



**ANALISIS PEMANFAATAN MATERIAL GUMUK DI
KECAMATAN PAKUSARI KABUPATEN JEMBER
SEBAGAI BAHAN PERKERASAN JALAN**

SKRIPSI

Oleh
Khoirul Muzakki Rizqon
NIM 101910301067

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**ANALISIS PEMANFAATAN MATERIAL GUMUK DI
KECAMATAN PAKUSARI KABUPATEN JEMBER
SEBAGAI BAHAN PERKERASAN JALAN**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Khoirul Muzakki Rizqon
NIM 101910301067**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk

1. Ibunda Maswiyati dan Ayahanda Abdul Ghofur yang tercinta;
2. Adikku Alfian Hidayatullah dan keluarga besar lainnya yang telah memberi dukungan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan;
4. Teman-teman jurusan Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2010 dan semua pihak yang telah membantu;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang berilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.
(terjemahan Surat *Al-Mujadallah* ayat 11)^{*)}

Tidak menjadi masalah seberapa pelannya Anda melangkah, selama Anda tidak berhenti.^{**)}

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia: 1998. Al Qur'an dan terjemahannya. Semarang: PT. Kumudasmoro Grafindo.

^{**)} Confusius dalam Kriston Rasmanto 2011. Anda pun bisa sukses. Yogyakarta: Rumi Publishing.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khoirul Muzakki Rizqon

NIM : 101910301067

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : “Analisis Pemanfaatan Material Gumuk di Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember sebagai Bahan Perkerasan Jalan” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2015

Yang Menyatakan,

Khoirul Muzakki Rizqon
NIM 101910301067

SKRIPSI

**ANALISIS PEMANFAATAN MATERIAL GUMUK DI KECAMATAN
PAKUSARI KABUPATEN JEMBER SEBAGAI BAHAN
PERKERASAN JALAN**

Oleh

Khoirul Muzakki Rizqon
NIM 101910301067

Pembimbing :

Dosen Pembimbing I : Mokhammad Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pemanfaatan Material Gumuk di Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember sebagai Bahan Perkerasan Jalan” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknik Sipil Universitas Jember

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

M. Farid Ma’ruf, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19721223 199803 1 002

Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.
NIP 19710327 199803 1 003

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Sonya Sulistyono, S.T., M.T.
NIP 19740111 199903 1 001

Nunung Nuring H., S.T., M.T.
NIP 19760217 200112 2 002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Analisis Pemanfaatan Material Gumuk di Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember sebagai Bahan Perkerasan Jalan; Khoirul Muzakki Rizqon, 101910301067; 2015: 57 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Jember merupakan salah satu kabupaten di Jawa Timur yang memiliki banyak bukit-bukit kecil yang disebut gumuk oleh masyarakat. Menurut sumber yang ada, terbentuknya gumuk diakibatkan oleh letusan Gunung Raung di masa lampau. Keberadaan gumuk di Jember hampir tersebar merata di seluruh wilayahnya. Ketinggian gumuk bervariasi mulai dari < 10 meter hingga > 50 meter. Melihat volume gumuk yang ada, material gumuk di Kecamatan Pakusari sangat potensial untuk dimanfaatkan, khususnya untuk material perkerasan jalan. Karena selama ini pemanfaatan material gumuk hanya sebagai tanah urug, dan batu gumuk hanya digunakan untuk pondasi rumah tinggal. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui mutu tanah gumuk di Jember khususnya Kecamatan Pakusari apakah memenuhi persyaratan dan bisa menjadi pilihan alternatif untuk digunakan sebagai bahan lapis pondasi jalan.

Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahapan percobaan laboratorium secara berkesinambungan. Yang pertama adalah uji pendahuluan yang berupa pengujian gradasi agregat, indeks propertis tanah, dan *atterberg limit* untuk mengetahui sifat dasar dan karakteristik tanah. Yang kedua adalah sifat mekanis yang berupa pemadatan, CBR, dan abrasi agregat kasar dengan mesin Los Angeles. Spesifikasi teknis lapis pondasi agregat mengacu kepada Departemen Pekerjaan Umum (2006). Penelitian dilakukan di Laboratorium Geologi dan Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember. Lokasi dari 3 gumuk yang diteliti masing-masing 2 sampel di Desa Kertosari dan 1 sampel di Desa Pakusari. Pemilihan gumuk didasarkan pada volume gumuk yang memungkinkan untuk diteliti dan juga akses yang mudah untuk dilewati.

Dari uji pendahuluan yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa material dari 3 gumuk di Pakusari tidak memenuhi persyaratan gradasi dan indeks plastisitas untuk digunakan sebagai bahan lapis pondasi agregat. Rata-rata material dari 3 gumuk Pakusari memiliki kecenderungan agregat halus lebih banyak dari agregat kasar. Dari hasil analisis saringan menunjukkan bahwa terlalu banyak agregat kasar yang lolos pada ukuran saringan 9,5 mm – 75 mm. Untuk nilai indeks plastisitas rata-rata hasil dari pengujian didapatkan nilai 6%.

Karena pada uji pendahuluan didapatkan hasil bahwa ketiga sampel gumuk tidak memenuhi persyaratan, maka selanjutnya akan dilakukan pencampuran material antar gumuk untuk mendapatkan proporsi campuran yang sesuai dengan persyaratan lapis pondasi agregat. Metode yang digunakan dalam pencampuran adalah metode analitis dan *trial blend* atau coba-coba. Kombinasi campuran yang dipakai adalah Pakusari 1 + Pakusari 2, Pakusari 1 + Pakusari 3, dan Pakusari 2 + Pakusari 3. Setelah dilakukan analisis perhitungan campuran, tetap tidak didapatkan campuran agregat yang sesuai dengan persyaratan gradasi lapis pondasi agregat karena agregat kasar yang cenderung lebih sedikit daripada agregat halus. Maka pengujian selanjutnya yaitu sifat mekanis tanah tetap dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah jika mendapat pengaruh-pengaruh tertentu dari luar.

Dari uji pemadatan, didapatkan nilai MDD (*Maximum Dry Density*) yang selanjutnya dipergunakan dalam uji CBR (*California Bearing Ratio*). Rata-rata nilai hasil uji CBR dari ketiga kombinasi campuran sampel adalah < 35%, sehingga tidak ada satupun sampel campuran yang memenuhi persyaratan nilai CBR lapis pondasi agregat. Untuk uji abrasi agregat kasar, nilai hasil uji rata-rata adalah 30%. Mengacu pada persyaratan nilai abrasi agregat kasar lapis pondasi agregat maka ketiga sampel campuran termasuk ke dalam Kelas A, B, maupun C.

Kesimpulan peneliti adalah ketiga material tanah asli gumuk maupun tanah campuran tidak dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi agregat, baik kelas A, B, dan C karena tidak memenuhi beberapa persyaratan lapis pondasi agregat. Untuk mendapatkan agregat yang memenuhi persyaratan dibutuhkan campuran agregat dari luar.

SUMMARY

Analysis Of The Use Of Dune Material In The Subdistrict Pakusari District Jember As Road Pavement Material: Khoirul Muzakki Rizqon, 101910301067; 2015: 55 Pages; Civil Engineering Department of Engineering Faculty Jember University.

Jember is one district in East Java which has a lot of small hills called dune by the civilians. According to an existing source, the establishment of dune is caused by the volcanic eruption of Mount Raung in the past. The existence of gumuk in Jember almost spread evenly all around the area. The height of gumuk varies from 10 meters to 50 meters. Looking at the volume of the existing dunes, dune material in Pakusari very potential to be exploited, in particular for the material of road pavement material. Because so far the use of material gumuk only as heap, and dunes stones used only for foundations of the house. The purpose of research is to know the quality of dunes material in Jember especially sub-district Pakusari whether the dunes material is complied the requirements and could be the choice of alternative to used as a foundation layers of aggregates the road pavement.

This research is done over in 2 continuously phases of laboratory experiments. The first is the preliminary test which contained of gradations of aggregates tests, the index propertis, and atterberg limit to know the characteristics of the aggregates. The second is the mechanical properties test which contained of compaction, CBR, and abrasion of the coarse aggregates with a Los Angeles machine. Technical specifications foundation layers of aggregates reference to the Ministry Of Public Works (2006). The research was done in a Geology And Mechanics Soil Laboratory of the Civil Engineering Department of Engineering Faculty Jember University. The location of 3 dunes to be researched each 2 sample in the Kertosaris Village and 1 sample in Pakusaris Village. The selection of dunes is based on the volume that allows to be researched and also easy access to bypassed.

From the preliminary test who have done, the obtained results is the 3 dunes in Pakusari does not complies the requirements of gradations and plasticity index to used as foundation layers of aggregates. The average materials from 3 dunes of Pakusari having a tendency the fine aggregate more than coarse aggregate. From the sieve analysis shows that too many coarse aggregate missed on the size of a sieve 9,5 mm - 75 mm. The value of the plasticity average tests results is 6%.

Because in preliminary test the result was obtained that the third sample is not complies the requirements, then the next will be held job mixing material between dune to get the proportions of the mixture in accordance with the requirements of the foundation layers of aggregates. The Methods who used in job mixing of aggregates is a method of analytical and blend trial. The Combination who be used is Pakusari 1 + Pakusari 2, Pakusari 1 + Pakusari 3, dan Pakusari 2 + Pakusari 3. After an analysis of a mixture calculation was done, but still not obtained a mixture who according the requirements of foundation layers of aggregates because the coarse aggregate that tends to less than an fine aggregate. And the next test is mechanical properties still is done to know the The capability of soil if get Influence from the outside.

From the mechanical properties test who consists of compacting, obtained values of MDD (Maximum Dry Density) which later will be used in the test of CBR (California Bearing Ratio). The result of CBR test is show that the average of CBR test result from third combination sample is $< 35\%$, so there are none of third sample who complies the requirements CBR value foundation layers of aggregates. For abrasion test of coarse aggregate, the average value result of test is 30%. Referring to the requirements of abrasion value the foundation layer of aggregate then the third mixture sampel included in A, B, and C class.

The conclusion of the researchers is the third original soil materials of dunes or the mixture sample cannot be used as material the foundation layer of aggregate, whether A, B, or C class because not complies several of the requirement material foundation layer of aggregate. To get aggregate who complies the requirement is needed a mixture of the aggregate from outside.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pemanfaatan Material Gumuk di Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember sebagai Bahan Perkerasan Jalan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I dan Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Ir. Krisnamurti, M.T., dan Dwi Nurtanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
3. Laboratorium Geologi dan Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember beserta jajarannya, Dr. Anik Ratnaningsih, S.T, M.T., selaku Kepala Laboratorium Geologi dan Mekanika Tanah, M. Hasan Affandi, A. Md., selaku Teknisi Laboratorium beserta Asisten Lab yang telah membimbing dalam proses uji laboratorium;
4. rekan kerja tim skripsi bidang geoteknik: Fefen, Ageng, Dayat, Edo, dan Heaven yang telah membantu dalam proses uji laboratorium dan analisis data;
5. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Gumuk	5
2.2 Sifat Fisik dan Klasifikasi Tanah	4
2.2.1 Kadar Air Tanah	5
2.2.2 Berat Isi Tanah	5
2.2.3 Berat Jenis Tanah.....	6
2.2.4 Analisis Ukuran Butir	7
2.2.5 Batas-Batas Konsistensi (<i>Atterberg Limit</i>)	8
2.2.6 Klasifikasi Tanah	10
2.3 Pencampuran Agregat	14

2.4 Sifat Mekanis Tanah	11
2.4.1 <i>California Bearing Ratio (CBR)</i>	14
2.4.2 <i>Abrasi Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles</i>	16
2.5 Konstruksi Perkerasan Jalan	16
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Lokasi Penelitian	24
3.2 Bahan Penelitian	24
3.3 Peralatan Penelitian	25
3.4 Uji Pendahuluan	25
3.5 Pencampuran Agregat	26
3.6 Pengujian Sifat Fisik Tanah	26
3.6.1 Kadar Air	26
3.6.2 Berat isi tanah	27
3.6.3 Berat isi tanah	27
3.6.4 Analisis Ukuran Butir	28
3.6.5 Batas-Batas Konsistensi.....	29
3.7 Pengujian Sifat Mekanis Tanah	33
3.7.1 Uji CBR (<i>California Bearing Ratio</i>) Laboratorium.....	33
3.7.2 Pengujian Abrasi Agregat (<i>Keausan Agregat</i>).....	35
3.8 Diagram Alir Penelitian	37
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Sifat Fisik dan Klasifikasi Tanah Tiap Lokasi	39
4.1.1 Analisis Ukuran Butir	33
4.1.2 Indeks Propertis Tanah.....	40
4.1.3 Batas Konsistensi dan Plastisitas (<i>Atterberg Limit</i>).....	42
4.1.4 Klasifikasi Tanah	44
4.2 Pencampuran Agregat	46
4.3 Karakteristik Tanah Campuran	47
4.3.1 Analisis Ukuran Butir	47
4.3.2 Indeks Propertis Tanah.....	49
4.3.3 Batas Konsistensi dan Plastisitas (<i>Atterberg Limit</i>).....	51

4.4 Pemadatan (<i>Modified Proctor</i>)	53
4.5 CBR (California Bearing Ratio)	54
4.6 Uji Abrasi Agregat Kasar Tiap Campuran Dengan Mesin	
Los Angeles	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

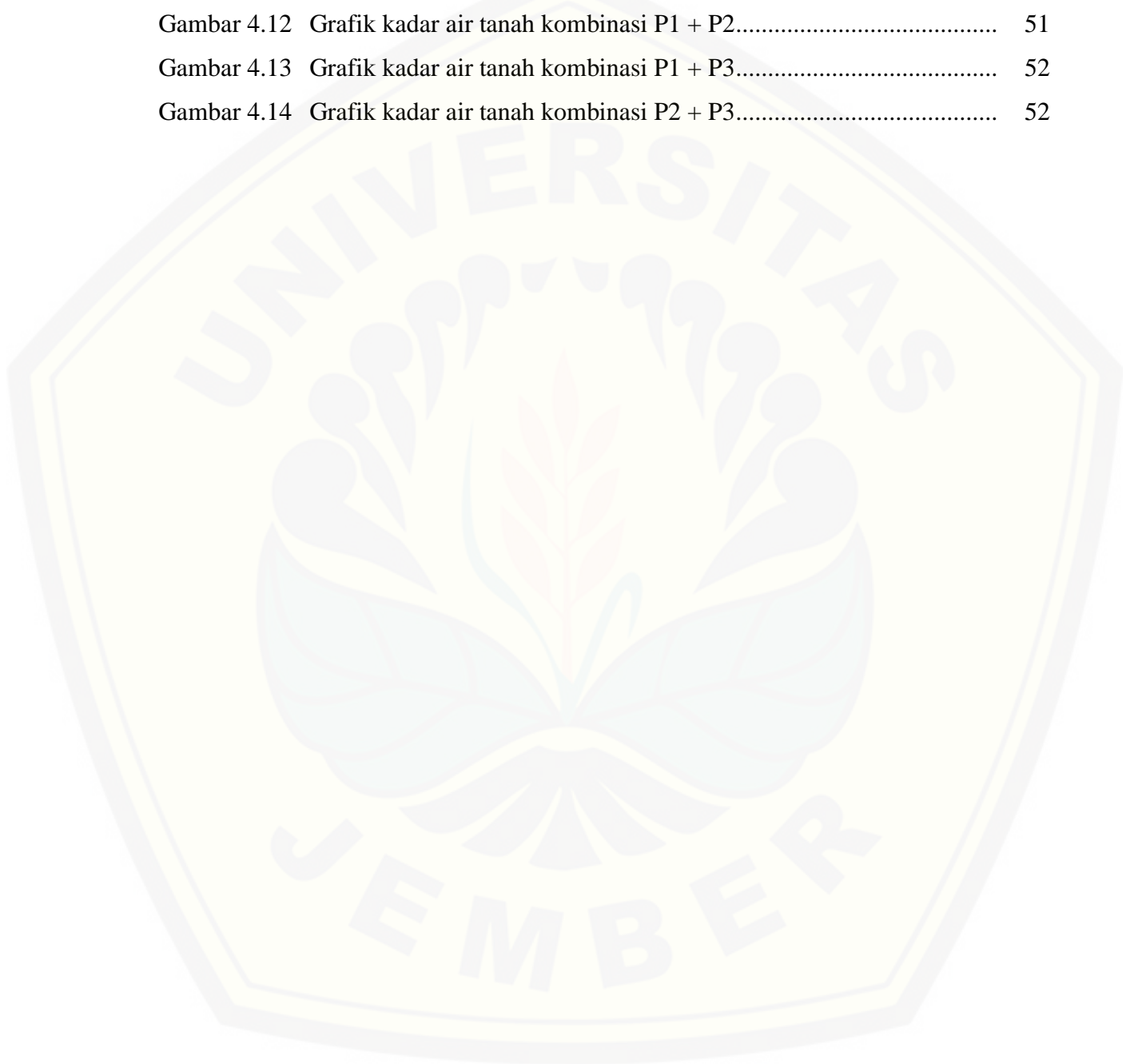
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Berat jenis tanah (<i>Specific gravity</i>)	6
Tabel 2.2 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah	10
Tabel 2.3 Sistem klasifikasi tanah UNIFIED	12
Tabel 2.4 Sistem Klasifikasi AASHTO	13
Tabel 2.5 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku	16
Tabel 2.6 Persyaratan Gradasi Lapis Pondasi Agregat	26
Tabel 2.7 Persyaratan Lapis Pondasi Agregat	26
Tabel 4.1 Hasil uji analisis saringan sampel tanah tiap lokasi.....	38
Tabel 4.2 Hasil pengujian indeks propertis tanah	40
Tabel 4.3 Hasil uji batas cair (LL)	42
Tabel 4.4 Hasil uji batas plastis (PL)	44
Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil uji <i>atterberg limit</i>	44
Tabel 4.6 Rekapitulasi hasil uji analisis saringan dan batas konsistensi sampel tanah tiap lokasi di Pakusari	45
Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil uji analisis saringan dan batas konsistensi sampel tanah tiap lokasi	42
Tabel 4.8 Komposisi campuran agregat	46
Tabel 4.9 Perhitungan berat sampel tanah campuran.....	42
Tabel 4.10 Hasil uji analisis saringan sampel campuran tanah	47
Tabel 4.11 Hasil pengujian indeks propertis tanah campuran	49
Tabel 4.12 Hasil uji batas cair (LL)	51
Tabel 4.13 Hasil uji batas plastis (PL)	52
Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil uji <i>atterberg limit</i> sampel tanah campuran	53
Tabel 4.15 Hasil uji kepadatan.....	53
Tabel 4.16 Hasil pengujian CBR tiap perbandingan campuran	54
Tabel 4.17 Hasil uji abrasi agregat kasar	54

DAFTAR GAMBAR

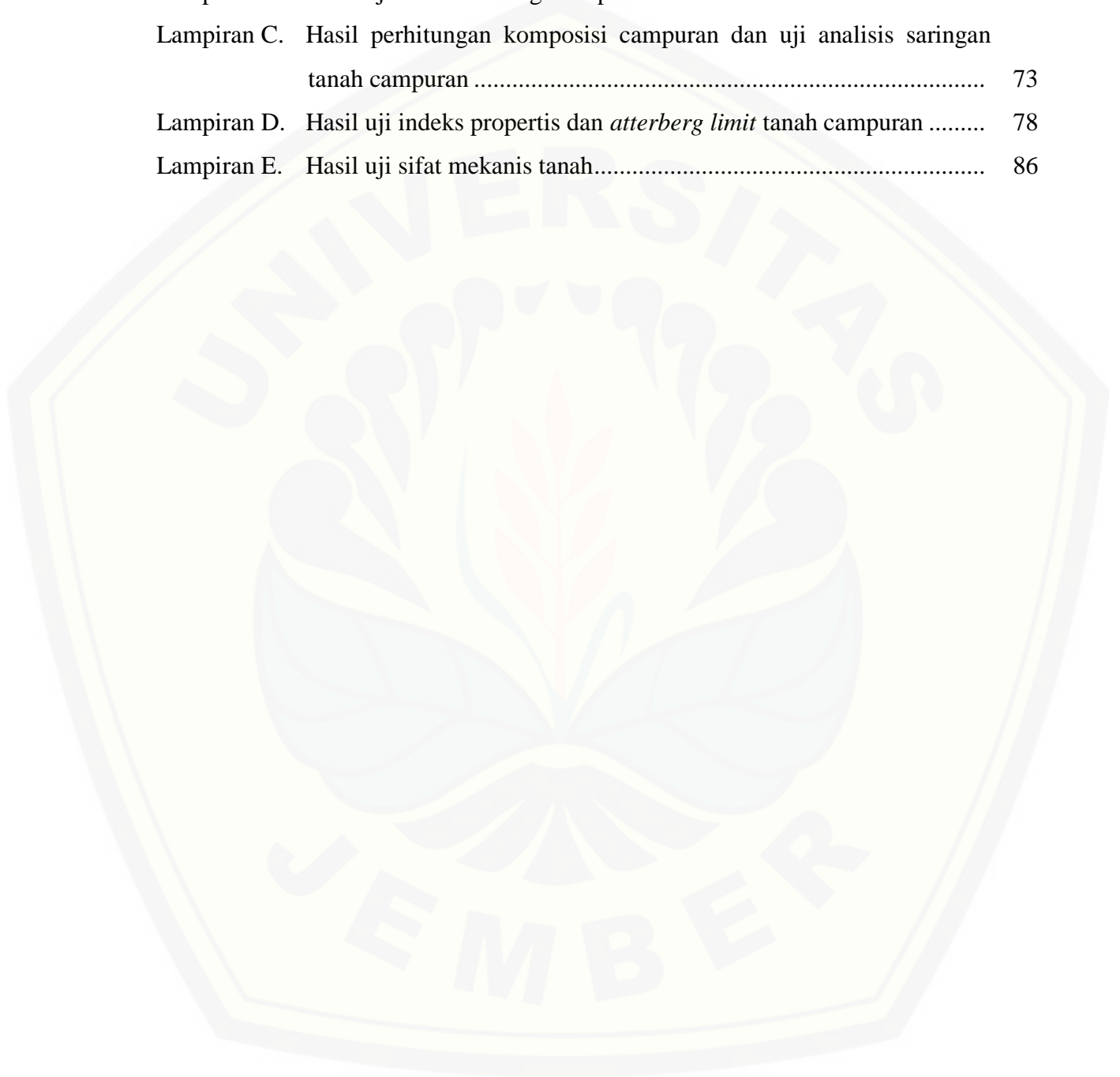
	Halaman
Gambar 2.1 Jenis gradasi agregat.....	8
Gambar 2.2 Grafik analisis distribusi ukuran butiran	8
Gambar 2.3 Batas-batas konsistensi tanah	9
Gambar 2.4 Kurva penentuan batas cair tanah lempung.....	9
Gambar 2.5 Skema alat pengujian CBR di laboratorium.....	15
Gambar 2.6 Penyebaran beban roda melalui lapisan perkerasan jalan	17
Gambar 2.7 Susunan perkerasan lentur.....	18
Gambar 2.8 Perkerasan <i>Macadam</i>	19
Gambar 2.9 Perkerasan <i>Telford</i>	20
Gambar 2.10 Jenis tanah dasar ditinjau dari muka tanah asli.....	22
Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel 1 & 2.....	24
Gambar 3.2 Peta lokasi pengambilan sampel 3.....	25
Gambar 3.3 skema kombinasi campuran tanah.....	26
Gambar 3.4 Skema alat uji analisis saringan.....	29
Gambar 3.5 Skema alat pengujian batas cair	30
Gambar 3.6 Proses penentuan batas plastis.....	32
Gambar 3.6 Proses penentuan batas plastis.....	32
Gambar 3.7 Tabung untuk pengujian CBR	33
Gambar 3.8 Skema alat pengujian CBR laboratorium	34
Gambar 3.9 Langkah proses pemadatan.....	35
Gambar 3.10 Diagram alir penelitian	37
Gambar 4.1 Grafik uji analisis saringan sampel tanah tiap lokasi terhadap kriteria lapis pondasi agregat jalan kelas C.....	40
Gambar 4.2 Grafik kadar air sampel tanah tiap lokasi	40
Gambar 4.3 Grafik berat isi sampel tanah tiap lokasi	41
Gambar 4.4 Grafik hasil uji <i>spesific gravity</i>	41
Gambar 4.5 Grafik batas cair tanah Pakusari 1	42
Gambar 4.6 Grafik batas cair tanah Pakusari 2	43
Gambar 4.7 Grafik batas cair tanah Pakusari 3	43

