, stabilisasi kapur, atau stabilisasi tanah semen. Spesifikasi Umum mensyaratkan timbunan pilihan dengan CBR minimum 10% (rendaman 4 hari pada 100% kepadatan kering maksimum).

### Pengertian Perancangan percobaan

Percobaan adalah suatu tindakan atau pengamatan khusus yang dilakukan untuk memperkuat atau melemahkan/meniadakan sesuatu yang meragukan, terutama kondisi yang ditentukan oleh peneliti. Selain itu percobaan juga dapat diartikan sebagai suatu tindakan yang dilakukan untuk menemukan beberapa prinsip atau pengaruh yang tidak/belum diketahui serta menguji atau menjelaskan pendapat atau kebenaran yang diketahui atau diduga (Harjosuwono dkk, 2011: 2). Untuk dapat mengetahui prinsip atau pengaruh sesuatu terhadap kondisi tertentu diperlukan suatu rangkaian percobaan terencana yang disebut dengan perancangan percobaan. Menurut Harjosuwono dkk (2011: 2), perancangan percobaan adalah suatu pola atau prosedur yang dipergunakan untuk mengumpulkan atau memperoleh data dalam penelitian. Dengan kata lain perancangan percobaan adalah prosedur untuk menempatkan perlakuan ke dalam unit-unit percobaan dengan tujuan mendapatkan data yang memenuhi persyaratan ilmiah. Prinsip Dasar Perancangan percobaan dikatakan sah atau valid jika memenuhi tiga prinsip dasar berikut.

#### a. Ulangan

Ulangan adalah pengalokasian suatu perlakuan tertentu terhadap beberapa unit percobaan pada kondisi yang seragam (Mattjik & Sumertajaya, 2006: 61). Pengulangan dilakukan dengan maksud antara lain:

- 1). Menduga ragam dari galat percobaan.
- 2). Menduga galat baku (*standard error*) dari rata-rata perlakuan.
- 3). Meningkatkan ketepatan percobaan.
- 4). Memperluas presisi kesimpulan percobaan, yaitu melalui pemilihan dan penggu-

naan satuan-satuan percobaan yang lebih bervariasi.

#### b. Pengacakan

Pengacakan diperlukan agar rancangan percobaan yang dilakukan terhindar dari pengaruh subjektivitas karena dalam penelitian ilmiah diperlukan logika dan objektivitas. Dengan melakukan pengacakan maka setiap unit percobaan memiliki peluang yang sama untuk mendapatkan suatu perlakuan tertentu. Pengacakan perlakuan pada unit-unit percobaan dapat dilakukan dengan menggunakan tabel bilangan acak, sistem lotere, atau dengan bantuan *software* komputer (Harjosuwono dkk, 2011: 3).

#### c. Pengendalian Lingkungan (*Local Control*)

Pengendalian lingkungan adalah usaha untuk mengendalikan keragaman yang muncul akibat heterogenitas kondisi lingkungan. Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mengendalikan lingkungan antara lain dengan melakukan pengelompokan (*blocking*) satu arah, dua arah, maupun multi arah. Pengelompokan dikatakan baik jika keragaman di dalam kelompok lebih kecil dari pada keragaman antar kelompok. Untuk mencapai hal tersebut maka kelompok yang dibentuk harus tegak lurus dengan arah keragaman unit percobaan (Mattjik & Sumertajaya, 2006: 63). Pembentukan kelompok biasanya lebih didasarkan pada kondisi atau karakteristik objek percobaan yang digunakan dengan syarat kelompok tidak berinteraksi dengan perlakuan. Tujuan dari pengelompokan ini adalah untuk mereduksi pengaruh dari peubah-peubah yang tidak terkontrol.

#### 3. Tujuan

Menurut Mattjik & Sumertajaya (2006: 61), dalam melakukan suatu perancangan percobaan tentunya ada tujuan tertentu yang ingin didapatkan. Adapun tujuan secara umum dari suatu perancangan percobaan adalah:

- a. Memilih peubah terkontrol (X) yang paling berpengaruh terhadap respon (Y).
- b. Memilih gugus peubah X yang paling mendekati nilai harapan Y.

- c. Memilih gugus peubah X yang menyebabkan keragaman respon ( $\sigma^2$ ) paling kecil.
- d. Memilih gugus peubah X yang mengakibatkan pengaruh peubah tak terkendali paling kecil.