Gambar 4.8	Grafik analisis saringan kombinasi P1+P2+P3	48
Gambar 4.9	Grafik kadar air sampel tanah campuran.....	49
Gambar 4.10	Grafik berat isi sampel tanah campuran	50
Gambar 4.11	Grafik uji <i>specific gravity</i> sampel tanah campuran	50
Gambar 4.12	Grafik kadar air tanah kombinasi P1 + P2.....	51
Gambar 4.13	Grafik kadar air tanah kombinasi P1 + P3.....	52
Gambar 4.14	Grafik kadar air tanah kombinasi P2 + P3.....	52



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Hasil uji indeks propertis dan atterberg limit tanah tiap lokasi.....	58
Lampiran B. Hasil uji analisis saringan tiap lokasi	67
Lampiran C. Hasil perhitungan komposisi campuran dan uji analisis saringan tanah campuran	73
Lampiran D. Hasil uji indeks propertis dan <i>atterberg limit</i> tanah campuran	78
Lampiran E. Hasil uji sifat mekanis tanah.....	86



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Jember merupakan salah satu kabupaten di daerah Jawa Timur bagian timur, sebagian wilayahnya dikelilingi oleh gugusan pegunungan. Hal tersebut membuat Kabupaten Jember memiliki banyak bukit-bukit kecil yang biasa disebut gumuk oleh warga. Menurut sumber yang ada, gumuk di Jember terbentuk akibat dari letusan Gunung Raung yang terjadi di masa lampau. Besar dan tinggi gumuk bervariasi, berkisar antara 1 meter sampai yang tertinggi 57,5 meter. Seperti di Kecamatan Pakusari yang memiliki beberapa gumuk dengan ketinggian yang juga bervariasi, dan yang tertinggi ± 50 meter.

Melihat volume gumuk yang ada, material gumuk di Kecamatan Pakusari sangat potensial untuk dimanfaatkan, khususnya untuk material perkerasan jalan. Material yang akan digunakan untuk bahan perkerasan jalan harus melalui pengujian sifat fisis dan sifat mekanis agar diketahui mutu tanah gumuk di Jember khususnya Kecamatan Pakusari dilihat dari gradasi butiran, indeks plastisitas, abrasi agregat, dan nilai CBR yang sesuai dengan spesifikasi teknis lapis pondasi agregat jalan.

Uji pendahuluan dilakukan terhadap masing-masing sampel gumuk dari Kecamatan Pakusari untuk mengetahui sifat dasar dan karakteristik tanah. Uji pendahuluan ini berupa analisis saringan, uji indeks propertis, dan uji batas-batas konsistensi. Hal ini berfungsi untuk mengetahui pembagian kelas agregat yang kaitannya untuk pemanfaatan agregat, sebagai lapis pondasi, bahu jalan, atau hanya untuk bahan timbunan jalan.

Penelitian terdahulu tentang pengujian agregat untuk lapis pondasi jalan sudah pernah dilakukan, diantaranya oleh Agustin (2011) dengan judul "*Penggunaan Material dari Beberapa Kuori Kabupaten Banyuwangi sebagai Bahan Perkerasan Jalan Lapis Pondasi Bawah Kelas B*" dengan hasil material masing-masing kuori yang diteliti tidak memenuhi persyaratan lapis pondasi

agregat kelas B, namun dengan melakukan pencampuran agregat dari beberapa kuori yang ada dengan persentase tertentu, maka didapatkan campuran agregat kelas B.

Gumuk yang ada di Kecamatan Pakusari memungkinkan untuk dilakukan kajian terhadap material gumuk sebagai bahan perkerasan jalan, karena volume gumuk yang cukup besar dan akses yang cukup mudah dijangkau. Dalam penelitian ini, telah dilakukan uji pendahuluan terhadap masing-masing kuori dari 3 gumuk di Pakusari. Hasilnya agregat dari masing-masing kuori tidak memenuhi persyaratan spesifikasi teknis lapis pondasi agregat, maka selanjutnya akan dilakukan pencampuran material gumuk untuk mendapatkan campuran yang sesuai dengan kriteria kelas agregat sebagai bahan perkerasan jalan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas dapat diambil rumusan masalah, yaitu apakah material tanah gumuk dari beberapa lokasi di Kecamatan Pakusari dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi agregat?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut untuk mengetahui apakah mutu material gumuk di Kecamatan Pakusari memenuhi persyaratan dan bisa menjadi pilihan alternatif untuk digunakan sebagai bahan lapis pondasi jalan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai lapis pondasi agregat jalan, selain itu hasil dari penelitian ini selanjutnya bisa digunakan sebagai referensi kegiatan praktikum atau pengujian di laboratorium guna menunjang kegiatan dilapangan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memudahkan menganalisis dan agar tidak terjadi perluasan dalam

pembahasan, maka dibuat batasan-batasan masalah sebagai berikut:

- a. Tidak melakukan pengujian unsur kimia yang terkandung dalam agregat.
- b. Tidak melakukan analisis perhitungan dan pelaksanaan aplikasi dilapangan.
- c. Tidak memperhitungkan nilai ekonomis.
- d. Tidak menganalisis dampak lingkungan terhadap penggalian gumuk.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gumuk

Definisi gumuk menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah “bukit pasir di tepi laut”. Jika dilihat dari letak geografis, Jember memiliki garis pantai yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, namun sedikit ditemukan bukit pasir, lain hal dengan di daerah lain seperti Yogyakarta yang banyak ditemukan bukit pasir tepi laut. Sedangkan menurut Lembaga Penelitian Universitas Jember pada Tabloid IDEAS Edisi XV Tahun 2005, gumuk merupakan istilah khusus yang diberikan pada suatu bukit dengan ketinggian berkisar antara 1 meter hingga 57,5 meter. Kelas ketinggian gumuk terbagi dalam 4 kategori:

- a. Sangat rendah, kurang dari 10 meter;
- b. Rendah, antara 11 hingga 25 meter;
- c. Sedang, antara 26 hingga 50 meter;
- d. Tinggi, lebih dari 50 meter.

Berbagai pendapat menyatakan asal mula terbentuknya suatu gumuk. Seperti di Jember ada yang beranggapan bahwa terbentuknya gumuk karena material vulkanik akibat letusan Gunung Raung di abad 16 (± 1500 Masehi), dan letusan terdahsyatnya yang terjadi di abad 17 (± 1628 Masehi). Kandungan gumuk di Jember beragam, diantaranya batu piring, batu pondasi, dan pasir.

Menurut UU Nomor 11 Tahun 1967, bahan tambang tergolong menjadi 3: golongan A, B, dan C. Penjelasan lebih rinci ada pada Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 1980 tentang bahan-bahan galian apa saja yang termasuk golongan A, B, dan C. Gumuk termasuk dalam bahan galian golongan C.

2.2 Sifat Fisik dan Klasifikasi Tanah

Penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Hasil dari penyelidikan sifat-sifat ini kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah-masalah geoteknik baik untuk bidang

konstruksi atau yang lain. Dalam banyak masalah teknis semacam perencanaan perkerasan jalan, pemilihan tanah-tanah ke dalam kelompok ataupun subkelompok yang menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama akan sangat membantu (Hardiyatmo, 2002: 54).

2.2.1 Kadar Air Tanah

Kadar air atau *water content* (W_c) adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat kering tanah tersebut (W_s) dalam tanah tersebut dinyatakan dalam persen. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan 2.1 berikut:

$$W_c(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (2.1)$$

dimana: $W_w = W_1 - W_2$

$$W_s = W_2 - W_3$$

keterangan:

W_1 = berat cawan + tanah basah (gr)

W_2 = berat cawan + tanah kering (gr)

W_3 = berat cawan (gr)

$(W_1 - W_2)$ = berat air (gr)

$(W_2 - W_3)$ = berat tanah kering (gr)

2.2.2 Berat Isi Tanah

Berat isi tanah adalah angka perbandingan antara berat tanah seluruhnya (W) dengan volume tanah seluruhnya (V) dan dinyatakan dalam gr/cm^3 . Berat isi tanah tergantung dari berat jenisnya, derajat kejenuhan dan porositas dari tanah tersebut. Berat isi tanah dapat dihitung dengan persamaan 2.2 berikut ini:

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (2.2)$$

dimana: $W = W_2 - W_1$

keterangan:

γ = berat isi tanah (gr/cm^3)

W_1 = berat silinder/ring (gr)

W_2 = berat silinder/ring + sampel tanah (gr)

V = volume silinder/ring (cm³)

2.2.3 Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah atau *specific gravity* (Gs) adalah perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Berat isi air adalah perbandingan antara berat air dengan volume air. Berat jenis dapat dihitung dengan persamaan 2.3 berikut ini:

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2.3)$$

dimana: $\gamma_s = W_2 - W_1$

$$\gamma_w = (W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)$$

keterangan:

W1 = berat picnometer (gr)

W2 = berat picnometer + tanah (gr)

W3 = berat picnometer + tanah + air (gr)

W4 = berat picnometer + air (gr)

W4' = berat picnometer + air terkoreksi

Gs tidak berdimensi. Berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Nilai berat jenis Gs = 2,67 biasanya digunakan untuk tanah-tanah tak berkohesi. Sedang untuk tanah kohesif tak organik berkisar antara 2,68 sampai 2,72. Nilai-nilai berat jenis dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Berat jenis tanah (*Specific gravity*)

Macam tanah	Berat jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65– 2,68
Lanau anorganik	2,62– 2,68
Lempung organik	2,58– 2,65
Lempung anorganik	2,68– 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25– 1,80

Sumber: Hardiyatmo (2002).

2.2.4 Analisis Ukuran Butir

Analisis ukuran butir adalah pengujian untuk menentukan distribusi butir tanah dalam contoh tanah dengan cara analisis saringan, yang dinyatakan dalam persen berat contoh. Sifat dan jenis tanah tergantung dari ukuran butir. Selanjutnya hasil pengujian berguna untuk klasifikasi tanah.

Untuk klasifikasi tanah butir kasar dapat ditentukan dengan menggunakan parameter C_u (koefisien keseragaman) dan C_c (koefisien gradasi) dengan persamaan 2.4 dan 2.5 sebagai berikut:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2.4)$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad (2.5)$$

keterangan:

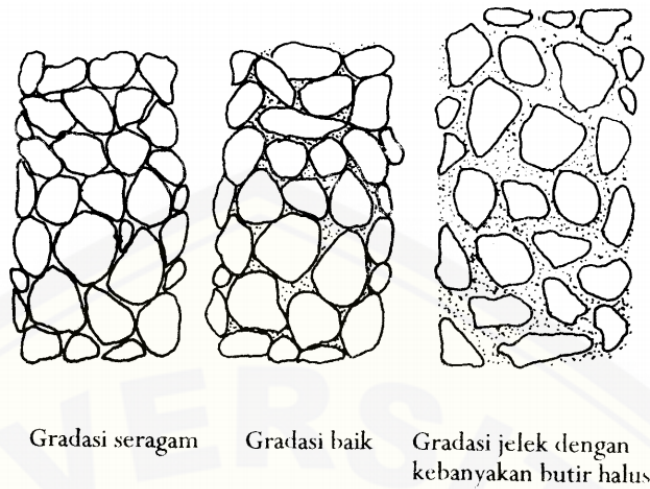
D_{10} : diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butiran

D_{30} : diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butiran

D_{60} : diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butiran

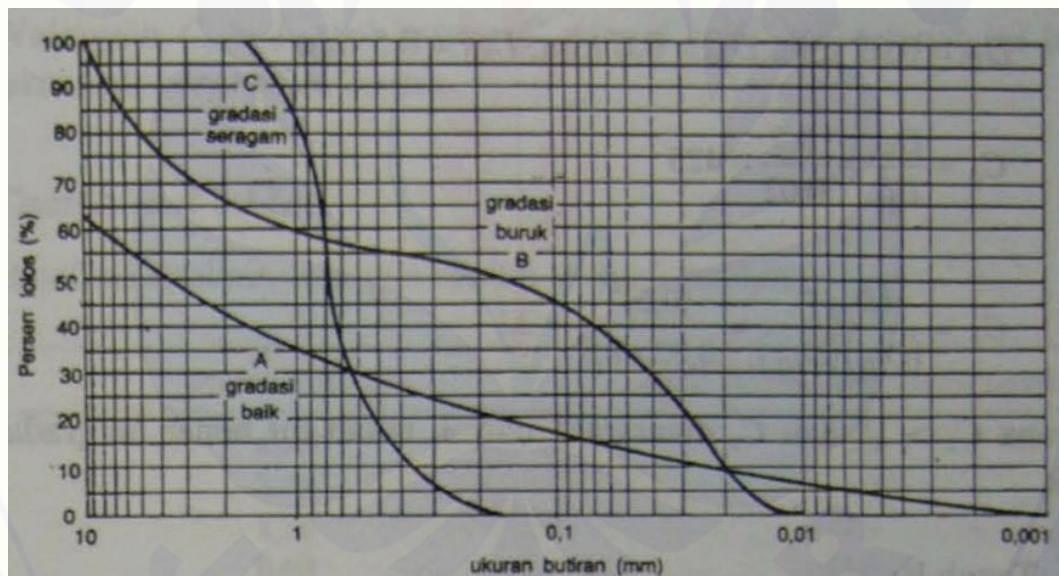
Tanah bergradasi baik jika mempunyai koefisien gradasi $1 < C_c < 3$ dengan $C_u > 4$ untuk kerikil dan $C_u > 6$ untuk pasir, selanjutnya tanah disebut bergradasi sangat baik, bila $C_u > 15$ (Hardiyatmo, 2002:39).

Tanah berbutir kasar gradasi seragam yaitu tanah yang mempunyai ukuran butir yang hampir sama. Gradasi baik yaitu tanah yang mempunyai distribusi ukuran butir yang mencakup hampir semua ukuran butir. Gradasi buruk yaitu tanah yang mempunyai ukuran butir yang beberapa ukuran diantaranya tidak terwakil sedangkan ukuran butiran yang lainnya lebih dominan. Berikut gambar 2.1 jenis gradasi agregat:



Gambar 2.1 Jenis gradasi agregat (Sumber: Sukirman, 1999)

Untuk melihat distribusi ukuran butir tanah dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:

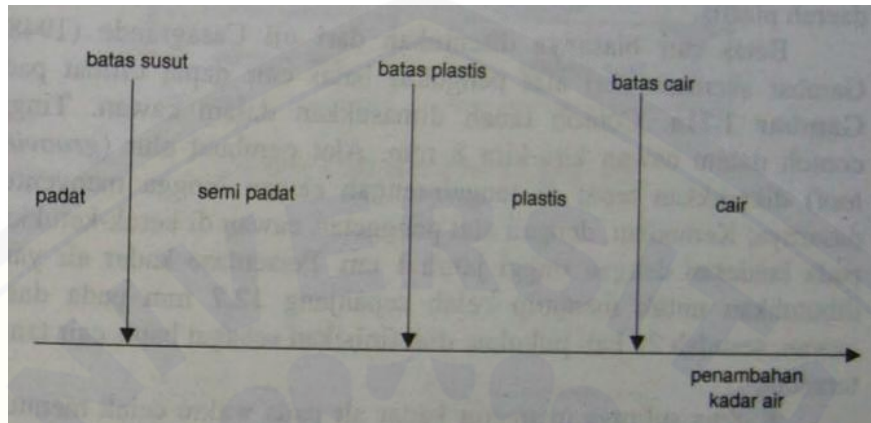


Gambar 2.2 Grafik analisis distribusi ukuran butiran (Sumber: Hardiyatmo, 2002)

2.2.5 Batas-Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Batas konsistensi merupakan kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu (Hardiyatmo, 2002:42). Konsistensi bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Atterberg (1911) memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan

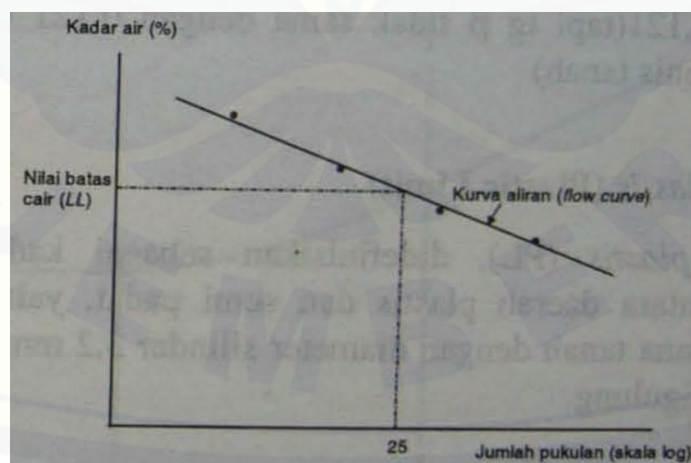
mempertimbangkan kandungan air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*). Skema kedudukan batas-batas konsistensi tanah dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Batas-batas konsistensi tanah (Sumber: Hardiyatmo, 2002)

a. Batas cair (*Liquid Limit*)

Batas cair didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair ditentukan dari uji Casagrande (1948). Kemiringan garis dalam kurva didefinisikan sebagai indeks aliran (*flow index*) dan dinyatakan dalam persamaan dan kurva. Berikut gambar 2.4 kurva penentuan batas cair tanah lempung:



Gambar 2.4 Kurva penentuan batas cair tanah lempung (Sumber: Hardiyatmo, 2002)

b. Batas plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

c. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair (LL) dan batas plastis tanah (PL). Indeks plastisitas (PI) dinyatakan dengan persamaan 2.6 berikut:

$$PI = LL - PL \quad (2.6)$$

Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung, sebaliknya jika PI rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg pada tabel 2.2 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah:

Tabel 2.2 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: Hardiyatmo (2002).

2.2.6 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah merupakan pemilihan tanah-tanah ke dalam kelompok ataupun subkelompok yang menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama, tujuannya adalah untuk mempermudah dalam banyak masalah teknis (semacam perencanaan perkerasan jalan, bendungan dalam urugan, dll). Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian yang sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasi. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan, uji sedimentasi, dan plastisitas.

Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

a. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Sistem klasifikasi tanah *Unified* pertama diusulkan oleh Casagrande (1942), kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (*United State Bureau of Reclamation*). Pada sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomer 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomer 200. Selanjutnya tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam tabel 2.5. Simbol-simbol yang digunakan tersebut adalah:

G = kerikil (*gravel*)

S = pasir (*sand*)

C = lempung (*clay*)

M = lanau (*silt*)

O = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)

W = gradasi baik (*well-graded*)

P = gradasi buruk (*poorly-graded*)

H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Tabel 2.3 Sistem klasifikasi tanah Unified

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0.075 mm)	Kerikil lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak mengandung butiran halus	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Kerikil lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung
		Kerikil banyak mengandung butiran halus	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Pasir lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Pasir lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Pasir berlempung, campuran pasir-lanau	Pasir berlempung, campuran pasir-lanau
		Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlempung atau berlempung	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlempung atau berlempung
		Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Lanau dan lempung batas cair > 50%	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
		Lanau tak organik atau pasir halus diatomate, lanau elastis	Lanau tak organik atau pasir halus diatomate, lanau elastis
Tanah dengan kadar organik tinggi	Lanau dan lempung batas cair > 50%	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')
		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
Tanah dengan kadar organik tinggi	P _i	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0.075 mm)	Kerikil lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak mengandung butiran halus	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Kerikil lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung
		Kerikil banyak mengandung butiran halus	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Pasir lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Pasir lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	Pasir berlempung, campuran pasir-lanau	Pasir berlempung, campuran pasir-lanau
		Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlempung atau berlempung	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlempung atau berlempung
		Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Lanau dan lempung batas cair > 50%	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
		Lanau tak organik atau pasir halus diatomate, lanau elastis	Lanau tak organik atau pasir halus diatomate, lanau elastis
Tanah dengan kadar organik tinggi	Lanau dan lempung batas cair > 50%	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')
		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
Tanah dengan kadar organik tinggi	P _i	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus:
 Kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GM, GP
 Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GC, SM, SC, 5% - 12% lolos saringan no. 200: SW, SP

Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol: $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3

Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW

Batas-batas Atterberg berada di bawah garis A atau $PI < 4$

Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3

Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW

Batas-batas Atterberg berada di bawah garis A atau $PI < 4$

Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$

Diagram plastisitas:
 Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar, batas Atterberg yang dimasukkan dalam daerah yang dapat menjadi batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.

Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Sumber: Hardiyatmo (2002).

b. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem klasifikasi tanah AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 Sampai dengan A-7. Tanah yang terklasifikasikan dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3 merupakan tanah butir kasar yang memiliki partikel yang lolos saringan No. 200 kurang dari 35%. Tanah yang lolos saringan No. 200 lebih dari 35% diklasifikasikan dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7 yang pada umumnya merupakan lumpur atau lempung. Tanah bergradasi baik jika $1 \leq Cc \leq 3$ dan seragam jika $1 \leq Cu < 4$. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. Sistem klasifikasi AASHTO dapat dilihat dalam tabel 2.6 sistem klasifikasi AASHTO:

Tabel 2.4 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi Umum	Material granuler (<35% lolos saringan no. 200)						Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan no. 200)				
	A-1		A-3	A-2				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				
Analisis saringan (% lolos)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,00 mm (no. 10)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no. 40)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
0,075 mm (no. 200)											
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	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 (G)	0	0	0	0	0	4 maks	4 maks	8 maks	12 maks	16 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				

Catatan:
 Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)
 Untuk PL > 30, Klasifikasinya A-7-5;
 Untuk PL < 30, klasifikasinya A-7-6.
 Np = nonplastis

Sumber: Hardiyatmo (2002).

Indeks kelompok (*group index*) (GI) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan 2.7 berikut ini:

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10) \quad (2.7)$$

keterangan:

- GI = indeks kelompok (*group index*)
F = persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm)
LL = batas cair
PI = indeks plastisitas

2.3 Pencampuran Agregat

Pencampuran agregat dilakukan untuk mendapatkan campuran agregat yang gradasinya memenuhi persyaratan tertentu. Menurut Totomihardjo (2004:49), metode pencampuran agregat dengan 4 cara, yaitu *arithmetical methode*, *grafical methode*, *semigrafical methode*, dan *trial blend* (coba-coba). Metode pencampuran secara analitis dapat dihitung menggunakan persamaan 2.8 berikut:

$$a = \frac{P-B}{A-B} \quad (2.8)$$

keterangan:

- P = gradasi tengah
A = persen lolos saringan fraksi A
B = persen lolos saringan fraksi B
a = proporsi dari fraksi agregat A
b = proporsi dari fraksi agregat B

2.4 Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah atau sifat keteknikan (*engineering properties*) diperlukan untuk mengetahui sifat tanah jika menerima beban luar. Untuk bahan lapis pondasi agregat perkerasan jalan, uji yang dilakukan diantaranya adalah uji abrasi atau keausan agregat dan uji CBR (*California Bearing Ratio*).

2.4.1 California Bearing Ratio (CBR)

Lapisan tanah yang akan dipakai sebagai lapisan sub-base atau sub-grade suatu konstruksi jalan pada umumnya memerlukan proses pemadatan agar mampu menerima beban sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu cara untuk

mengukur kekokohan (*bearing*) lapisan tanah adalah pengujian California Bearing Ratio (CBR).

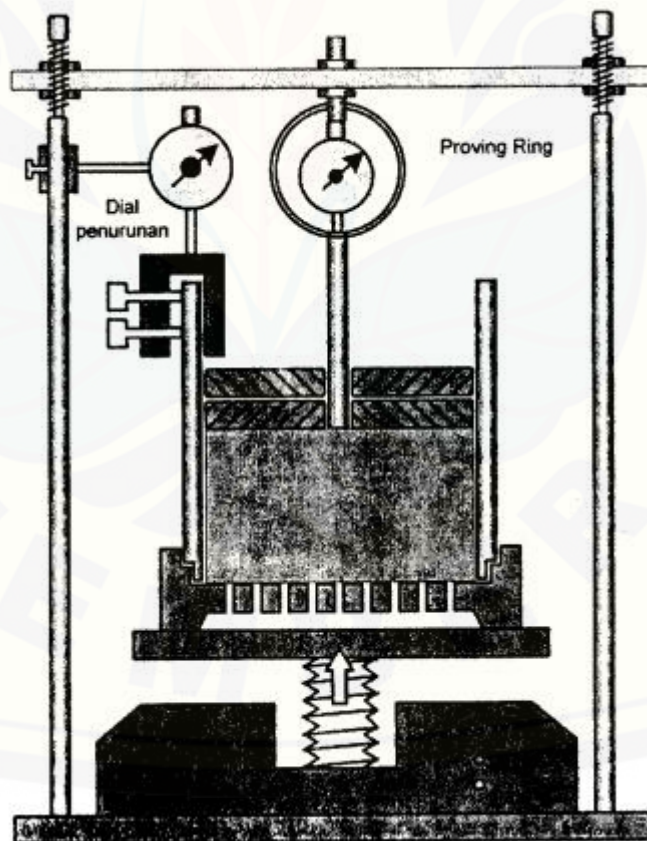
Penentuan nilai CBR dilaksanakan terhadap contoh tanah yang sudah dipadatkan dengan pemadatan standar. Hasil pengujian didapat dengan mengukur beban pada penetrasi tertentu. Besarnya penetrasi sebagai dasar menentukan CBR adalah penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch dan dihitung dengan menggunakan persamaan 2.9 dan 2.10 berikut:

- a. Penetrasi 0,1" (2,54 mm)

$$CBR = \frac{\text{gaya pada penetrasi } 0,1''}{3000} \times 100\% \quad (2.9)$$

- b. Penetrasi 0,2" (5,08 mm)

$$CBR = \frac{\text{gaya pada penetrasi } 0,2''}{3000} \times 100\% \quad (2.10)$$



Gambar 2.5 Skema alat pengujian CBR di laboratorium (Sumber: Budi, 2011)

2.4.2 Abrasi Agregat Kasar dengan Mesin *Los Angeles*

Uji abrasi agregat kasar dilakukan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*. Angka keausan dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan # $\frac{1}{2}$, dan tertahan saringan # $\frac{3}{8}$ terhadap berat semula dalam persen. Perhitungan keausan agregat dapat menggunakan persamaan 2.11 berikut:

$$\text{keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (2.11)$$

keterangan:

a = berat benda uji semula (gr)

b = berat benda uji tertahan saringan nomor 12 (1,70 mm) (gr)

2.5 Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Menurut Sukirman (1999:4) berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

- Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya
- Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikatnya
- Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut:

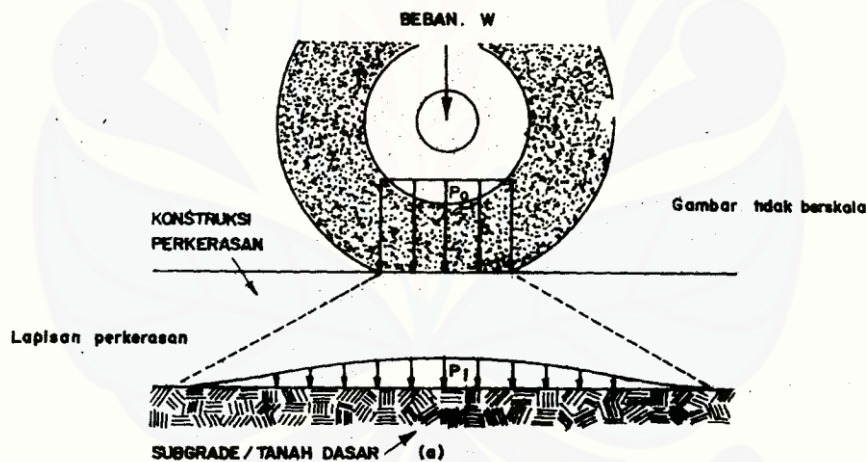
Tabel 2.5 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No.	Parameter	Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
1.	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2.	Repetisi beban	Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan

No.	Parameter	Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
3.	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
4.	Perubahan temperatur	a. Modulus kekakuan berubah b. Timbul tegangan dalam yang kecil	a. Modulus kekakuan tidak berubah b. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber: Sukirman (1999).

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Berikut pada gambar 2.8 penyebaran beban roda yang melalui lapisan perkerasan jalan, terlihat bahwa beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata P_0 . Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebar ke tanah dasar menjadi P_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.



Gambar 2.6 Penyebaran beban roda melalui lapisan perkerasan jalan (Sumber: Sukirman, 1999)

Menurut Sukirman (1999:8) beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

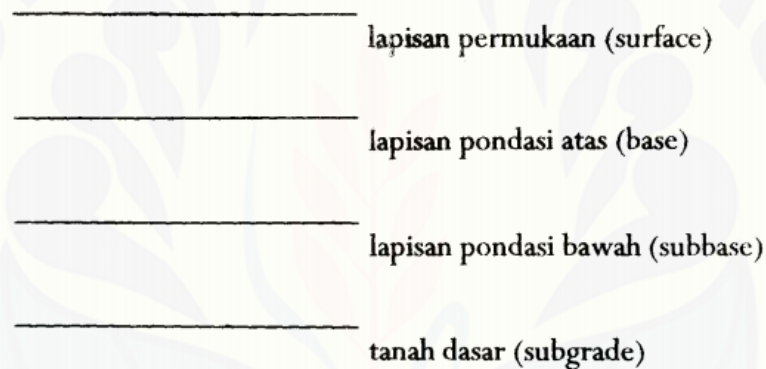
- Muatan kendaraan berupa gaya vertikal
- Gaya rem kendaraan yang berupa gaya horizontal
- Pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran.

Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Lapisan permukaan

harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. Konstruksi perkerasan jalan terdiri dari:

- a. Lapisan permukaan (*surface course*)
- b. Lapisan pondasi atas (*base coarse*)
- c. Lapisan pondasi bawah (*subbase coarse*)
- d. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Perkerasan lentur jalan raya terdiri atas lapis permukaan yang terletak pada bagian paling atas, di bawahnya adalah lapis pondasi. Lapis pondasi terdiri dari lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah. Bagian Berikut gambar 2.9 susunan perkerasan lentur:

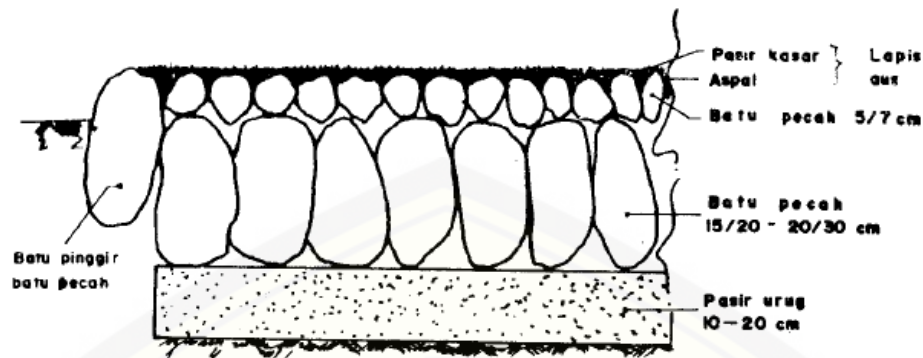


Gambar 2.9 Susunan perkerasan lentur (Sumber: Sukirman, 1999)

- a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas. Menurut Sukirman (1999:9), jenis lapisan permukaan yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain:

- 1) Sebagai struktural yang berfungsi sebagai lapisan menyebarkan beban roda. Jenis bahan yang umum digunakan adalah:
 - a) Lapen (Lapis penetrasi *Macadam*)
 - b) Lasbutag (lapis batu agregat)
 - c) Laston (lapis aspal beton)



Gambar 2.8 Perkerasan *Macadam* (Sumber: Sukirman, 1999)

2) Sebagai non-struktural, yaitu berupa lapisan tahan air yang mencegah air masuk kedalam lapis perkerasan yang ada dibawahnya dari kerusakan akibat cuaca maupun non-cuaca. Jenis bahan yang umum digunakan adalah:

- a) Burtu (laburan aspal satu lapis)
- b) Burda (laburan aspal dua lapis)
- c) Latasir (lapis tipis aspal pasir)
- d) Buras (laburan aspal)
- e) Latasbum (lapis tipis asbuton murni)
- f) Lataston (lapis tipis aspal beton)

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

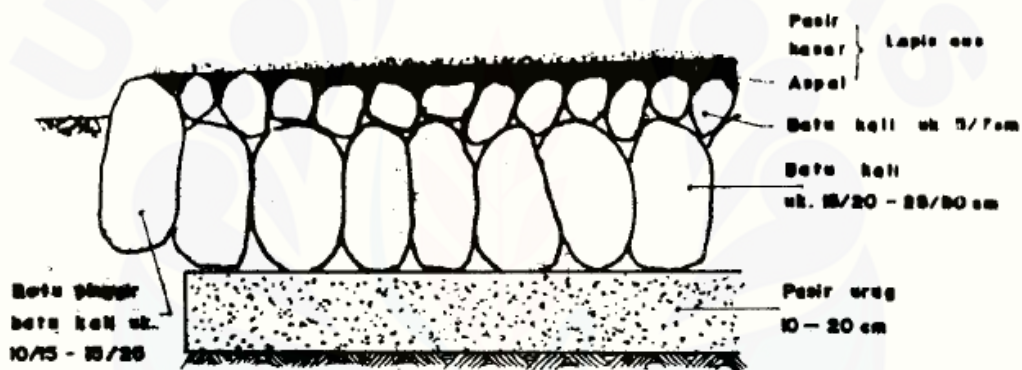
Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dan berfungsi sebagai:

- 1) Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya
- 2) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah
- 3) Bantalan terhadap lapisan permukaan

Menurut Sukirman (1999:17), material yang digunakan untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan nilai CBR > 50% dan indeks plastisitas (PI) < 4%. Jenis lapis pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia adalah:

- 1) Agregat bergradasi baik, terbagi atas:

- a) Batu pecah kelas A
 - b) Batu pecah kelas B
 - c) Batu pecah kelas C
- 2) Pondasi *Macadam*
 - 3) Pondasi *Telford*
 - 4) Penetrasi *Macadam* (Lapen)
 - 5) Aspal beton pondasi (*Asphalt Concrete Base/ Asphalt Treated Base*)
 - 6) Stabilisasi, yang terdiri atas:
 - a) Stabilisasi agregat dengan semen (*Cement Treated Base*)
 - b) Stabilisasi agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*)
 - c) Stabilisasi agregat dengan aspal (*Asphalt Treated Base*).



Gambar 2.9 Perkerasan *Telford* (Sumber: Sukirman, 1999)

c. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar dan berfungsi sebagai:

- 1) Penyebar beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus kuat, mempunyai nilai CBR 20% dan indek plastisitas $\leq 10\%$
- 2) Lapis peresapan, agar tanah tidak berkumpul di pondasi
- 3) Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan konstruksi berjalan lancar, menghindarkan tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat berat
- 4) Efisiensi penggunaan material yang relatif murah supaya lapisan di atasnya dapat dikurangi ketebalannya

- 5) Lapisan untuk mencegah partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum digunakan di Indonesia adalah:

- 1) Agregat bergradasi baik, dibedakan atas:
 - a) Sirtu/ pitrun kelas A
 - b) Sirtu/ pitrun kelas B
 - c) Sirtu/ pitrun kelas C.
- 2) Stabilisasi:
 - a) Stabilisasi agregat dengan semen (*Cement Treated Base*)
 - b) Stabilisasi agregat dengan kapur (*Lime Treated Base*)
 - c) Stabilisasi agregat dengan aspal (*Asphalt Treated Base*)
 - d) Stabilisasi tanah dengan kapur (*Soil Lime Stabilization*).

Berikut adalah tabel 2.6 dan 2.7 tentang spesifikasi teknis agregat untuk lapis pondasi:

Tabel 2.6 Persyaratan Gradasi Lapis Pondasi Agregat

Ukuran saringan		Berat butir yang lolos (%)		
ASTM	Mm	Gradasi Kelas A	Gradasi Kelas B	Gradasi Kelas C
3"	75			100
2"	50		100	75-100
1 ½"	37,5	100	88-100	60-90
1"	25	77-100	70-85	45-78
3/8"	9,5	44-60	40-65	25-55
No. 4	4,75	27-44	25-52	13-45
No. 10	2	17-30	15-40	8-36
No. 40	0,425	7-17	8-20	3-23
No. 200	0,075	2-8	2-8	0-10

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2006)

Tabel 2.7 Persyaratan Lapis Pondasi Agregat

No.	Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
1.	Abrasi dari Agregat Kasar (SNI 03-2417-1990)	Maks. 40%	Maks. 40%	Maks. 40%
2.	Indek Plastis (SNI-03-1966-1990) dan (SNI-03-1967-1990)	Maks. 6	Maks. 6	4-9
3.	Hasil kali Indeks Plastisitas dengan % Lolos Ayakan No. 200	Maks. 25	-	-

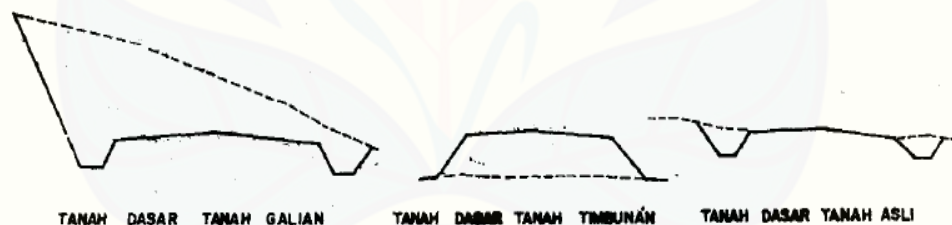
No.	Sifat-sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
4.	Batas Cair (SNI 03-19 67-19 90)	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 25
5.	Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat (SNI- 03-4141-1996)	0%	Maks. 1%	Maks. 1%
6.	CBR (SNI 03-1744-19)	Min. 90%	Min. 65%	Min. 35%
7.	Perbandingan persen lolos #200 dengan persen lolos #40	Maks. 2/3	Maks. 2/3	Maks. 2/3

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2006)

d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan dasar perletakan dari bagian-bagian perkerasan jalan yang lainnya. Tanah dasar dapat berupa permukaan tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Jika ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan menjadi 3, yaitu:

- Lapisan tanah dasar, tanah galian
- Lapisan tanah dasar, tanah timbunan
- Lapisan tanah dasar, tanah asli



Gambar 2.10 Jenis tanah dasar ditinjau dari muka tanah asli (Sumber: Sukirman, 1999)

Kekuatan dan keawetan konstruksi jalan tergantung dari sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Umumnya permasalahan yang terjadi pada tanah dasar adalah:

- Perubahan bentuk tetap dari jenis tanah akibat beban lalu lintas
- Sifat mengembang dan menyusut tanah akibat perubahan kadar air tanah
- Daya dukung tidak merata pada daerah dengan macam tanah yang berbeda
- Daya dukung yang tidak merata akibat pelaksanaan yang kurang baik

- e. Perbedaan penurunan (*differential settlement*) akibat terdapatnya lapisan-lapisan tanah lunak di bawah tanah dasar.

Untuk menghindari masalah-masalah tersebut maka pemeriksaan tanah berupa sifat fisik dan sifat mekanis tanah harus dilakukan dengan baik, termasuk kondisi geologis dari lokasi jalan perlu diperelajari dengan teliti, untuk mengetahui kemungkinan lokasi jalan berada pada daerah patahan dsb.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Geologi & Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember pada tahun 2015.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah material tanah gumuk yang mempunyai dua fraksi agregat, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada ayakan 4,75 mm terdiri dari partikel atau pecahan batu atau kerikil yang keras dan awet. Sedangkan agregat halus adalah agregat yang lolos ayakan 4,75 mm terdiri dari partikel pasir alami atau batu pecah halus dan partikel halus lainnya.

Sampel yang akan digunakan sebagai bahan penelitian diambil dari 3 gumuk yang berada di Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember. Berikut gambar 3.1 dan 3.2 peta lokasi pengambilan sampel:



Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel 1 & 2 (Sumber: Google Map, 2015)



Gambar 3.2 Peta lokasi pengambilan sampel 3 (Sumber: Google Map, 2015)

3.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian sudah sesuai dengan standar untuk pengujian, antara lain :

- a. Satu set alat uji indeks propertis tanah (kadar air, berat isi, specific gravity) (ASTM D 2216-71, ASTM D 854-72)
- b. Satu set alat uji analisa saringan (ASTM D 421-72)
- c. Satu set alat uji atterberg limit (ASTM D 423-66, ASTM D 424-74 dan ASTM D 427-74)
- d. Alat uji CBR (*California Bearing Ratio*) cara CBR laboratorium (*laboratory CBR*) (ASTM D 1883-73)
- e. Alat uji keausan dengan mesin Los Angeles (ASTM-131-55)
- f. Alat-alat bantu yang mungkin digunakan dalam penelitian antara lain terdiri dari oven, neraca dengan ketelitian 0,01; 0,1; 1, stopwatch, thermometer, gelas ukur 250 ml, cawan, loyang, dan picnometer.

3.4 Uji Pendahuluan

Sebelum melaksanakan penelitian, dilaksanakan terlebih dahulu uji pendahuluan untuk mengetahui spesifikasi kelas agregat sesuai persyaratan sebagai bahan perkerasan jalan. Uji pendahuluan ini berupa uji analisa saringan dan gradasi butiran.