4. Unsur

Suatu perancangan percobaan memiliki beberapa unsur yang sangat berpengaruh terhadap hasil percobaan (Mattjik & Sumertajaya, 2006: 64). Unsur-unsur tersebut antara lain:

a. Unit percobaan

Unit percobaan adalah unit terkecil dalam suatu percobaan yang diberikan suatu perlakuan. Unit terkecil ini dapat berupa petak lahan, individu, sekelompok ternak, dan sebagainya tergantung percobaan yang sedang dilakukan.

b. Perlakuan

Perlakuan merupakan suatu prosedur atau metode yang diterapkan pada unit percobaan. Umumnya perlakuan ini merupakan faktor yang ingin diselidiki dalam suatu percobaan.

c. Satuan amatan

Satuan amatan adalah anak gugus dari unit percobaan tempat di mana respon perlakuan diukur. Satuan amatan ini merupakan bagian yang nantinya akan diamati responnya terhadap perlakuan yang diberikan.

d. Galat

Galat atau kesalahan percobaan adalah keragaman yang diakibatkan oleh ketidakmampuan materi percobaan yang diperlakukan sama untuk menghasilkan perilaku yang sama pula (Harjosuwono dkk, 2011: 4). Galat percobaan berguna untuk menguji ada atau tidaknya pengaruh perlakuan atau menguji asal perlakuan dari populasi yang sama atau tidak. Selain itu galat juga berfungsi untuk menunjukkan efisiensi dari suatu rancangan percobaan serta mengukur keragaman suatu pengamatan terhadap unit-unit percobaan.

5. Klasifikasi

Rancangan percobaan merupakan suatu kesatuan dari rancangan perlakuan, rancangan lingkungan, dan rancangan pengukuran. Rancangan perlakuan merupakan rancangan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan dipilih sehingga nantinya sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Sementara rancangan lingkungan adalah rancangan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan dikenakan pada unit percobaan. Sedangkan rancangan pengukuran membicarakan tentang bagaimana respon percobaan diamati dari unit-unit percobaan yang diteliti. Ketiga bentuk rancangan ini dikombinasikan sehingga nantinya akan membentuk suatu perancangan percobaan yang lengkap (Mattjik & Sumertajaya, 2006: 66).

**Rancangan Acak Lengkap**

Rancangan Acak Lengkap (RAL) merupakan jenis rancangan percobaan yang paling sederhana. Pada umumnya, rancangan ini biasa digunakan untuk percobaan yang memiliki media atau lingkungan percobaan yang seragam atau homogen (Mattjik & Sumertajaya, 2000: 53).

1. Pengertian

Rancangan acak lengkap merupakan jenis rancangan percobaan dimana perlakuan diberikan secara acak kepada seluruh unit percobaan. Hal ini dapat dilakukan karena lingkungan tempat percobaan diadakan relatif homogen sehingga media atau tempat percobaan tidak memberikan pengaruh berarti pada respon yang diamati. Adapun model rancangan acak lengkap adalah sebagai berikut (Sastrosupadi, 2000: 53).

$$Y_{ij} = \mu + R_i + \epsilon_{Rij}$$

dengan :  $i = 1, 2, \dots, t$  dan  $j = 1, 2, \dots, r$

$Y_{ij}$  = respon atau nilai pengamatan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

$\mu$  = rata-rata umum.

$R_i$  = pengaruh perlakuan ke-i.



$\epsilon_{ij}$  = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

Asumsi yang digunakan agar dapat dilakukan pengujian secara statistika adalah:

- $\mu$  dan  $\tau\tau$  bernilai tetap.
- $\mu$ ,  $\tau\tau$ , dan  $\epsilon_{ij}$  saling aditif.
- $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$  artinya  $\epsilon_{ij}$  menyebar secara normal dengan nilai rata-rata = 0 dan ragam sebesar  $\sigma^2$
- $\epsilon_{ij}$  bebas satu sama lain.

## 2. Karakteristik

Karakteristik yang perlu diketahui jika melakukan percobaan dengan model rancangan acak lengkap yaitu keragaman atau variasi hanya disebabkan oleh perlakuan yang diujicobakan pada unit percobaan dan perlakuan tersebut merupakan level-level dari suatu faktor tertentu. Sementara itu faktor-faktor di luar perlakuan (faktor lingkungan) pada unit percobaan sedapat mungkin dikondisikan serba sama (homogen) sedangkan penempatan perlakuan pada unit percobaan dilakukan secara acak (Harjosuwono dkk, 2011: 6).

Berdasar karakteristik yang telah disebutkan di atas, penggunaan rancangan acak lengkap ini memang relatif terbatas, yaitu hanya pada percobaan-percobaan yang faktor lingkungannya dapat dijaga atau dikendalikan.

## 3. Keuntungan dan kerugian

Menurut Pratisto (2004: 170), terdapat beberapa keuntungan menggunakan rancangan acak lengkap, yaitu:

- Denah perancangan percobaan mudah dibuat.
- Analisis statistik terhadap unit percobaan sederhana.
- Sangat fleksibel dalam hal jumlah penggunaan, perlakuan, serta pengulangan.

Selain itu rancangan acak lengkap ini juga memiliki sisi lemah apabila digunakan dalam kasus yang kurang tepat. Menurut Sastro-supadi (2000: 54), kerugian yang mungkin timbul dari penggunaan rancangan acak lengkap adalah semakin banyak perlakuan yang diuji coba, semakin sulit pula usaha untuk menyediakan unit percobaan yang homogen. Oleh karena itu rancangan model ini hanya cocok untuk rancangan dengan jumlah perlakuan dan pengulangan yang relatif sedikit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Material yang digunakan untuk timbunan, diambil dari daerah bukit di sekitar desa Inbate, yang kemudian diuji dilaboratorium Politeknik Negeri Kupang agar bisa mengetahui kelayakan penggunaan materialnya.

REKAPAN SIFAT MATERIAL				
No	SIFAT - SIFAT	NILAI	SATUAN	SPESIFIKASI
1	CBR	42,0	%	min. 60
2	Kepadatan	2,045	g/cm <sup>3</sup>	
3	Kadar Air Optimum	10,20	%	
4	Abrasi	31,68	%	0 - 40
5	Batas Cair	NP	%	0 - 35
6	Indeks Plastis	NP	%	0 - 10
7	Hasil Kali Indeks Plastis dg % Lolos Ayakan No.200	0,00%	%	-

EVALUASI GRADASI AGREGAT								
No Saringan	2'	1 1/2'	1'	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200
Hasil Gradasi	85,69	43,2	26,2	18,6	2,5	13,4	7,5	4,0
Spesifikasi	100	88-95	70-85	30-65	25-55	15-40	8-20	2-8

California Bearing Ratio ( CBR ) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Seiring dengan berkembangnya teknologi yang sangat pesat, maka orang-orang geoteknik mengembangkan teknologinya dengan menciptakan alat penggilas yang digunakan untuk memadatkan tanah yang lebih modern di lapangan sehingga pada proses pemadatan akan memperoleh hasil yang maksimal.

Nilai CBR dikembangkan untuk mengukur kapasitas daya dukung beban tanah yang digunakan sebagai jalan. CBR juga dapat digu-

nakan untuk mengukur kapasitas daya dukung beban perkerasan jalan. Semakin keras suatu material, semakin tinggi rating CBR. Tanah pertanian umumnya mempunyai nilai CBR sekitar 3, tanah lempung basah mempunyai nilai CBR 4.75, pasir lembab memiliki CBR 10, agregat memiliki CBR lebih dari 80.

Pada sampel dari Desa Inbate, agregat yang digunakan tidak layak untuk dijadikan sebagai bahan urugan pilihan pada pekerjaan jalan sebab nilai CBRnya = 42%. Spesifikasi meminta minimum 60%, selain itu dari sisi nilai gradasinya juga tidak masuk.

**Tabel 1.** Hasil pengujian berat jenis agregat dari lokasi Inbate

Pelaksana	: Peneliti
Lokasi	: Daerah Desa Inbate
Tanggal Pengujian	: 4 September 2016
Jenis Material	: Agregat

Ukuran	Persen	Berat Jenis			Catatan
		Bukl	SSD	Apperent	
Agregat	Agregat				
> No 4	35,8	2,496	2,534	2,594	
< No.4	64,2	2,584	2,636	2,725	