- 3) Tutup cawan dan isinya kemudian dibuka dan cawan ditempatkan di oven atau pengering lainnya paling sedikit 4 jam (untuk oven) atau sampai beratnya konstan
- 4) Cawan ditutup kemudian didinginkan dalam desikator
- 5) Setelah dingin ditimbang dan beratnya dicatat

3.6.2 Berat isi tanah

Pengujian berat isi, untuk mengetahui berat tanah utuh (*undisturbed*) dalam keadaan kering. Dasar peraturan: PB-0204-76; ASTM C-29-71.

a. Peralatan pengujian

- 1) Silinder/ring dengan \varnothing 6 cm dan tinggi 2 cm
- 2) Pisau pemotong sampel tanah
- 3) Neraca:
 - a) Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
 - b) Neraca dengan ketelitian 0,1 gram
 - c) Neraca dengan ketelitian 1 gram

b. Prosedur pengujian

- 1) Ukur tinggi (t) dan diameter (d) silinder/ring
- 2) Timbang berat silinder/ring (W1)
- 3) Olesi dengan pelumas bagian dalam silinder/ring
- 4) Dengan menggunakan ekstruder keluarkan sampel tanah dari silinder/ring
- 5) Ratakan kedua permukaan sampel tanah
- 6) Timbang sampel tanah beserta silinder/ring (W2)

3.6.3 Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui berapa nilai perbandingan antara butir agregat dengan berat air suling pada suhu tertentu. Dasar peraturan: PB-0108-76; AASHTO T-100-74/ ASTM D-854-58.

a. Peralatan pengujian

- 1) Picnometer 100 ml
- 2) Oven
- 3) Neraca 0,01 gram

4) *Sprayer*

5) *Hot plate*

b. Prosedur pengujian

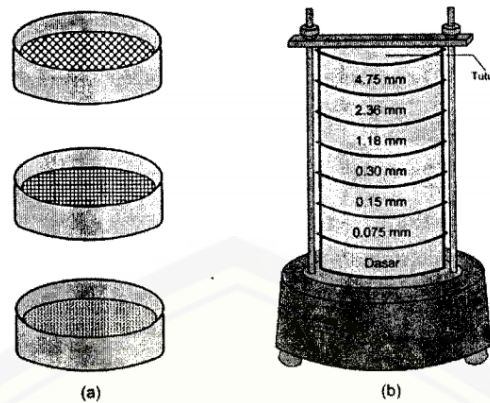
- 1) Bersihkan picnometer kosong yang akan dipergunakan dan timbang (W1)
- 2) Masukkan benda uji kedalam picnometer lalu ditimbang (W2)
- 3) Tambahkan air suling ke dalam picnometer hingga benda uji terendam
- 4) Didihkan picnometer dengan hot plate hingga keluar gelembung udara
- 5) Tambahkan air sedikit demi sedikit hingga mencapai permukaan picnometer dan didihkan kembali
- 6) Diamkan picnometer sampai suhu konstan (suhu dicatat pada waktu percobaan)
- 7) Bersihkan dan keringkan bagian luar picnometer, lalu timbang picnometer + tanah + air (W3)
- 8) Cuci picnometer sampai bersih dan isi dengan air suling hingga mencapai permukaan picnometer lalu timbang (W4)

3.6.4 Analisis Ukuran Butir

Analisis ukuran butir adalah pengujian untuk menentukan distribusi butir tanah dalam contoh tanah dengan cara analisis saringan, dinyatakan dalam persen berat contoh. Penentuan deskripsi tanah atau klasifikasi tanah dapat diketahui dari pembagian besar butiran tanah tersebut. Dasar peraturan: PB-0201-76; AASHTO T-27-74/ ASTM C-136-46.

a. Peralatan pengujian

- 1) Satu set saringan (Gambar 3.3 b)
- 2) Oven
- 3) Neraca 1 gram
- 4) *Shieve shaker*
- 5) Talam
- 6) *Scraper*.



Gambar 3.4 Skema alat uji analisis saringan (Sumber: Budi, 2011)

b. Prosedur pengujian

- 1) Bersihkan ayakan dengan memakai sikat baja (untuk ayakan dengan ukuran lubang cukup besar) atau sikat bulu (untuk ayakan dengan lubang kecil)
- 2) Timbang berat ayakan kosong untuk masing-masing ukuran
- 3) Susun (tumpuk) ayakan satu dengan yang lain menurut urutan dari ukuran lubang terkecil (pan, yang tidak berlubang) di bagian paling bawah, dan
- 4) lubang terbesar di bagian paling atas
- 5) Masukkan contoh tanah (yang sudah dikeringkan dengan oven) ke dalam ayakan paling atas dan tutup
- 6) Tempatkan susunan ayakan di atas penggetar dan getarkan selama kurang lebih 10 menit
- 7) Timbang masing-masing ayakan yang berisi tanah, dan hitung berat tanah yang tertinggal pada masing-masing ayakan

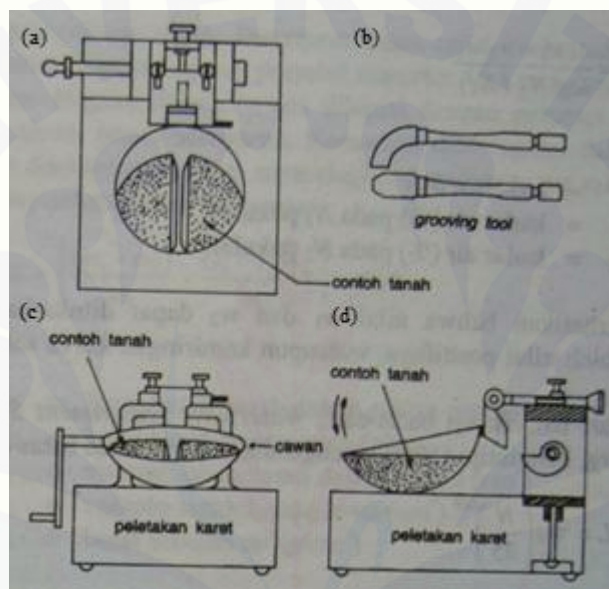
3.6.5 Batas-Batas Konsistensi

Batas konsistensi merupakan kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu (Hardiyatmo, 2002:42). Konsistensi bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Dasar peraturan: PB-0109-76 AASHTO T-89-74/ ASTM C-29-71.

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (*Liquid limit*) didefinisikan sebagai kadar air (*water content*) yang terkandung di dalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan fase plastis. Metode pengujian batas cair secara lebih detail dapat dilihat pada ASTM D4318 (1998) dan Hough (1969).

- 1) Peralatan pengujian
 - a) Alat batas cair standar (*Casagrande*) (gambar 3.4 a, d, e, f)
 - b) Alat pembuat alur (*Grooving Tool*) (Gambar 3.4)
 - c) Neraca 0,01 gram
 - d) Kaca datar 45 x 45 x 0,9 cm
 - e) Spatula (Gambar 3.4)
 - f) Cawan alumunium
 - g) Botol air (*squeezer*)
 - h) Oven.



Gambar 3.5 Skema alat pengujian batas cair (*Cassagrande*) (Sumber: Hardiyatmo, 2002)

- 2) Prosedur pengujian
 - a) Meletakkan 100 gram contoh tanah lolos saringan nomer 40 di atas kaca pengaduk
 - b) Aduk benda uji dengan *spatulla* bersamaan dengan menambahkan air suling sedikit demi sedikit hingga campuran menjadi homogen
 - c) Setelah campuran homoge (f) bil sebagian benda uji dan diletakkan dalam kontainer alat *Cassagrande* dan ratakan permukaan hingga ketebalan tanah ± 1 cm
 - d) Buat alur atau coakan (*grooving*) pada adonan di dalam kontainer, *grooving tool* digerakkan dari arah pukul 12 ke arah pukul 6. Saat membuat alur, *grooving tool* harus tegak lurus dengan dasar kontainer.

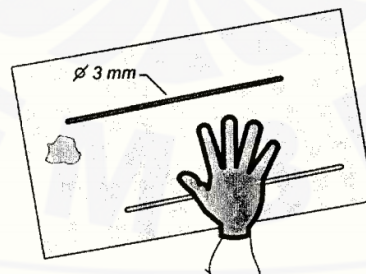
- e) Gerakkan tuas pemutar berlawanan arah jarum jam dengan kecepatan 2 putaran (ketukan) per detik dan hitung jumlah putaran sampai kedua dinding alur adonan tanah di dalam kontainer menutup sepanjang 1,27 cm (1/2 inch)
- f) Ambil contoh tanah dan dimasukkan ke dalam salah satu cawan alumunium yang sudah diketahui beratnya dan timbang
- g) Masukkan cawan dan tanah ke dalam oven dengan temperatur $105^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$, dan biarkan selama 24 jam
- h) Ulangi langkah ke-2 sampai langkah ke-7 pada contoh tanah dengan kadar air yang berbeda-beda, sehingga didapatkan contoh adonan yang menutup sepanjang 1,27 cm pada jumlah putaran atau ketukan < 25 dan > 25 masing-masing dua buah. Sedapat mungkin jumlah putaran antara 20 sampai 35. Apabila alur pada adonan sudah menutup sebelum 20 putaran maka tanah terlalu basah, sebaliknya apabila alur belum menutup setelah 35 putaran, maka tanah terlalu kering, sehingga kedua percobaan harus diulang
- i) Ambil semua cawan dari oven, dinginkan dan timbang. Data percobaan kemudian ditabulasikan
- j) Batas cair tanah ditentukan berdasarkan besarnya kadar air, dimana alur menutup sepanjang 1.27 cm (1/2 inch) pada putaran ke 25. Oleh karena sulit untuk mendapatkan adonan yang tepat pada batas cairnya, maka kadar air ditentukan dengan cara menggambar grafik hubungan antara jumlah putaran (ketukan) dengan kadar air.

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Pengujian batas plastis dimaksudkan untuk menentukan besarnya kadar air di dalam contoh tanah pada saat tanah akan berubah dari fase plastis menjadi fase semi padat atau sebaliknya. Dasar peraturan ASTM D-4318, 1998.

- 1) Peralatan pengujian
 - a) Neraca 0,01 gram
 - b) Kaca datar 45 x 45 x 0,9 cm
 - c) Spatula (gambar 3.3b)
 - d) Cawan alumunium

- e) Botol air (squeezer)
 - f) Oven.
- 2) Prosedur pengujian
- a) Bersihkan Cawan alumunium dan timbang beserta tutupnya, catat beratnya
 - b) Ambil tanah (yang agak kering) dan letakkan di dalam mangkok
 - c) Tambahkan air ke dalam contoh tanah dan aduk dengan spatula sampai merata
 - d) Ambil contoh tanah kira-kira setengah ruas ujung jari kelingking dan remas-remas sehingga berbentuk seperti bola (kelereng)
 - e) Letakkan bola tanah tersebut di atas kaca datar dan gulung atau gelintir (*rolled*) menggunakan telapak tangan berulang kali sampai tanah berbentuk silinder dengan diameter 3 mm, seperti terlihat pada gambar 3.5
 - f) Amati tekstur tanah dengan seksama. Apabila contoh tanah yang berbentuk silinder dengan diameter 3 mm tersebut terlihat mulai retak, maka masukkan tanah tersebut ke dalam cawan alumunium dan tutup cawan dengan rapat agar kadar air tidak berubah
 - g) Jika tanah yang di gulung sampai diameter 3 mm belum terlihat retak, maka tanah terlalu basah dan sebaliknya bila tanah sudah retak sebelum mencapai diameter 3 mm, maka tanah terlalu kering
 - h) Ulangi lagi proses ke 3 sampai dengan 7, sampai mendapatkan silinder tanah yang mulai retak pada diameter 3 mm sebanyak 4 - 5 sampel



Gambar 3.6 Proses penentuan batas plastis (Sumber: Budi, 2011)

3.7 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

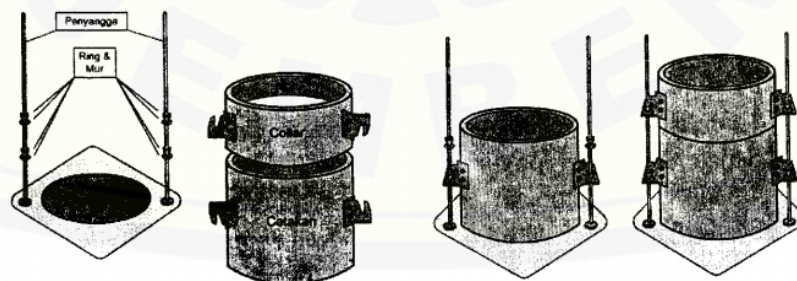
Setelah didapatkan proporsi campuran agregat yang sesuai kriteria untuk dijadikan bahan perkerasan jalan, selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanis tanah yang berupa CBR dan abrasi agregat.

3.7.1 Uji CBR (*California Bearing Ratio*) Laboratorium

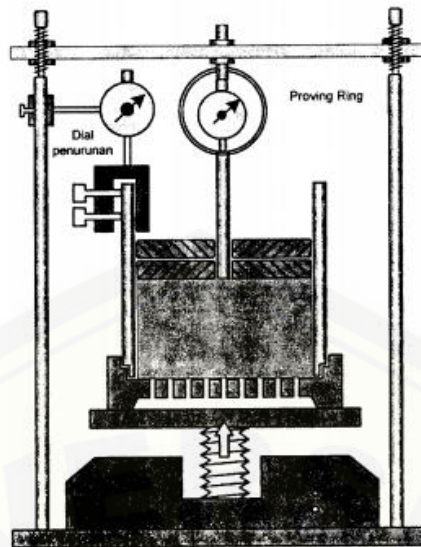
Pengujian CBR bertujuan untuk menentukan kekokohan permukaan lapisan tanah yang umumnya akan dipakai sebagai sub base (urugan) atau subgrade (lapis tanah dasar) konstruksi jalan. Dasar peraturan: PB-0113-76, AASHTO T-193-74.

a. Peralatan pengujian

- 1) *Modified proctor mold*
- 2) *Modified proctor hammer*
- 3) *Extruder*
- 4) *Square pan*
- 5) *Graduated cylinder*
- 6) *Scoop*
- 7) *Trowel*
- 8) *Straight edge*
- 9) *Rubber mallet*
- 10) *Steel wire brush*
- 11) *Moisture content test set*
- 12) *Sieve No. 4*
- 13) *Heavy duty solution balance*
- 14) *Mechanical loading pressure*
- 15) *CBR mold*



Gambar 3.7 Tabung untuk pengujian CBR (Sumber: Yeol et al., 2000)

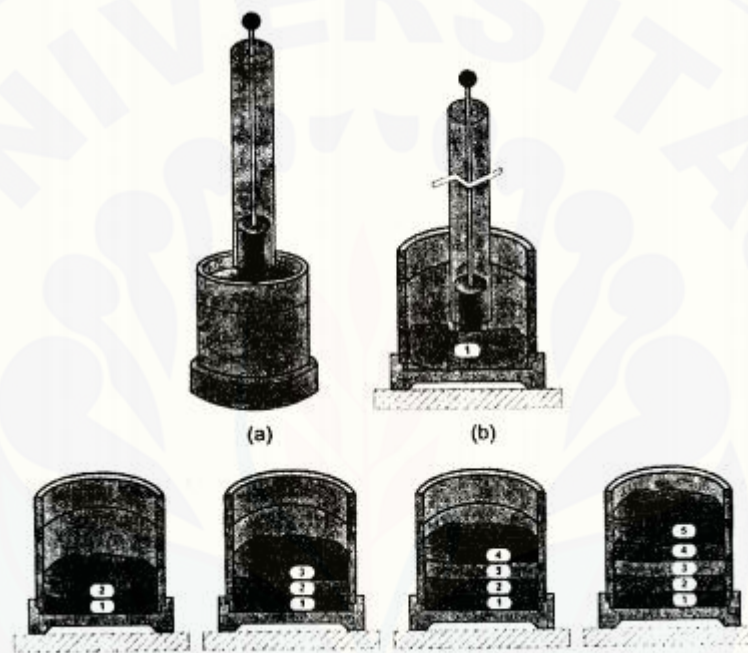


Gambar 3.8 Skema alat pengujian CBR laboratorium (Sumber: Yeol et al., 2000)

b. Benda uji untuk pengujian kering (*unsoaked*)

- 1) Menentukan berat-volume kering (V_{dry}) maksimum dan kadar air optimum contoh tanah, yang diperoleh dari pengujian *standard proctor* atau *modified proctor*
- 2) Timbang berat tabung (*mold*) CBR, tanpa alas dan *collar*
- 3) Siapkan contoh tanah yang akan diuji kekokohnya dan keringkan di dalam oven selama 24 jam
- 4) Keluarkan contoh tanah dari oven, kemudian tambahkan air sampai kadar sampai rata biarkan hingga dingin, air optimum dan aduk sampai rata
- 5) Masukkan tanah secukupnya ke dalam tabung silinder CBR yang telah dipasang *collar*, sehingga volume tanah setelah ditumbuk kira-kira tinggal 1/5 volume tabung
- 6) Tumbuk tanah di dalam tabung secara merata sebanyak 56 kali dengan memakai penumbuk (*rammer*) seberat 1- lbs (sekitar 4,5 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 45 cm (18 inch)
- 7) Ulangi langkah 5 dan 6 sebanyak 5 kali sampai tanah di dalam tabung penuh dan permukaannya rata
- 8) Taruh beban standar seberat 10 lbs (berupa lempengan logam yang berlubang di tengahnya) di atas permukaan tanah di dalam tabung CBR

- 9) Letakkan tabung yang berisi tanah dan beban standar pada mesin penekan, dan atur ketinggian agar torak penekan yang mempunyai luas penampang 3 inch² (diameter 4.96 cm) melewati lubang beban standar dan duduk tepat di atas permukaan contoh tanah
- 10) Pasang dan atur dial penurunan agar jarum penunjuk penurunan tepat pada posisi nol
- 11) Jalankan mesin penekan dengan kecepatan 0,05 inch per menit
- 12) Lakukan pembacaan (pencatatan) gaya yang terjadi setiap penetrasi 0,025 inch.



Gambar 3.9 Langkah proses pemadatan (Sumber: Yeol et al., 2000)

3.7.2 Pengujian Abrasi Agregat (Keausan Agregat)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan angka keausan dan ketahanan agregat kasar yang akan digunakan untuk bahan perkerasan perkerasan jalan dengan mempergunakan mesin Abrasi Los Angeles.

a. Peralatan pengujian

- 1) Mesin abrasi *Los Angeles*
- 2) Saringan no. 12 (1,7 mm) (ASTM D 421-72)

b. Prosedur pengujian

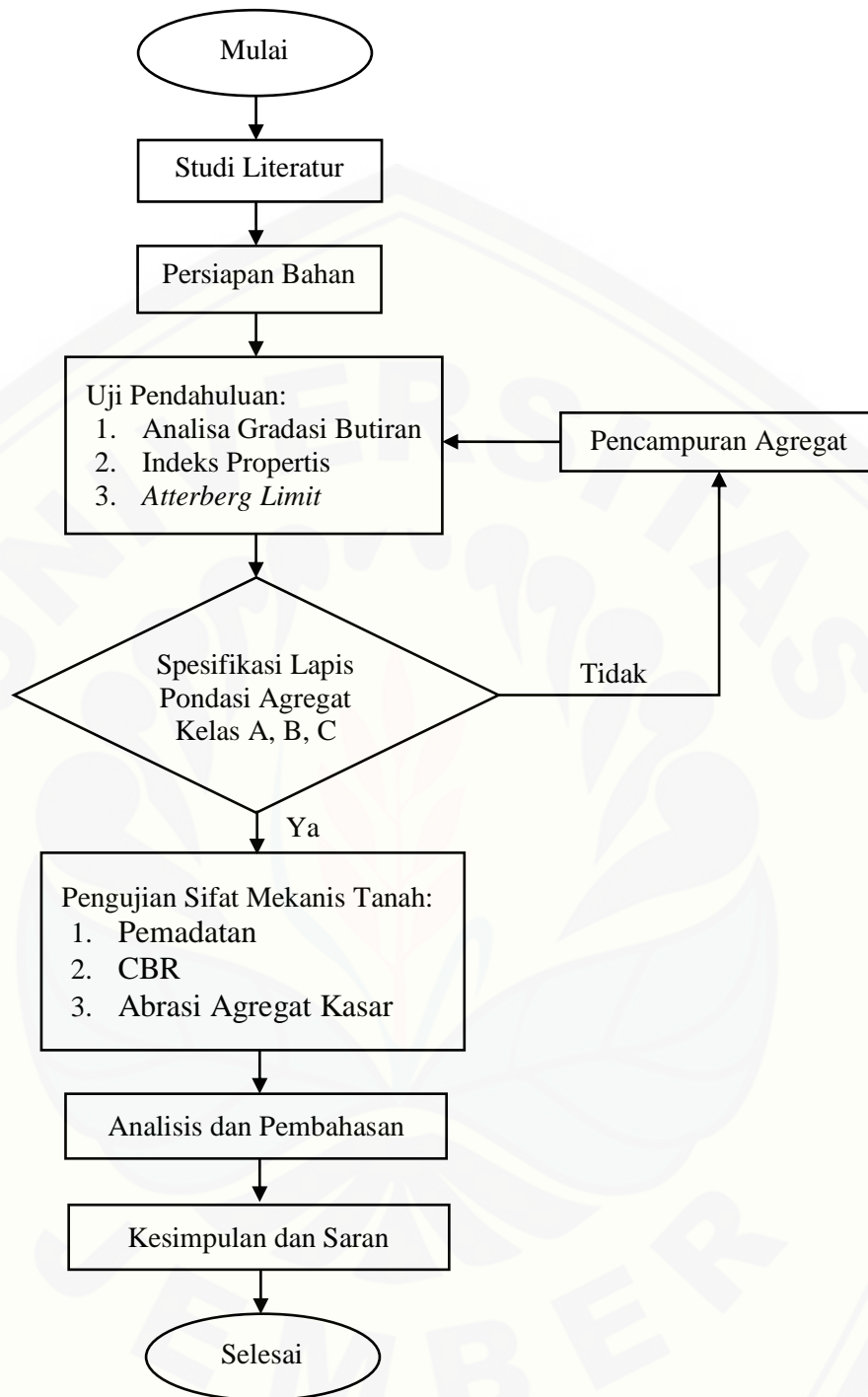
Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dapat dilakukan dengan salah satu dari 7 (tujuh) cara berikut:

- 1) Cara A : Gradasi A, bahan lolos 37,5 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 500 putaran
- 2) Cara B : Gradasi B, bahan lolos 19 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran
- 3) Cara C : Gradasi C, bahan lolos 9,5 mm sampai tertahan 4,75 mm (no.4), Jumlah bola 8 buah dengan 500 putaran
- 4) Cara D : Gradasi D, bahan lolos 4,75 mm (no.4) sampai tertahan 2,36 mm (no.8). Jumlah bola 6 buah dengan 500 putaran
- 5) Cara E : Gradasi E, bahan lolos 75 mm sampai tertahan 37,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran
- 6) Cara F : Gradasi F, bahan lolos 50 mm sampai tertahan 25 mm. Jumlah bola 12 dengan 1000 putaran
- 7) Cara G : Gradasi G, bahan lolos 37,5 mm sampai tertahan 19 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran

Bila tidak ditentukan cara yang harus dilakukan, maka pemilihan gradasi disesuaikan dengan contoh material yang merupakan wakil dari material yang akan digunakan. Berikut prosedur pengujian abrasi dengan mesin abrasi Los Angeles:

- 1) Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Abrasi Los Angeles
- 2) Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai dengan 33 rpm. Jumlah putaran gradasi A, B, C, dan D 500 putaran dan untuk gradasi E, F, dan G 1000 putaran
- 3) Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no. 12 (1,7 mm); butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10 Diagram alir penelitian

BAB 4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Sifat Fisik dan Klasifikasi Tanah Tiap Lokasi

Klasifikasi tanah berguna sebagai petunjuk awal untuk memprediksi sifat dan jenis tanah, khususnya untuk perencanaan lapis pondasi jalan. Karena daya dukung perkerasan jalan sebagian besar ditentukan oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan.

4.1.1 Analisis Ukuran Butir

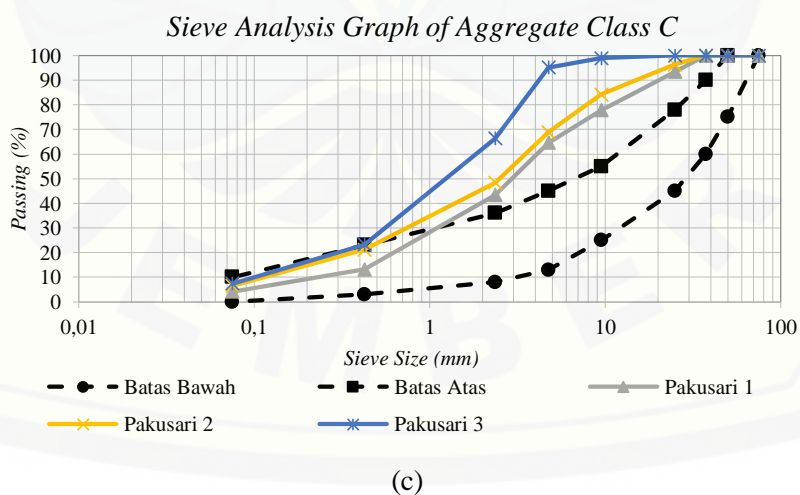
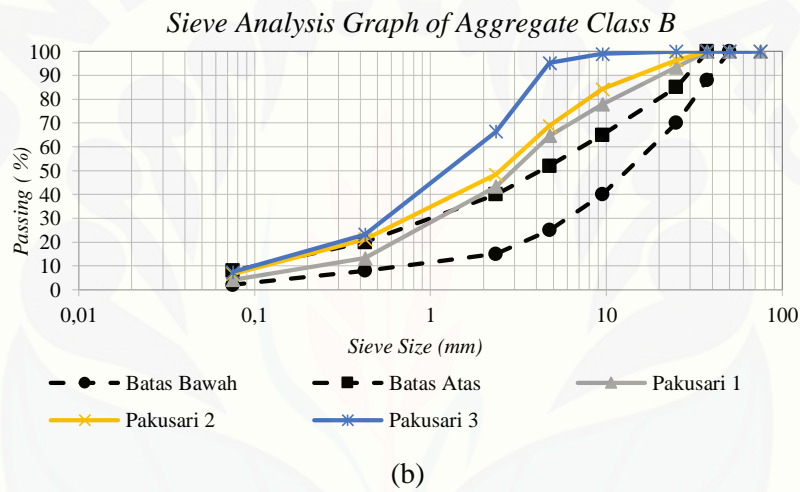
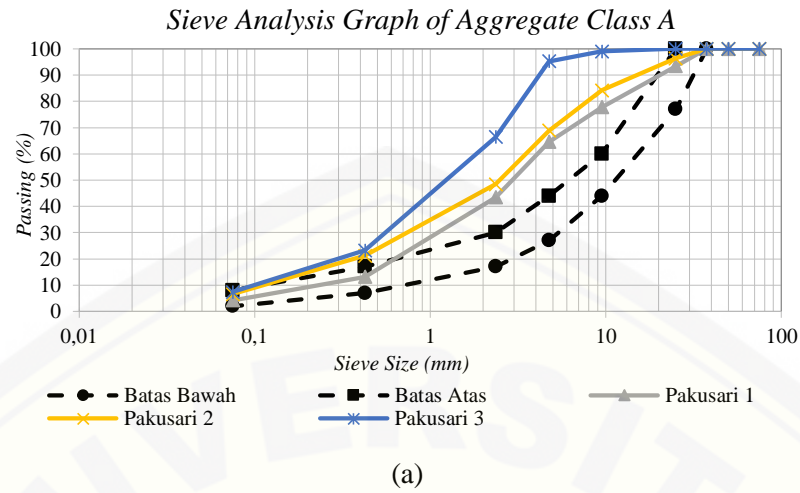
Analisis ukuran partikel dilakukan dengan metode *shieving analitic* atau pengayakan. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran B. Berikut tabel hasil uji analisis saringan sampel tanah tiap lokasi:

Tabel 4.1 Hasil uji analisis saringan sampel tanah tiap lokasi

Ukuran Saringan		Kumulatif Berat Lolos (%)		
ASTM	(mm)	Pakusari 1	Pakusari 2	Pakusari 3
3"	75	100	100	100
2"	50	100	100	100
1 ½"	37,5	100	100	100
1"	25	93,4	96,4	100
3/8"	9,5	77,8	84,2	99
no. 4	4,75	64,6	68,8	95,2
no. 10	2	43,4	48,4	66,4
no. 40	0,425	13,2	21,2	23,2
no. 200	0,075	4,2	6,6	7,4

Kumulatif berat lolos adalah total berat lolos agregat yang dikumulatif dan dinyatakan dalam persen.

Berikut ini adalah grafik hasil uji analisis saringan sampel tanah tiap lokasi terhadap kriteria lapis pondasi agregat jalan kelas A, B, dan C menurut Departemen Pekerjaan Umum (2006: 3) tentang lapis pondasi agregat:



(a) Plot Kelas A; (b) Plot Kelas B; (c) Plot Kelas C

Gambar 4.1 Grafik uji analisis saringan sampel tanah tiap lokasi terhadap kriteria lapis pondasi agregat jalan kelas C (Sumber: Hasil uji laboratorium)

Dari grafik analisis saringan dalam uji pendahuluan ini dapat disimpulkan bahwa dari ketiga sampel tanah tidak memenuhi persyaratan gradasi agregat Kelas A, B, maupun C. Hal ini karena ketiga sampel terlalu banyak agregat kasar yang lolos sehingga tidak memenuhi persyaratan gradasi agregat kelas A, B, C.

4.1.2 Indeks Propertis Tanah

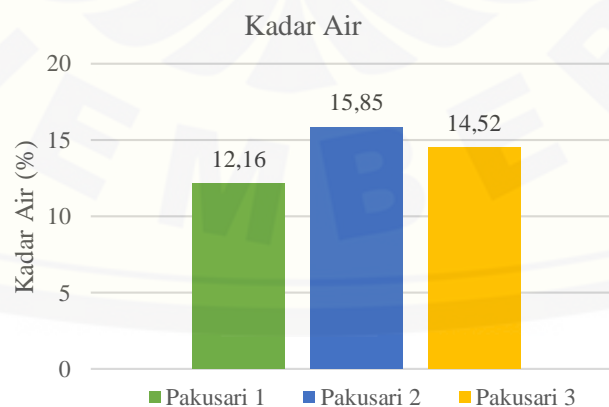
Pengujian indeks propertis tanah terdiri dari pengujian kadar air, berat isi, dan berat jenis yang bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran A. Berikut tabel hasil pengujian indeks propertis sampel tanah tiap lokasi:

Tabel 4.2 Hasil pengujian indeks propertis tanah

No.	Jenis Pengujian	Pakusari 1	Pakusari 2	Pakusari 3
1.	Kadar Air (%)	12,16	15,85	14,52
2.	Berat Isi Tanah (gr/cm ³)	1,507	1,515	1,429
3.	<i>Spesific gravity</i>	2,533	2,538	2,561

a. Kadar Air

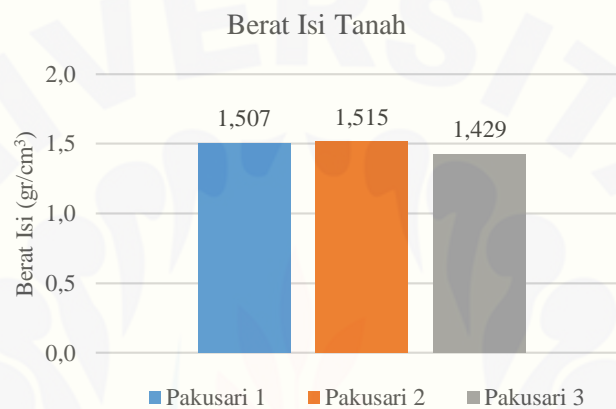
Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat kering tanah. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui kadar air terendah dimiliki oleh sampel Pakusari 1, sedangkan yang tertinggi adalah sampel Pakusari 2. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran A. Berikut gambar 4.2 grafik kadar air sampel tanah tiap lokasi:



Gambar 4.2 Grafik kadar air sampel tanah tiap lokasi

b. Berat Isi Tanah

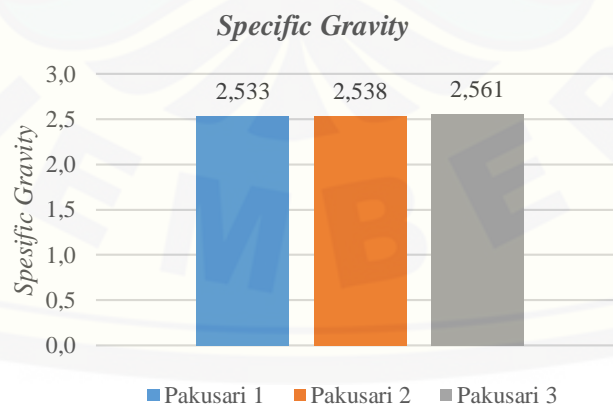
Berat isi tanah adalah angka perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan volume tanah seluruhnya. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui sampel tanah Pakusari 3 memiliki berat isi terendah dan yang tertinggi adalah sampel tanah Pakusari 2. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran A. Berikut gambar 4.3 grafik hasil pengujian berat isi sampel tanah tiap lokasi:



Gambar 4.3 Grafik berat isi sampel tanah tiap lokasi

c. Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

Berat jenis tanah atau *specific gravity* (Gs) adalah perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran A. Berikut grafik hasil pengujian Gs sampel tanah tiap lokasi:



Gambar 4.4 Grafik hasil uji *spesific gravity*

4.1.3 Batas Konsistensi dan Plastisitas (*Atterberg Limit*)

Uji *atterberg limit* diperlukan untuk mengetahui kondisi fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu, dan uji plastisitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam berdeformasi pada volume yang tetap tanpa retakan atau remahan.

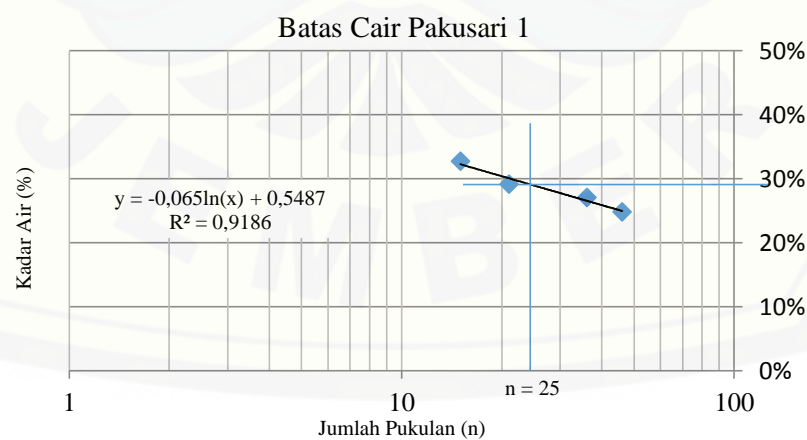
a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah proses transisi tanah dari plastis ke cair, yaitu kadar air dimana tanah akan mengalir akibat berat sendiri. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran A. Berikut tabel 4.4 hasil uji batas cair sampel tanah tiap lokasi:

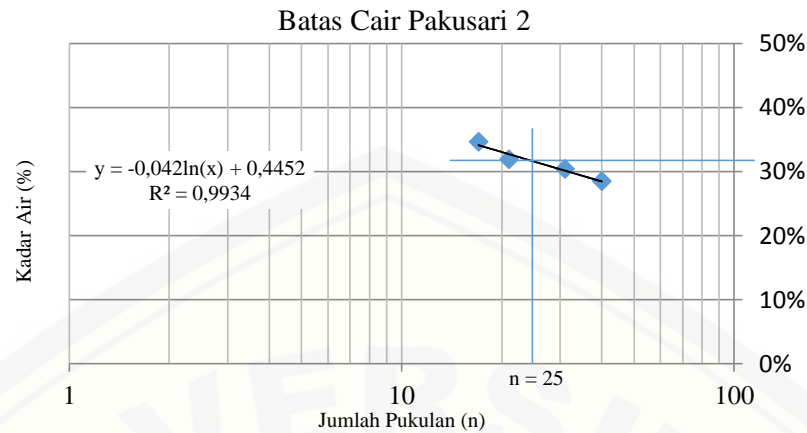
Tabel 4.3 Hasil uji batas cair (LL)

No.	Nama Sampel	Jumlah Pukulan (n)	LL (%)	Spesifikasi Teknis		
				Kelas A	Kelas B	Kelas C
1	Pakusari 1	25	28,46	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 35
2	Pakusari 2	25	31,34	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 35
3	Pakusari 3	25	30,49	Maks. 25	Maks. 25	Maks. 35

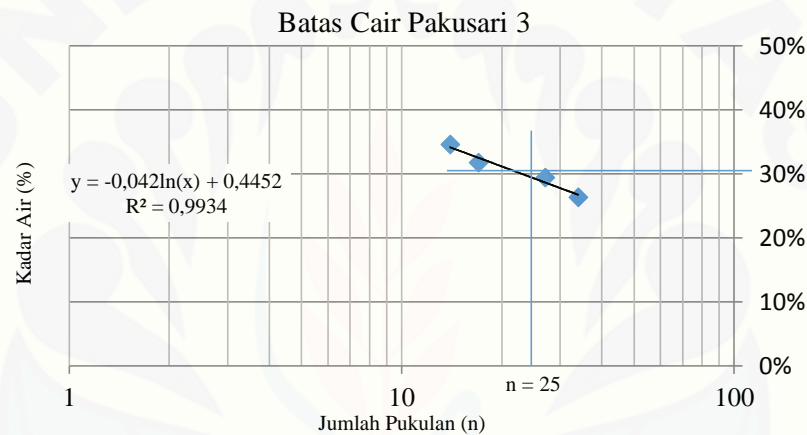
Nilai batas cair didapatkan dari interpolasi secara analitis atau grafis pada pukulan ke 25, karena tanah berada dalam batas cair diperlukan ± 25 kali pukulan. Batas cair dengan cara grafis didapatkan dari perpotongan garis vertikal dan horizontal pada $n=25$ dengan garis regresi linier. Berikut gambar grafik batas cair sampel tanah tiap lokasi:



Gambar 4.5 Grafik batas cair tanah Pakusari 1 (Sumber: Hasil uji laboratorium)



Gambar 4.6 Grafik batas cair tanah Pakusari 2 (Sumber: Hasil uji laboratorium)



Gambar 4.7 Grafik batas cair tanah Pakusari 3 (Sumber: Hasil uji laboratorium)

Mengacu pada spesifikasi teknis Departemen Pekerjaan Umum (2006: 3) maka batas cair sampel tanah tiap lokasi masuk ke dalam kelas C persyaratan lapis pondasi agregat, karena nilai LL sampel tiap lokasi $\leq 35\%$.

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah proses transisi tanah dari semi padat ke plastis, yaitu besar kadar air dimana tanah mempunyai volume terkecil saat air mengering. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran A. Berikut tabel 4.5 hasil uji batas plastis (PL) sampel tanah tiap lokasi:

Tabel 4.4 Hasil uji batas plastis (PL)

No.	Nama Sampel	PL (%)
1	Pakusari 1	23,41
2	Pakusari 2	25,28
3	Pakusari 3	23,39

Sampel tanah Pakusari 1 memiliki nilai batas plastis tertinggi, sedangkan yang terendah adalah sampel tanah Pakusari 2.

c. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis. Kadar air berpengaruh terhadap batas cair dan batas plastis tanah. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran A. Berikut tabel 4.6 rekapitulasi hasil uji *atterberg limit* sampel tanah tiap lokasi:

Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil uji *atterberg limit*

No.	Nama Sampel	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Spesifikasi Teknis PI		
					Kelas A	Kelas B	Kelas C
1	Pakusari 1	29,50	23,41	6,08	Maks. 6	Maks. 6	4-9
2	Pakusari 2	31,89	25,28	6,61	Maks. 6	Maks. 6	4-9
3	Pakusari 3	29,75	23,39	6,36	Maks. 6	Maks. 6	4-9

Berdasarkan Tabel 2.2 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah, sampel Pakusari 1, 2, dan 3 merupakan tanah berlanau karena memiliki nilai plastisitas rendah < 7 . Mengacu pada persyaratan lapis pondasi agregat, maka ketiga sampel tanah gumuk adalah termasuk ke dalam kelas C.

4.1.4 Klasifikasi Tanah

Metode yang digunakan dalam pengklasifikasian tanah adalah metode AASHTO dan UNIFIED. Berikut penentuan klasifikasi dari hasil uji analisis saringan dan uji *atterberg limit* sampel tanah tiap lokasi:

a. Sistem Klasifikasi tanah UNIFIED

Tabel untuk klasifikasi tanah UNIFIED dapat dilihat pada Tabel 2.5 sistem klasifikasi UNIFIED. Berikut tabel rekapitulasi hasil pengujian analisis

saringan dan batas konsistensi sampel tanah tiap lokasi pada halaman berikutnya:

Tabel 4.6 Rekapitulasi hasil uji analisis saringan dan batas konsistensi sampel tanah tiap lokasi di Pakusari

No.	Parameter	Pakusari 1	Pakusari 2	Pakusari 3
1.	Partikel lolos saringan			
	No. 10	64,6%	68,8%	95,2%
	No. 40	43,4%	48,4%	66,4%
	No. 200	4,20%	6,6%	7,4%
	Koefisien keseragaman (Cu)	20	25,71	16,67
	Koefisien gradasi (Cc)	1,03	1,18	1,35
2.	Batas konsistensi			
	Batas cair (LL)	34,17%	31,36%	31,28%
	Batas plastis (PL)	28,87%	25,18%	26,95%
	Indeks plastisitas (IP)	5,29%	6,18%	4,33%

Berdasarkan Tabel 2.5 Sistem klasifikasi UNIFIED dan Tabel 2.2 Nilai indeks plastisitas tanah dan macam tanah, maka tanah gumpul Pakusari 1 termasuk golongan SW (*Sand well-graded*), jenis umum adalah pasir kerikil dengan sedikit butiran halus (lanau), sedangkan Pakusari 2, dan Pakusari 3 termasuk golongan SW-SM karena partikel lolos saringan No. 200 5%-12%, jenis umum adalah pasir kerikil dengan sedikit butiran halus (lanau).

b. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem ini membagi ke dalam 8 kelompok sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.6 Sistem Klasifikasi AASHTO. Berikut tabel rekapitulasi hasil pengujian analisis saringan dan batas konsistensi sampel tanah tiap lokasi pada halaman berikutnya:

Tabel 4.7 Rekapitulasi hasil uji analisis saringan dan batas konsistensi sampel tanah tiap lokasi

No.	Parameter	Pakusari 1	Pakusari 2	Pakusari 3
1.	Partikel lolos saringan			
	No. 10	43,4%	48,4%	66,4%
	No. 40	13,2%	21,2%	23,2%
	No. 200	42,00%	6,6%	7,4%
	Koefisien keseragaman (Cu)	20	25,71	16,67

No.	Parameter	Pakusari 1	Pakusari 2	Pakusari 3
	Koefisien gradasi (Cc)	1,03	1,18	1,35
	Nilai indeks grup (GI)	1,03	0,79	0,71
2.	Batas konsistensi			
	Batas cair (LL)	34,17%	31,36%	31,28%
	Batas plastis (PL)	28,87%	25,18%	26,95%
	Indeks plastisitas (IP)	52,9%	6,18%	4,33%

Berdasarkan Tabel 2.6 Sistem klasifikasi AASHTO dan Tabel 2.2 Nilai indeks plastisitas tanah dan macam tanah, maka tanah Pakusari 1, 2, dan 3 termasuk golongan A-2-6, jenis umum kerikil berlanau dan bergradasi jelek.

4.2 Pencampuran Agregat

Hasil uji pendahuluan yang berupa uji sifat fisik dan klasifikasi tanah menunjukkan bahwa sampel tanah dari ketiga lokasi tidak memenuhi persyaratan gradasi untuk digunakan sebagai bahan lapis pondasi agregat. Maka selanjutnya untuk mendapatkan agregat yang memenuhi kriteria, dilakukan pencampuran dengan metode analitis dan trial blend. Detail hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran C. Berikut tabel 4.9 hasil perhitungan pencampuran agregat pada halaman berikutnya:

Tabel 4.8 Komposisi campuran agregat

No.	Sampel	Komposisi Campuran
1	Pakusari 1+ Pakusari 2	67% : 33%
2	Pakusari 1+ Pakusari 3	75% : 25%
3	Pakusari 2+ Pakusari 3	90% : 10%

Setelah didapatkan persentase proporsi campuran untuk masing-masing sampel tanah, maka selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan berat tanah sesuai persentase proporsi yang ditentukan, hal ini dilakukan untuk keperluan pengujian sifat fisik dan klasifikasi tanah yang berupa indeks propertis tanah, *atterberg limit*, dan uji analisis saringan. Berat tanah untuk satu kali pengujian analisis saringan adalah 500 gram. Berikut tabel perhitungan berat masing-masing sampel tanah sesuai proporsi campuran:

Tabel 4.9 Perhitungan berat sampel tanah campuran

No.	Kombinasi	Persentase Campuran	Berat (gr)	Jumlah berat tanah (gr)
1.	P1 + P2	67% : 33%	335 : 165	500
2.	P1 + P3	75% : 25%	375 : 125	500
3.	P2 + P3	90% : 10%	450 : 50	500

4.3 Karakteristik Tanah Campuran

Klasifikasi tanah berguna sebagai petunjuk awal untuk memprediksi sifat dan jenis tanah, khususnya untuk perencanaan lapis pondasi jalan. Karena daya dukung perkerasan jalan sebagian besar ditentukan oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan.