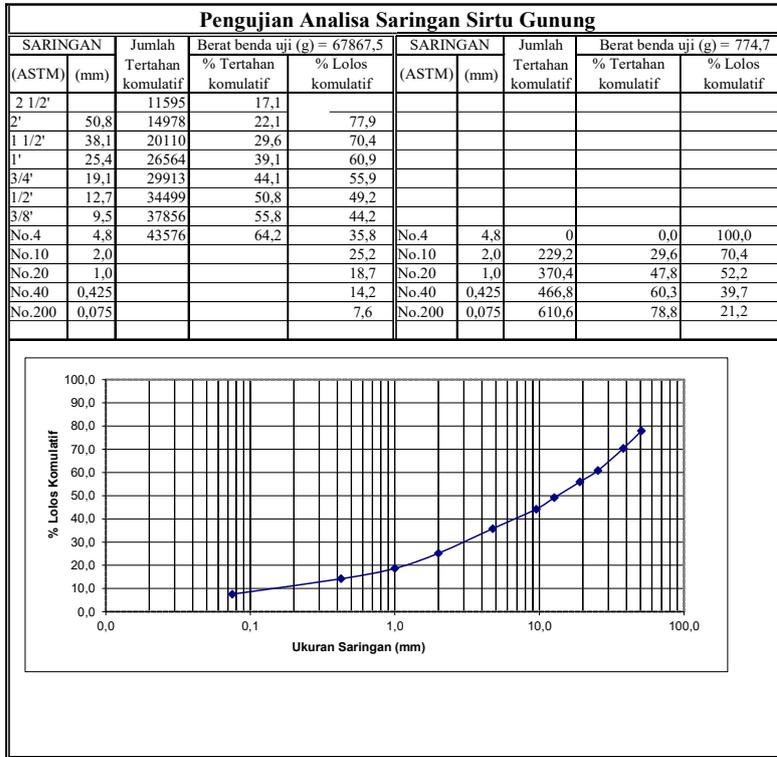
  

Berat Jenis Bulk	=	$\frac{35,8}{100} \times 2,594 + \frac{64,2}{100} \times 2,584$	=	2,588
Berat Jenis SSD	=	$\frac{35,8}{100} \times 2,636 + \frac{64,2}{100} \times 2,636$	=	2,636
Berat Jenis Apparent	=	$\frac{35,8}{100} \times 2,753 + \frac{64,2}{100} \times 2,715$	=	2,729
Berat Jenis Efektif	=	$\frac{2,588 + 2,729}{2}$	=	2,658

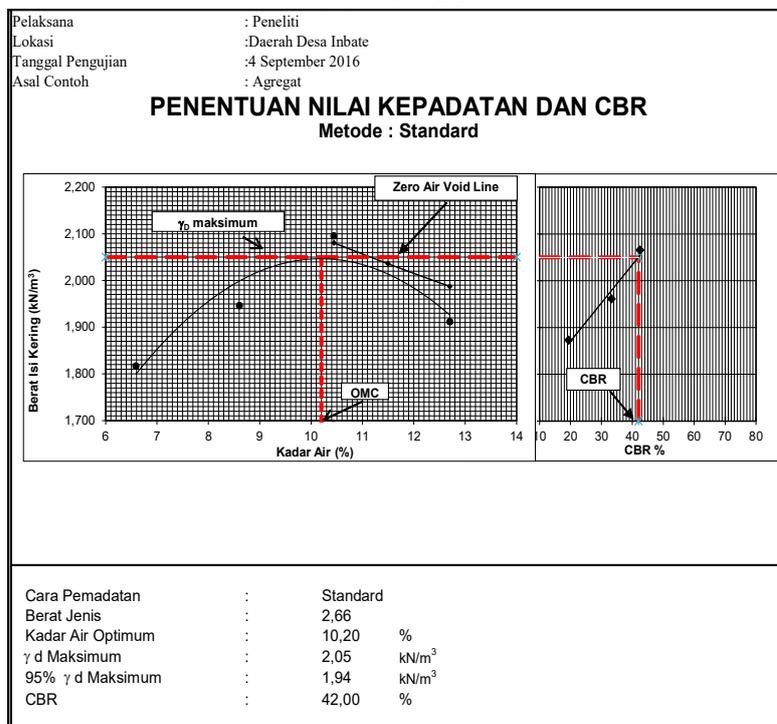
Hasil pengujian yang diperoleh dari agregat yang diambil di Desa Inbate adalah, berat jenis Bulk 2, 588, berat jenis SSD, 2,636, Berat jenis apparent, 2, 729, berat jenis efektif 2,658.



Tabel 2. Hasil pengujian analisa saringan agregat dari Desa Inbate



Tabel 3. Hasil pengujian CBR



Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai CBR material ini 42%. Pada sampel dari Desa Inbate, agregat yang digunakan tidak layak untuk dijadikan sebagai bahan urugan pilihan pada pekerjaan jalan sebab nilai CBRnya = 42%. Spesifikasi meminta minimum 60%, selain itu dari sisi nilai gradasinya juga tidak masuk. Sehingga material ini tidak layak untuk dijadikan lapisan pondasi pada pekerjaan jalan perbatasan, dan uji terapannya tidak dilakukan.

### **KESIMPULAN**

Material yang dari Desa Inbate, ternyata tidak memenuhi spesifikasi untuk dijadikan bahan pondasi pada pekerjaan jalan perbatasan. Nilai CBR = 42% < 60%, menyebabkan material ini memiliki daya dukung tanah yang rendah.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- “Petunjuk Pelaksanaan Pekerjaan Jalan “, Ditjen Bina Marga.
- “Mix Design Method For Asphalt Concrete and Other Hotmix Type”, Asphalt Institute College Park, Maryland.ss
- “ Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON)”, Ditjen Bina Marga.
- “ Bituminous Material in Road Construction” , Departement of scientific and Industrial research, Road Research Laboratory, London, 1962.
- “ Spesifikasi Umum”, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Yoder, E.J And Witczak, MW “ Principles Of Pavement Design “, A Willey Interscience Publication, Newyork-Chichester-brisbane-Toronto, 1975.
- Soedarsono, D.U “Konstruksi Jalan Raya” , Badan Penerbit Pekerjaan Umum,1979.S