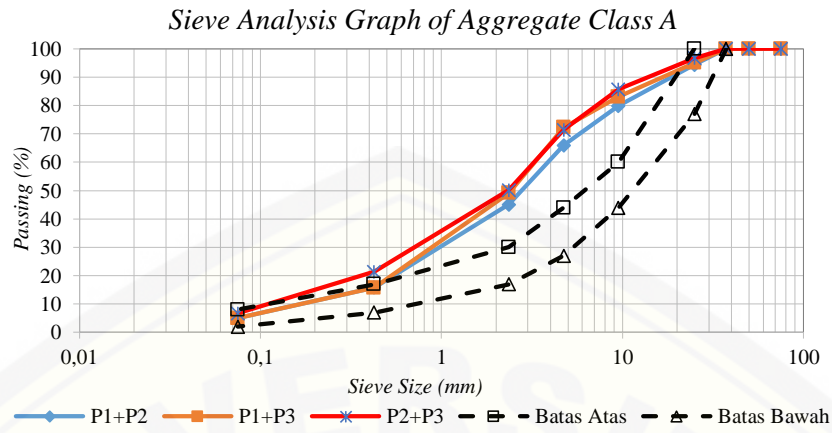
4.3.1 Analisis Ukuran Butir

Analisis ukuran partikel dilakukan dengan metode *shieving analitic* atau pengayakan. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran C. Berikut tabel 4.11 hasil uji analisis saringan sampel tanah campuran:

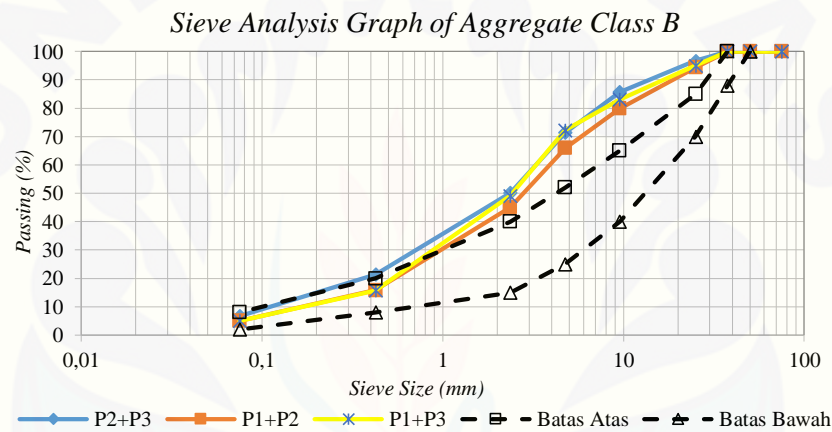
Tabel 4.10 Hasil uji analisis saringan sampel campuran tanah

Ukuran Saringan		Persentase Berat Lolos (%)		
ASTM	mm	P1+P2	P1+P3	P2+P3
3"	75	100	100	100
2"	50	100	100	100
1.5"	37.5	100	100	100
1"	25	94.39	98.35	97.30
3/8"	9.5	79.91	93.70	87.90
No. 4	4.75	65.99	87.55	75.40
No. 10	2.36	45.05	60.65	52.90
No. 40	0.425	15.84	20.70	21.70
No. 200	0.075	4.99	6.60	6.80

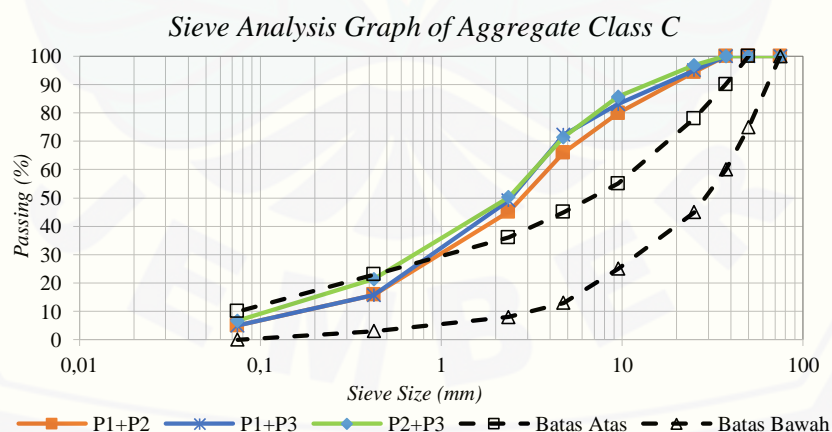
Berikut gambar grafik analisis saringan dari masing-masing kombinasi campuran terhadap spesifikasi teknis lapis pondasi agregat kelas A, B, C



(a)



(b)



(c)

(a) Plot kelas A; (b) Plot Kelas B; (c) Plot Kelas C

Gambar 4.8 Grafik analisis saringan kombinasi P1+P2+P3 (Sumber: Hasil uji laboratorium)

Dari seluruh grafik tersebut menunjukkan bahwa semua sampel kombinasi tanah campuran tidak memenuhi persyaratan spesifikasi teknis gradasi butiran lapis pondasi agregat kategori kelas A, B, maupun C. Hal ini karena sampel yang ada mengandung sedikit butiran kasar. Pada Gambar 4.7 grafik analisis saringan dapat dilihat bahwa banyak agregat kasar yang lolos saringan 1 mm – 75 mm.

4.3.2 Indeks Propertis Tanah

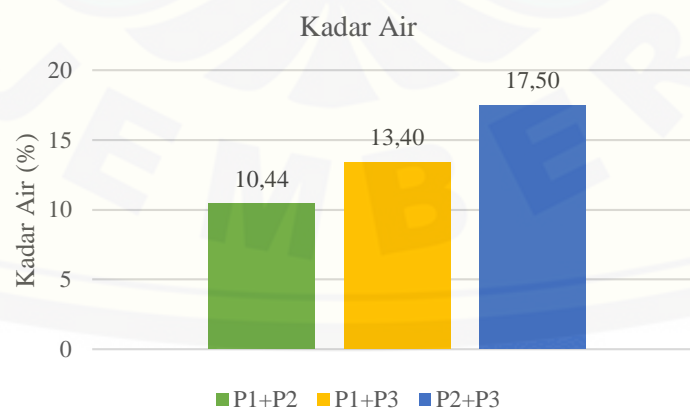
Pengujian indeks propertis tanah terdiri dari pengujian kadar air, berat isi, dan berat jenis yang bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah. Berikut tabel 4.12 hasil pengujian indeks propertis sampel tanah campuran:

Tabel 4.11 Hasil pengujian indeks propertis tanah campuran

No.	Kombinasi	Kadar Air (%)	Berat Isi Tanah (gr/cm ³)	<i>Spesific Gravity</i>
1.	P1+P2	10,44	1,396	2,604
2.	P1+P3	13,40	1,132	2,582
3.	P2+P3	17,50	0,971	2,613

a. Kadar Air

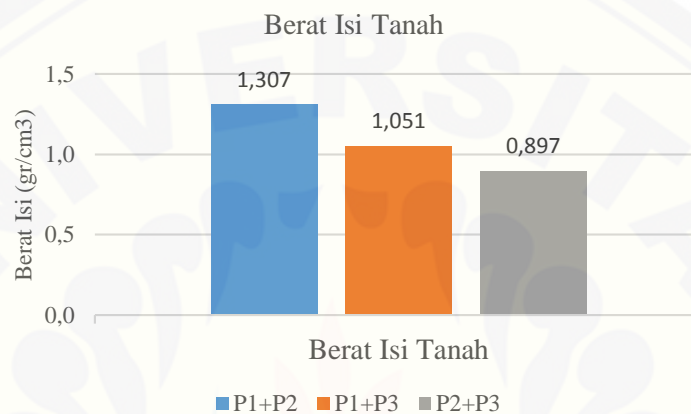
Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat kering tanah. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui kadar air tertinggi yaitu sampel P2+P3, dan terendah sampel P1+P2. Hasil pengujian lebih lengkap bisa dilihat pada lampiran D. Berikut grafik hasil pengujian kadar air sampel tanah campuran:



Gambar 4.9 Grafik kadar air sampel tanah campuran

b. Berat Isi Tanah

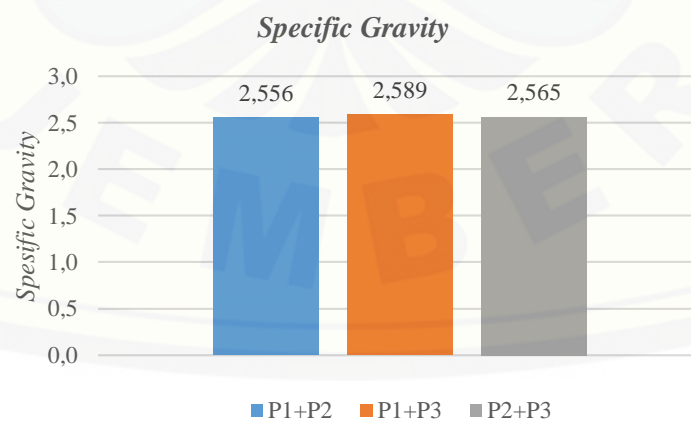
Berat isi tanah adalah angka perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan volume tanah seluruhnya. Dari hasil uji laboratorium dapat diketahui berat isi tertinggi yaitu sampel P1 + P2, dan terendah sampel P2 + P3. Hasil pengujian lebih lengkap bisa dilihat pada lampiran D. Berikut gambar 4.14 grafik hasil pengujian berat isi sampel tanah campuran:



Gambar 4.10 Grafik berat isi sampel tanah campuran

c. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis tanah atau *specific gravity* (G_s) adalah perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Untuk hasil pengujian lebih detail dapat dilihat pada lampiran D. Berikut gambar 4.13 grafik hasil pengujian G_s sampel tanah campuran:



Gambar 4.11 Grafik uji *specific gravity* sampel tanah campuran

4.3.3 Batas Konsistensi dan Plastisitas (*Atterberg Limit*)

Uji *atterberg limit* diperlukan untuk mengetahui kondisi fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu, dan uji plastisitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam berdeformasi pada volume yang tetap tanpa retakan

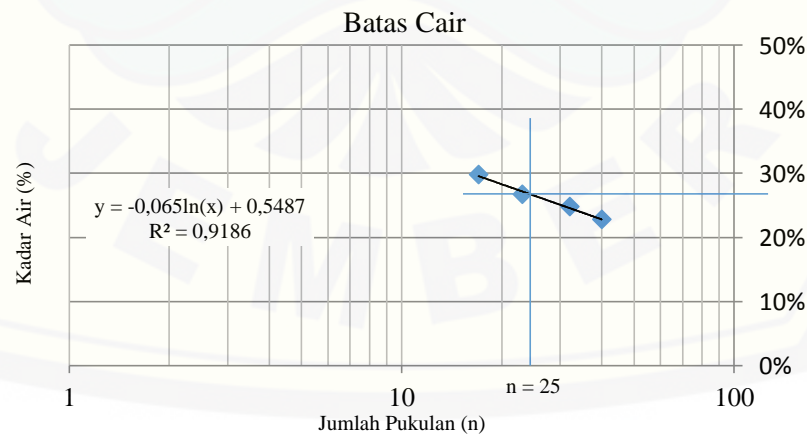
a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah proses transisi tanah dari plastis ke cair, yaitu kadar air dimana tanah akan mengalir akibat berat sendiri. Hasil pengujian yang lebih detail dapat dilihat pada lampiran D. Berikut tabel 4.14 hasil uji batas cair sampel tanah campuran:

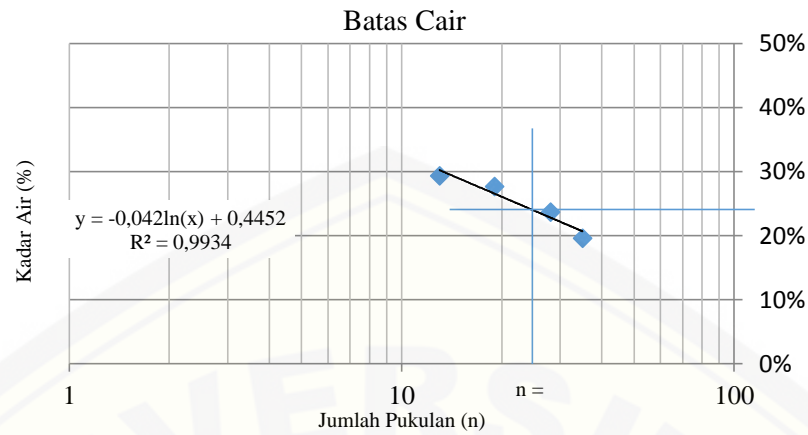
Tabel 4.12 Hasil uji batas cair (LL)

No.	Nama Sampel	Jumlah Pukulan (n)	Batas Cair (%)
1.	P1+P2	25	26,91
2.	P1+P3	25	24,49
3.	P2+P3	25	26,36

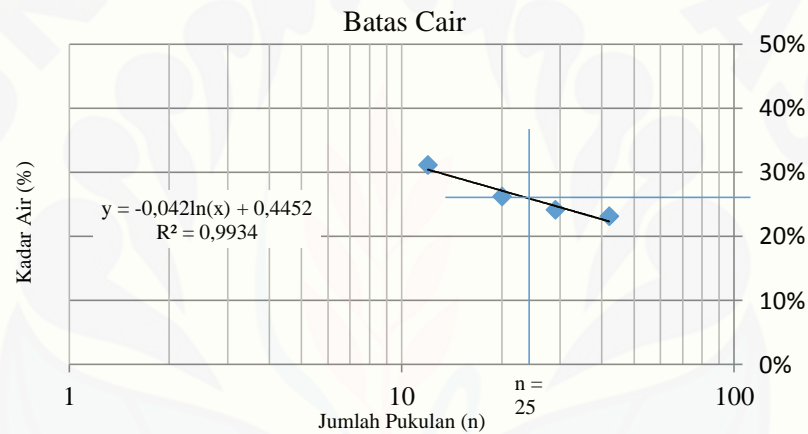
Nilai batas cair didapatkan dari interpolasi secara analitis atau grafis pada pukulan ke 25, karena tanah berada dalam batas cair diperlukan ± 25 kali pukulan. Batas cair dengan cara grafis didapatkan dari perpotongan garis vertikal pada n=25 dan garis regresi linier, kemudian ditarik garis horizontal untuk mendapatkan nilai batas cair. Berikut grafik batas cair sampel tanah tiap lokasi:



Gambar 4.12 Grafik kadar air tanah kombinasi P1 + P2



Gambar 4.13 Grafik kadar air tanah kombinasi P1 + P3



Gambar 4.14 Grafik kadar air tanah kombinasi P2 + P3

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah proses transisi tanah dari semi padat ke plastis, yaitu besar kadar air dimana tanah mempunyai volume terkecil saat air mengering. Hasil pengujian lebih detail dapat dilihat pada lampiran D. Berikut tabel hasil uji batas plastis (PL) sampel tanah tiap lokasi:

Tabel 4.13 Hasil uji batas plastis (PL)

No.	Nama Sampel	Batas Plastis (%)
1.	P1+P2	20,21
2.	P1+P3	17,91
3.	P2+P3	19,68

Sampel tanah kombinasi P1+P2 adalah yang memiliki batas plastis tertinggi, sedangkan yang terendah adalah sampel P1+P3.

c. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis. Kadar air berpengaruh terhadap batas cair dan batas plastis tanah. Hasil pengujian yang lebih detail dapat dilihat pada lampiran D. Berikut hasil uji *atterberg limit* sampel tanah tiap lokasi:

Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil uji *atterberg limit* sampel tanah campuran

Sampel	LL (%)	PL (%)	IP (%)
Pakusari 1 + Pakusari 2	26,91%	20,21%	6,70%
Pakusari 1 + Pakusari 3	24,49%	17,91%	6,58%
Pakusari 2 + Pakusari 3	26,36%	19,68%	6,68%

Berdasarkan Tabel 2.2 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah, sampel Pakusari 1, 2, dan 3 merupakan tanah berlanau karena memiliki nilai plastisitas rendah < 7 .

4.4 Pemadatan (*Modified Proctor*)

Pemadatan tanah tergantung pada nilai berat volume kering, semakin besar nilai berat volume kering maka tanah semakin padat. Tujuan pengujian pemadatan tanah adalah untuk mengetahui nilai γ_d max (berat volume kering maksimum). Berat volume kering maksimal didapatkan dari hubungan antara kadar air (*water content*) dan berat volume kering (*dry density*). Hasil perhitungan lebih detail dapat dilihat pada lampiran E. Berikut tabel nilai berat volume maksimal untuk tiap sampel campuran:

Tabel 4.15 Hasil uji kepadatan

NO	Sampel	γ_d max	OMC (%)
1.	P1+P2	1,320	23
2.	P1+P3	1,350	19
3.	P2+P3	1,548	21

Nilai berat kering maksimum dipakai untuk menentukan berat sampel campuran untuk pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) dengan cara mengalikan nilai $V_d \text{ max}$ dan volume.

4.5 CBR (California Bearing Ratio)

Pengujian CBR adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui daya dukung lapis pondasi bawah dalam perencanaan lapis perkerasan. Bila lapis pondasi bawah memiliki nilai CBR yang tinggi, tentu akan mengurangi ketebalan lapis keras yang ada di atasnya. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran E. Berikut ini tabel nilai CBR (*California Bearing Ratio*) untuk tiap sampel tanah campuran:

Tabel 4.16 Hasil pengujian CBR tiap perbandingan campuran

No	Perbandingan Campuran	CBR (%)	Kelas A	Kelas B	Kelas C
1	P1+P2	32,78	Min. 90%	Min. 65%	Min. 35%
2	P1+P3	33	Min. 90%	Min. 65%	Min. 35%
3	P2+P3	32,22	Min. 90%	Min. 65%	Min. 35%

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2006: 3), nilai CBR minimum untuk lapis pondasi agregat kelas A = 90%, kelas B = 65%, dan kelas C = 35%. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai CBR dari ketiga sampel tanah campuran masuk dalam kelas C.

4.6 Uji Abrasi Agregat Kasar tiap Campuran dengan Mesin *Los Angeles*

Daya tahan agregat merupakan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis ataupun kimiawi. Agregat bisa mengalami perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran G. Berikut tabel 4.17 hasil uji abrasi agregat kasar:

Tabel 4.17 Hasil uji abrasi agregat kasar

Sampel		P1+P2	P1+P3	P2+P3
Berat Semula	A	5000	5000	5000
Berat setelah diuji	B	3518	3220,8	3706,5
Berat yang aus	(A-B)	1482	1779,2	1293,5
Keausan = $(A-B) / A \times 100\%$		29,64	35,584	25,87

Mengacu pada Tabel 2.7 persyaratan lapis pondasi agregat, nilai abrasi ketiga sampel termasuk dalam kelas A, B, dan C karena dari ketiga sampel memiliki nilai abrasi $\leq 40\%$.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian yang berjudul “Analisis Pemanfaatan Material Gumuk di Kecamatan Pakusari Kabupaten Jember sebagai Bahan Perkerasan Jalan” adalah material tanah asli dari tiap lokasi gumuk dan tanah campuran dari 3 gumuk di Kecamatan Pakusari tidak memenuhi beberapa kriteria persyaratan untuk dijadikan bahan lapis pondasi agregat jalan, baik kelas A, kelas B, maupun kelas C.

5.2 Saran

- a. Dalam melaksanakan pekerjaan penambangan dan pembangunan infrastruktur, diharapkan agar memperhatikan kelestarian lingkungan sekitar, karena keberadaan gumuk di Kabupaten Jember yang semakin berkurang jumlahnya.
- b. Saat melakukan pengujian baik di laboratorium maupun di lapangan, diharapkan lebih teliti untuk menghindari kesalahan yang bisa terjadi karena faktor *human error*.
- c. Dibutuhkan agregat tambahan dari luar Kecamatan Pakusari karena tidak ada satupun sampel tanah dari tiap lokasi maupun tanah hasil pencampuran yang memenuhi persyaratan sebagai bahan lapis pondasi agregat kelas A, B, dan C.
- d. Diharapkan ada penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode pendekatan lain untuk mendapatkan hasil campuran tanah yang sesuai dengan persyaratan bahan lapis pondasi agregat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, S. R. A. 2011. “*Penggunaan Material Dari Beberapa Kuori Kabupaten Banyuwangi Sebagai Bahan Perkerasan Jalan Lapis Pondasi Bawah Kelas B*”. Tugas Akhir. Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2006. *Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan Buku 3*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Tenriajeng, A. T. Tanpa Tahun. *Rekayasa Jalan Raya 2*. Jakarta: Gunadarma.
- Tim Dosen. 2011. *Modul Praktikum Mekanika Tanah*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

**LAMPIRAN A. HASIL UJI INDEKS PROPERTIS DAN ATTERBERG
LIMIT TANAH TIAP LOKASI**

A.1 Kadar Air

1. Pakusari 1

Tabel A.1 hasil uji kadar air Pakusari 1

No Sampel	LL 6	LL 5	LL 2
Berat Cawan (gr) + Tanah Basah (gr)	90,72	86,35	84,88
Berat Cawan (gr) + Tanah Kering (gr)	82,75	76,52	78,24
Berat Air (gr)	7,97	9,83	6,64
Berat Cawan (gr)	12,46	11,3	12,22
Berat Kering (gr)	70,29	65,22	66,02
Kadar Air (%)	11,34	15,07	10,06
Rata-Rata (%)	12,16		

2. Pakusari 2

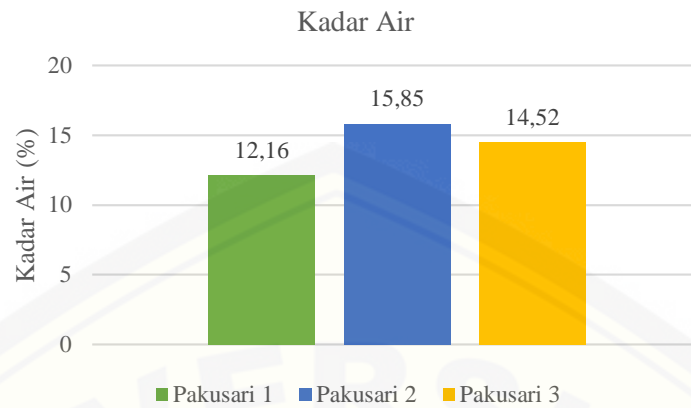
Tabel A.2 hasil uji kadar air Pakusari 2

No Sampel	PL 2	III COM 5	III COM 1
Berat Cawan (gr) + Tanah Basah (gr)	95,72	92,45	87,12
Berat Cawan (gr) + Tanah Kering (gr)	82,75	85,17	75,2
Berat Air (gr)	12,97	7,28	11,92
Berat Cawan (gr)	12,58	12,3	12,72
Berat Kering (gr)	70,17	72,87	62,48
Kadar Air (%)	18,48	9,99	19,08
Rata-Rata (%)	15,85		

3. Pakusari 3

Tabel A.2 hasil uji kadar air Pakusari 3

No Sampel	Polos	PL IV (1)	PL IV (2)
Berat Cawan (gr) + Tanah Basah (gr)	81,15	74,2	76,48
Berat Cawan (gr) + Tanah Kering (gr)	70,69	68,45	67,85
Berat Air (gr)	10,46	5,75	8,63
Berat Cawan (gr)	11,25	12,75	12,62
Berat Kering (gr)	59,44	55,7	55,23
Kadar Air (%)	17,60	10,32	15,63
Rata-Rata (%)	14,52		



Gambar A.1 grafik kadar air rata-rata tiap lokasi

A.2 Berat Isi Tanah

1. Pakusari 1

Tabel A.4 hasil uji berat isi Pakusari 1

No.	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Volume Cincin (cm ³)	Berat Isi (gr/cm ³)
1.	63,49	154,58	91,09	62,84	1,450
2.	63,49	160,72	97,23	62,84	1,547
3.	63,49	159,26	95,77	62,84	1,524
Rata-Rata					1,507

2. Pakusari 2

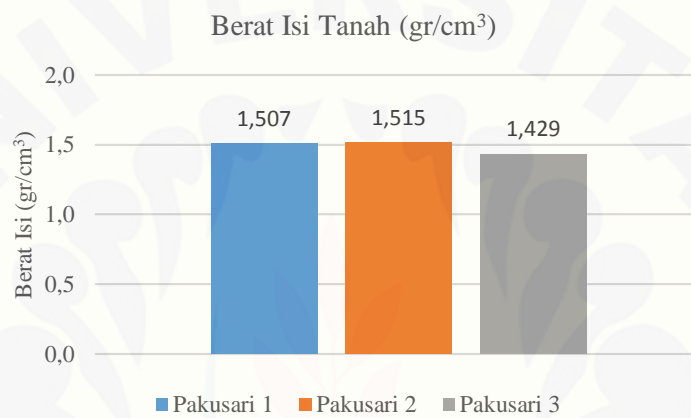
Tabel A.5 hasil uji berat isi Pakusari 2

No.	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Volume Cincin (cm ³)	Berat Isi (gr/cm ³)
1.	63,49	162,89	99,4	62,84	1,582
2.	63,49	158,16	94,67	62,84	1,507
3.	63,49	154,98	91,49	62,84	1,456
Rata-Rata					1,515

3. Pakusari 3

Tabel A.5 hasil uji berat isi Pakusari 2

No.	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Volume Cincin (cm ³)	Berat Isi (gr/cm ³)
1.	63,49	155,89	92,4	62,84	1,470
2.	63,49	152,64	89,15	62,84	1,419
3.	63,49	151,29	87,8	62,84	1,397
Rata-Rata					1,429



Gambar A.2 grafik berat isi rata-rata tiap lokasi

A.3 Berat Jenis (*Specific Gravity*)

1. Pakusari 1

Tabel A. 7 hasil uji berat jenis (*specific gravity*) Pakusari 1

No Sampel	1	2	3
No Picnometer	2	7	15
Berat Picnometer {W1} (gr)	67,34	52,22	61,5
Berat Picnometer + Tanah {W2} (gr)	91,24	75,52	80,18
Berat Tanah {Wt = W2 - W1} (gr)	23,9	23,3	18,68
Berat Picnometer + Air + Tanah {W3} (gr)	173,45	157,2	173,7
Berat Picnometer + Air {W4} (gr)	159,09	143,2	162,43
Berat Picnometer + Air {W4'} (gr)	159,010	143,128	162,349
Faktor Koreksi	0,9995	0,9995	0,9995
Suhu (°C)	27	27	27
Specific Gravity $\frac{W2-W1}{[(W4'-W1)-(W3-W2)]}$	2,526	2,525	2,549
Rata-Rata <i>Specific Gravity</i>	2,533		

2. Pakusari 2

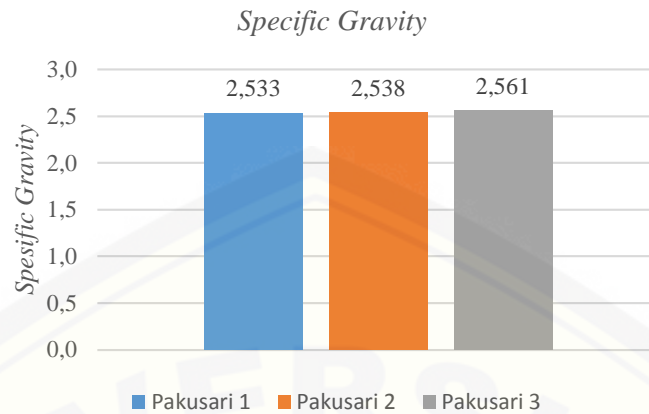
Tabel A. 7 hasil uji berat jenis (*specific gravity*) Pakusari 2

No Sampel	1	2	3
No Picnometer	10	5	6
Berat Picnometer {W1} (gr)	50,67	38,5	50,36
Berat Picnometer + Tanah {W2} (gr)	75,98	64,46	73,52
Berat Tanah {Wt = W2 - W1} (gr)	25,31	25,96	23,16
Berat Picnometer + Air + Tanah {W3} (gr)	165,95	152,26	158,41
Berat Picnometer + Air {W4} (gr)	150,62	136,57	144,54
Berat Picnometer + Air {W4'} (gr)	150,545	136,502	144,468
Faktor Koreksi	0,9995	0,9995	0,9995
Suhu (°C)	27	27	27
Specific Gravity $\frac{W2-W1}{(W4'-W1)-(W3-W2)}$	2,555	2,545	2,513
Rata-Rata <i>Specific Gravity</i>		2,538	

3. Pakusari 3

Tabel A. 9 hasil uji berat jenis (*specific gravity*) Pakusari 3

No Sampel	1	2	3
No Picnometer	10	5	6
Berat Picnometer {W1} (gr)	50,66	38,7	50,38
Berat Picnometer + Tanah {W2} (gr)	78,42	77,68	78,36
Berat Tanah {Wt = W2 - W1} (gr)	27,76	38,98	27,98
Berat Picnometer + Air + Tanah {W3} (gr)	165,73	162,35	162,16
Berat Picnometer + Air {W4} (gr)	148,84	138,44	145,39
Berat Picnometer + Air {W4'} (gr)	148,766	138,371	145,317
Faktor Koreksi	0,9995	0,9995	0,9995
Suhu (°C)	27	27	27
Specific Gravity $\frac{W2-W1}{(W4'-W1)-(W3-W2)}$	2,571	2,599	2,512
Rata-Rata <i>Specific Gravity</i>		2,561	



Gambar A.3 grafik berat jenis (*specific grafiti*) tiap lokasi

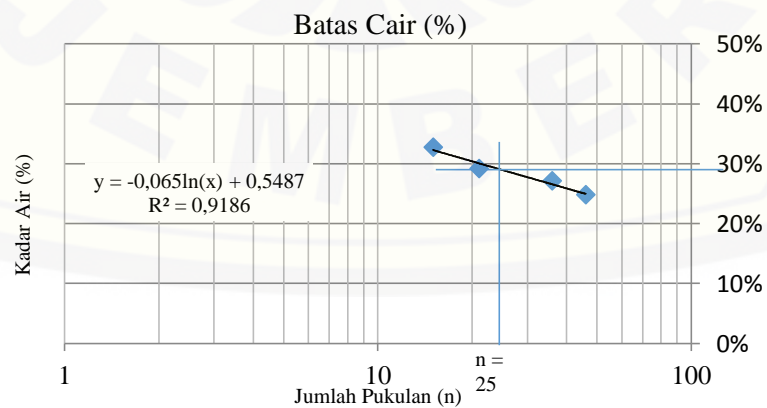
A.4 Batas-Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

A.4.1 Batas Cair (LL)

1. Pakusari 1

Tabel A.10 hasil uji batas cair Pakusari 1

No. Sampel	1	2	3	4
Jumlah Pukulan (n)	15	21	36	46
Berat Cawan (gr) + Tanah Basah (gr)	28,64	28,22	27,85	26,72
Berat Cawan (gr) + Tanah Kering (gr)	24,52	24,64	24,56	23,64
Berat Air (gr)	4,12	3,58	3,29	3,08
Berat Cawan (gr)	11,95	12,36	12,42	11,22
Berat Kering (gr)	12,57	12,28	12,14	12,42
Kadar Air (%)	32,78%	29,15%	27,10%	24,80%
Batas Cair (%)	28,46%			

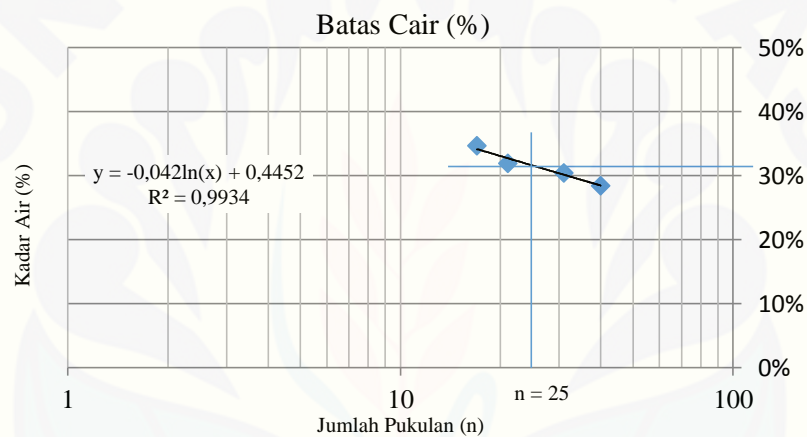


Gambar A.4 grafik batas cair Pakusari 1

2. Pakusari 2

Tabel A.11 hasil uji batas cair Pakusari 2

No. Sampel	1	2	3	4
Jumlah Pukulan (n)	17	21	31	40
Berat Cawan (gr) + Tanah Basah (gr)	28,92	24,28	27,43	25,91
Berat Cawan (gr) + Tanah Kering (gr)	24,56	21,42	23,8	22,96
Berat Air (gr)	4,36	2,86	3,63	2,95
Berat Cawan (gr)	11,97	12,46	11,85	12,59
Berat Kering (gr)	12,59	8,96	11,95	10,37
Kadar Air (%)	34,63%	31,92%	30,38%	28,45%
Batas Cair (%)		31,34%		

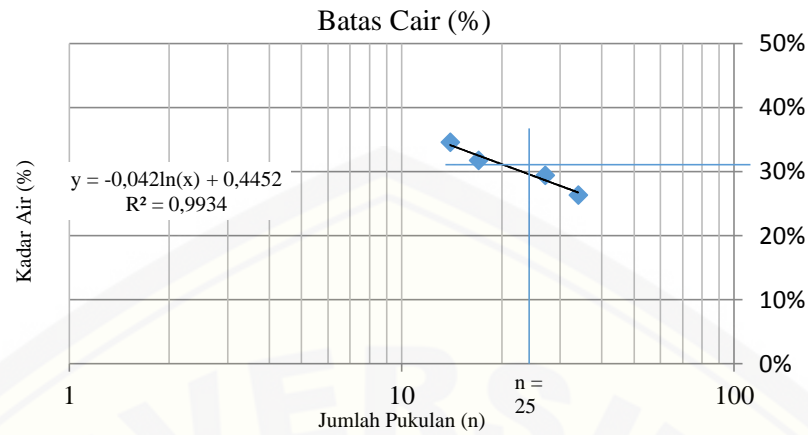


Gambar A.5 grafik batas cair Pakusari 2

3. Pakusari 3

Tabel A.10 hasil uji batas cair Pakusari 1

No. Sampel	1	2	3	4
Jumlah Pukulan (n)	14	17	27	34
Berat Cawan (gr) + Tanah Basah (gr)	26,17	21,69	25,17	22,29
Berat Cawan (gr) + Tanah Kering (gr)	22,65	19,42	22,2	20,25
Berat Air (gr)	3,52	2,27	2,97	2,04
Berat Cawan (gr)	12,46	12,26	12,09	12,5
Berat Kering (gr)	10,19	7,16	10,11	7,75
Kadar Air (%)	34,54%	31,70%	29,38%	26,32%
Batas Cair (%)		30,49%		



Gambar A.6 grafik batas cair Pakusari 3

A.4.2 Batas Plastis (PL)

1. Pakusari 1

Tabel A.11 hasil uji batas plastis Pakusari 1

No. Sampel	1	2	3	4
Berat Cawan (gr) + Tanah Basah (gr)	14,85	14,3	14,52	14,32
Berat Cawan (gr) + Tanah Kering (gr)	14,4	13,98	14,12	13,86
Berat Air (gr)	0,45	0,32	0,4	0,46
Berat Cawan (gr)	11,26	12,22	12,55	12,57
Berat Kering (gr)	3,14	1,76	1,57	1,29
Kadar Air (%)	14,33%	18,18%	25,48%	35,66%
Rata-Rata (%)				23,41%

2. Pakusari 2

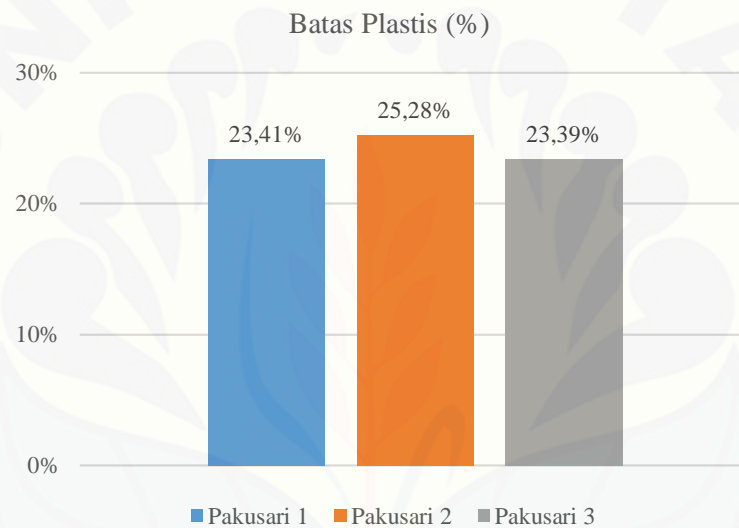
Tabel A.12 hasil uji batas plastis Pakusari 2

No. Sampel	1	2	3	4
Berat Cawan (gr) + Tanah Basah (gr)	14,23	13,73	13,95	14,32
Berat Cawan (gr) + Tanah Kering (gr)	13,67	13,48	13,68	14,08
Berat Air (gr)	0,56	0,25	0,27	0,24
Berat Cawan (gr)	12,02	12,32	12,67	12,81
Berat Kering (gr)	1,65	1,16	1,01	1,27
Kadar Air (%)	33,94%	21,55%	26,73%	18,90%
Rata-Rata (%)				25,28%

3. Pakusari 3

Tabel A.13 hasil uji batas plastis Pakusari 3

No. Sampel	1	2	3	4
Berat Cawan (gr) + Tanah Basah (gr)	12,46	12,99	12,89	13,22
Berat Cawan (gr) + Tanah Kering (gr)	12,08	12,89	12,72	13,1
Berat Air (gr)	0,38	0,1	0,17	0,12
Berat Cawan (gr)	11,22	12,02	12,18	11,22
Berat Kering (gr)	0,86	0,87	0,54	1,88
Kadar Air (%)	44,19%	11,49%	31,48%	6,38%
Rata-Rata (%)	23,39%			

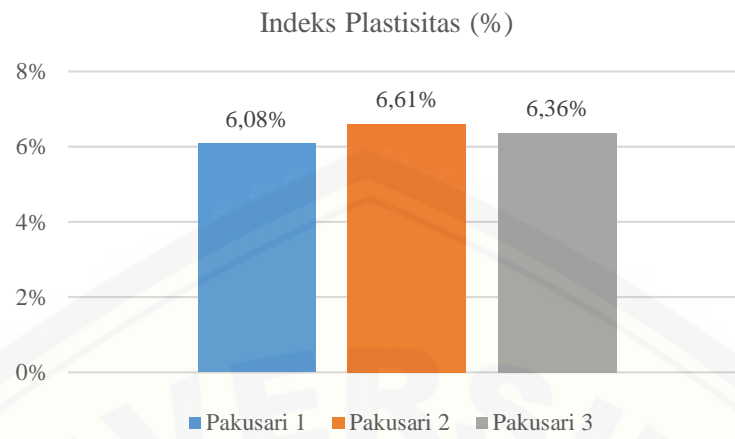


Gambar A.7 grafik batas plastis tiap lokasi

A.4.3 Indeks Plastisitas (IP)

Tabel A.14 hasil perhitungan indeks plastisitas tiap lokasi

Sampel	LL (%)	PL (%)	IP (%)
Pakusari 1	29,50	23,41	6,08
Pakusari 2	31,89	25,28	6,61
Pakusari 3	29,75	23,39	6,36



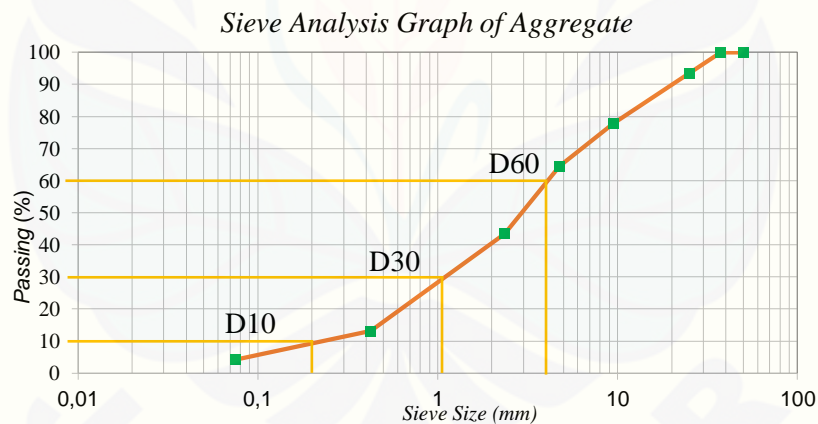
Gambar A.8 grafik indeks plastisitas tiap lokasi

LAMPIRAN B. HASIL UJI ANALISIS SARINGAN TIAP LOKASI

1. Pakusari 1

Tabel B.1 hasil uji analisis saringan Pakusari 1

No. Saringan	Diameter (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Saringan + Tanah (gr)	Berah Tanah Tertahan (gr)	Persen Tertahan (%)	Kumulatif Persen Tertahan (%)	Kumulatif Persen Lolos (%)
2	50	574	574	0	0	0	100
1 1/2	37,5	659	659	0	0	0	100
1	25	607	640	33	6,6	6,6	93,4
3/8	9,5	504	582	78	15,6	22,2	77,8
No.4	4,75	481	547	66	13,2	35,4	64,6
No.10	2,36	438	544	106	21,2	56,6	43,4
No.40	0,425	284	435	151	30,2	86,8	13,2
No.200	0,075	273	318	45	9	95,8	4,2
pan		454	475	21	4,2	100	0
J U M L A H				500	100		



Gambar B.1 grafik hasil uji analisis saringan Pakusari 1

$D_{10} = 0,22$

$D_{30} = 1,2$

$D_{60} = 4$

Persamaan koefisien gradasi (Cc) dan koefisien keseragaman (Cu)

$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$

Cu = 18,182

Cc = 1,636

Persamaan Grup Index (GI) untuk keperluan klasifikasi AASHTO

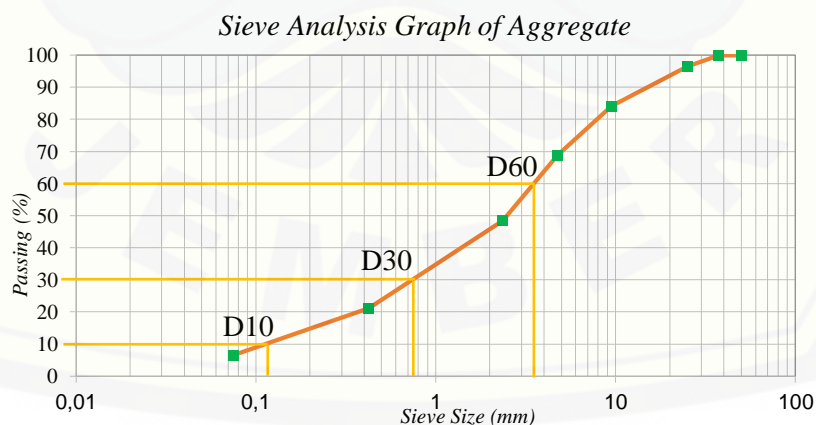
$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10)$$

GI = 1,028

2. Pakusari 1

Tabel B.2 hasil uji analisis saringan Pakusari 2

No. Saringan	Diameter (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Saringan + Tanah (gr)	Berah Tanah Tertahan (gr)	Persen Tertahan (%)	Kumulatif Persen Tertahan (%)	Kumulatif Persen Lolos (%)
2	50	574	574	0	0	0	100
1 1/2	37,5	659	659	0	0	0	100
1	25	607	625	18	3,6	3,6	96,4
3/8	9,5	504	565	61	12,2	15,8	84,2
No.4	4,75	481	558	77	15,4	31,2	68,8
No.10	2,36	438	540	102	20,4	51,6	48,4
No.40	0,425	284	420	136	27,2	78,8	21,2
No.200	0,075	273	346	73	14,6	93,4	6,6
pan		454	487	33	6,6	100	0
JUMLAH				500	100		



Gambar B.2 grafik hasil uji analisis saringan Pakusari 2

D₁₀ = 0,22

$$D_{30} = 1,2$$

$$D_{60} = 4$$

Persamaan koefisien gradasi (C_c) dan koefisien keseragaman (C_u)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$$

$$C_u = 25,714$$

$$C_c = 1,176$$

Persamaan Grup Index (GI) untuk keperluan klasifikasi AASHTO

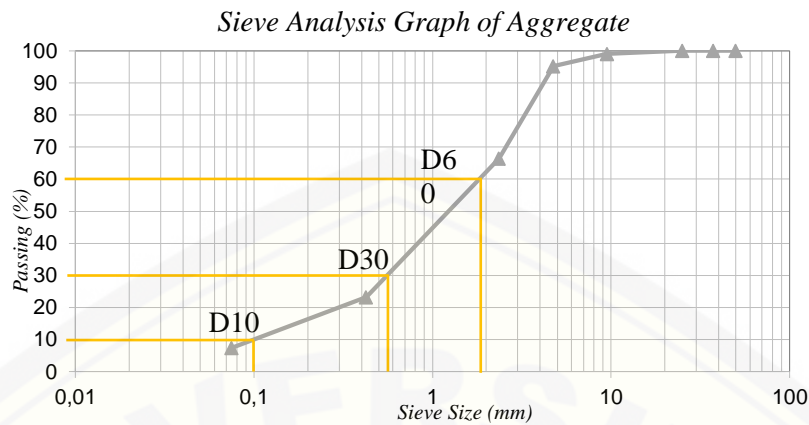
$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10)$$

$$GI = 0,789$$

3. Pakusari 3

Tabel B.3 hasil uji analisis saringan Pakusari 3

No. Saringan	Diameter (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Saringan + Tanah (gr)	Berah Tanah Tertahan (gr)	Persen Tertahan (%)	Kumulatif Persen Tertahan (%)	Kumulatif Persen Lolos (%)
2	50	574	574	0	0	0	100
1 1/2	37,5	659	659	0	0	0	100
1	25	607	607	0	0	0	100
3/8	9,5	504	509	5	1	1	99
No.4	4,75	481	500	19	3,8	4,8	95,2
No.10	2,36	438	582	144	28,8	33,6	66,4
No.40	0,425	284	500	216	43,2	76,8	23,2
No.200	0,075	273	352	79	15,8	92,6	7,4
pan		454	491	37	7,4	100	0
J U M L A H				500	100		



Gambar B.3 grafik hasil uji analisis saringan Pakusari 3

$$D_{10} = 0,12$$

$$D_{30} = 0,57$$

$$D_{60} = 2$$

Persamaan koefisien gradasi (Cc) dan koefisien keseragaman (Cu)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

$$C_u = 16,667$$

$$C_c = 1,354$$

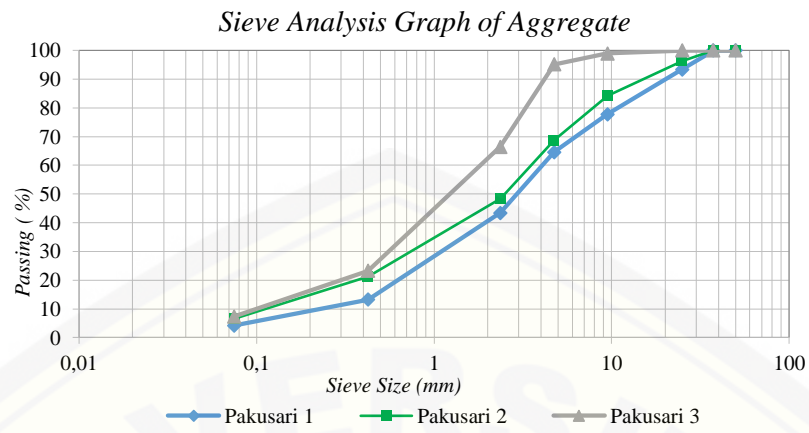
Persamaan Grup Index (GI) untuk keperluan klasifikasi AASHTO

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10)$$

$$GI = 1,439$$

Tabel B.4 rekapitulasi hasil uji analisis saringan tiap lokasi

Parameter	Pakusari 1	Pakusari 2	Pakusari 3
Cu	18,182	25,714	16,667
Cc	1,636	1,176	1,354
GI	1,028	1,439	1,439



Gambar B.4 grafik rekapitulasi hasil uji analisis saringan tiap lokasi

**LAMPIRAN C. HASIL PERHITUNGAN KOMPOSISI CAMPURAN DAN
UJI ANALISIS SARINGAN TANAH CAMPURAN**

C.1 Perhitungan Komposisi Campuran

2. Pakusari 1 + Pakusari 2

Dengan cara analitis didapatkan proporsi campuran sebesar 67% : 33%

Tabel C.1 perhitungan komposisi campuran Pakusari 1 + Pakusari 2

ASTM	Saringan	Pakusari 1	Pakusari 2	Persen Lolos Gradasi Tengah Kelas B	P1+P2
	Ukuran Saringan (mm)	Kumulatif Persen Lolos	Kumulatif Persen Lolos		67% : 33%
3	75	100	100		100
2	50	100	100		100
1,5	37,5	100	100	94	100
1	25	93,4	96,4	77,5	94,39
3/8	9,5	77,8	84,2	52,5	79,91
4	4,75	64,6	68,8	38,5	65,99
10	2,36	43,4	48,4	27,5	45,05
40	0,425	13,2	21,2	14	15,84
200	0,075	4,2	6,6	5	4,99

$$a = \frac{P - B}{A - B}$$

$$P = 5$$

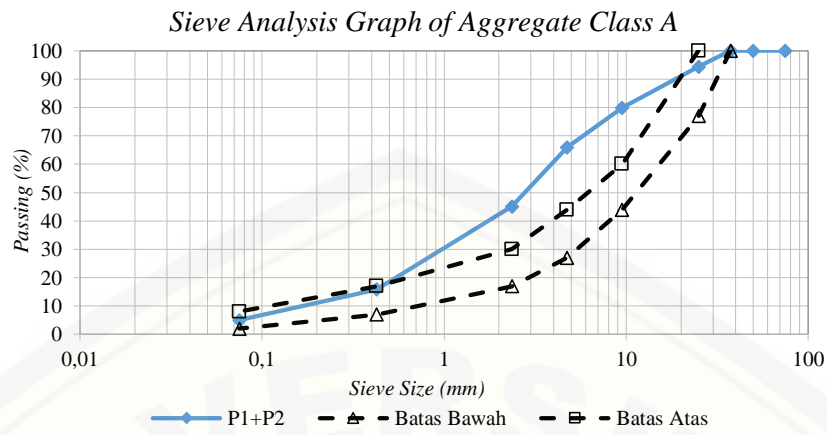
$$A = 4,2$$

$$B = 6,6$$

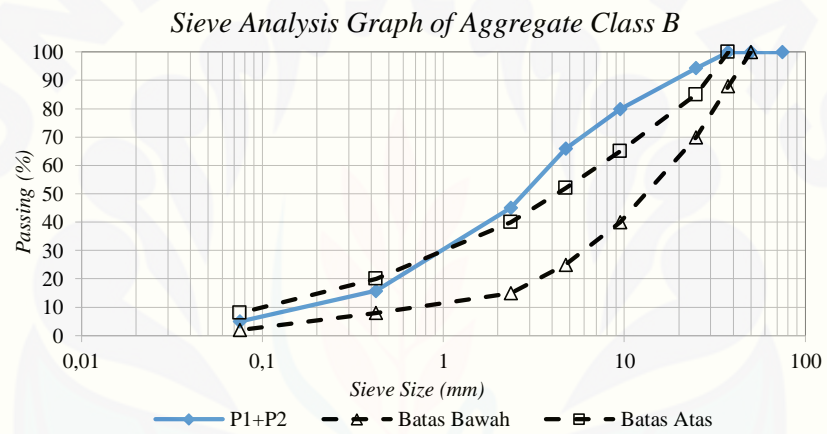
$$a = 0,67$$

$$b = 0,33$$

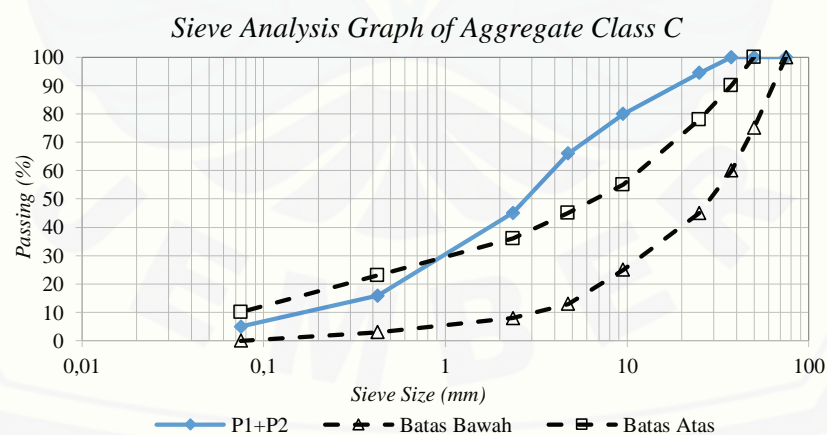
Jadi persentase komposisi campurannya adalah 67% Pakusari 1 + 33% Pakusari 2.



(a)



(b)



(c)

Gambar C.1 (a), (b), & (c) grafik analisa saringan campuran Pakusari 1 + Pakusari 2 terhadap spesifikasi agregat lapis pondasi jalan kelas A, B, & C

2. Pakusari 1 + Pakusari 3

Dengan cara analitis didapatkan proporsi campuran sebesar 75% : 25%

Tabel C.2 perhitungan komposisi campuran Pakusari 1 + Pakusari 3

ASTM	Saringan	Pakusari 1	Pakusari 3	Persen Lolos Gradasi Tengah Kelas B	P1+P3 75% : 25%
	Ukuran Saringan (mm)	Kumulatif Persen Lolos	Kumulatif Persen Lolos		
3"	75	100	100		100
2	50	100	100		100
1,5	37,5	100	100	94	100,00
1	25	93,4	100	77,5	93,53
3/8	9,5	77,8	99	52,5	78,22
4	4,75	64,6	95,2	38,5	65,21
10	2,36	43,4	66,4	27,5	43,86
40	0,425	13,2	23,2	14	13,40
200	0,075	4,2	7,4	5	4,26

$$a = \frac{P - B}{A - B}$$

$$P = 5$$

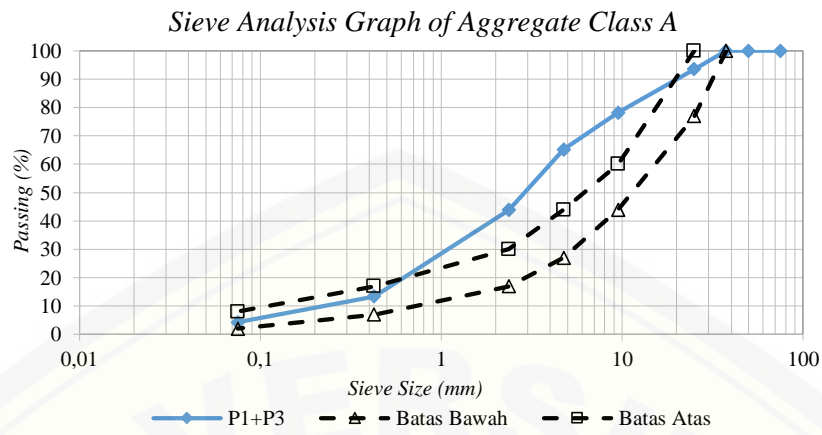
$$A = 4,2$$

$$B = 7,4$$

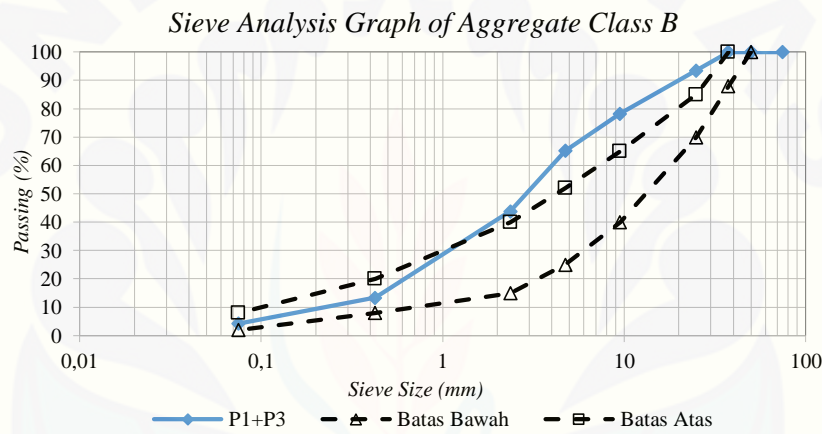
$$a = 0,75$$

$$b = 0,25$$

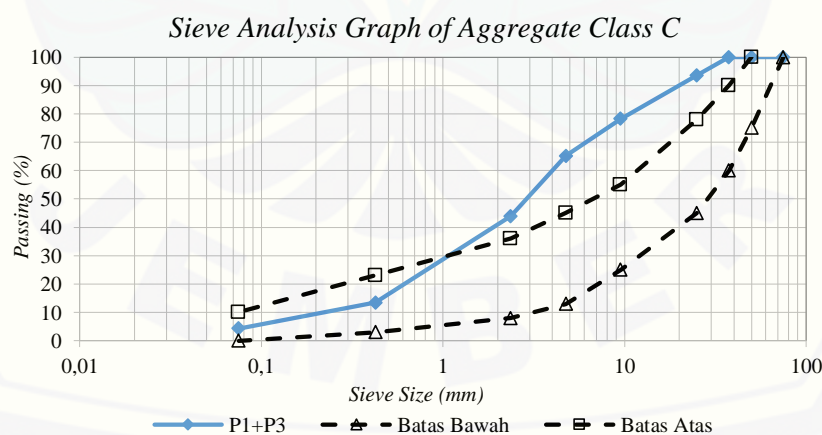
Jadi persentase komposisi campurannya adalah 75% Pakusari 1 + 25% Pakusari 3.



(a)



(b)



(c)

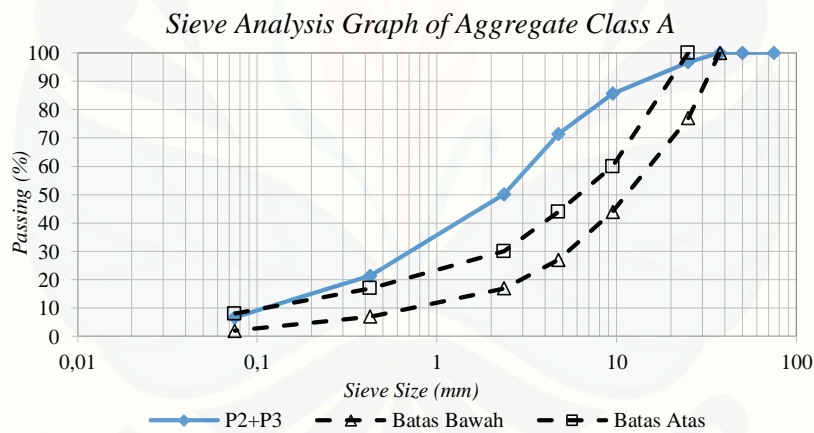
Gambar C.2 (a), (b), & (c) grafik analisa saringan campuran Pakusari 1 + Pakusari 3 terhadap spesifikasi agregat lapis pondasi jalan kelas A, B, & C

3. Pakusari 2 + Pakusari 3

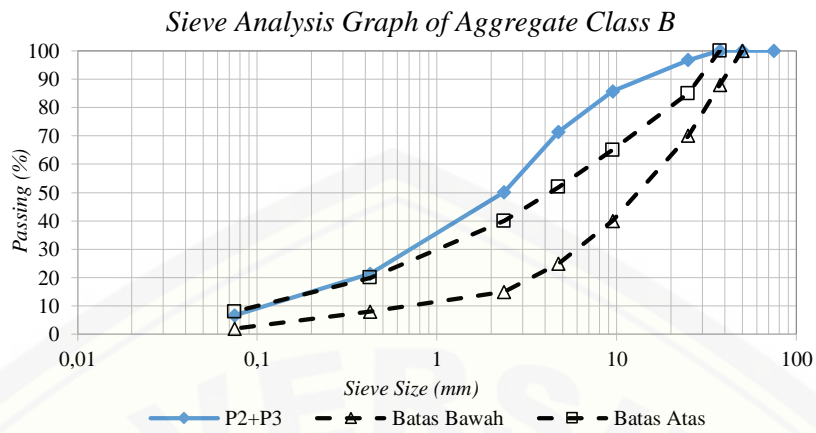
Dengan cara *trial blend* didapatkan proporsi campuran sebesar 90% : 10%

Tabel C.3 perhitungan komposisi campuran Pakusari 2 + Pakusari 3

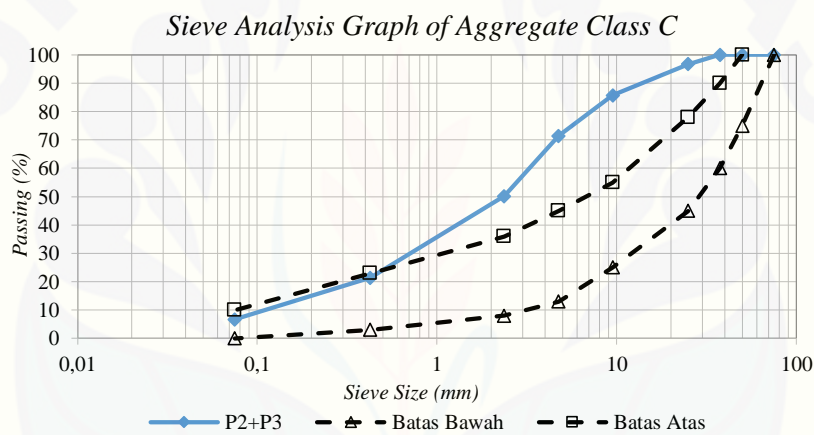
ASTM	Saringan	Pakusari 2	Pakusari 3	Persen Lolos Gradasi Tengah Kelas B	P2+P3
	Ukuran Saringan (mm)	Kumulatif Persen Lolos	Kumulatif Persen Lolos		90% : 10%
3"	75	100	100		100
2	50	100	100		100
1,5	37,5	100	100	94	100,00
1	25	96,4	100	77,5	96,76
3/8	9,5	84,2	99	52,5	85,68
4	4,75	68,8	95,2	38,5	71,44
10	2,36	48,4	66,4	27,5	50,20
40	0,425	21,2	23,2	14	21,40
200	0,075	6,6	7,4	5	6,68



Gambar C.3 grafik analisa saringan campuran Pakusari 2 + Pakusari 3 terhadap spesifikasi agregat lapis pondasi jalan kelas A



Gambar C.4 grafik analisa saringan campuran Pakusari 2 + Pakusari 3 terhadap spesifikasi agregat lapis pondasi jalan kelas B



Gambar C.5 grafik analisa saringan campuran Pakusari 2 + Pakusari 3 terhadap spesifikasi agregat lapis pondasi jalan kelas C

C.2 Perhitungan Berat Masing-Masing Campuran

Tabel C.4 perhitungan berat masing-masing campuran

No.	Kombinasi Sampel	Persentase campuran (%)	Berat Masing-Masing (gr)	Total (gr)
1.	P1 + P2	67 : 33	335 : 165	500
2.	P1 + P3	75 : 25	375 : 125	500
3.	P2 + P3	90 : 10	450 : 50	500

**LAMPIRAN D. HASIL UJI INDEKS PROPERTIS DAN ATTERBERG
LIMIT TANAH CAMPURAN**

D.1 Kadar Air

1. Pakusari 1 + Pakusari 2

Tabel D.1 hasil uji kadar air Pakusari 1 + Pakusari 2

No Contoh	III SC	I COM	III COM
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	57,12	61,24	66,21
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	52,18	57,21	60,14
Berat Air (gr)	4,94	4,03	6,07
Berat Cawan (gr)	8,06	8,45	8,94
Berat Kering (gr)	44,12	48,76	51,2
Kadar Air (%)	11,20	8,26	11,86
Rata-Rata (%)	10,44		

2. Pakusari 1 + Pakusari 3

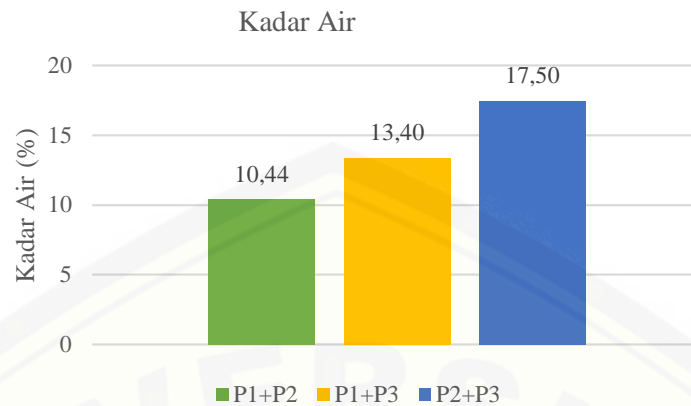
Tabel D.2 hasil uji kadar air Pakusari 1 + Pakusari 3

No Contoh	LL 6	IV LL 6	I COM 8
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	65,25	64,91	63,54
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	56,72	61,26	57,29
Berat Air (gr)	8,53	3,65	6,25
Berat Cawan (gr)	11,39	12,46	12,37
Berat Kering (gr)	45,33	48,8	44,92
Kadar Air (%)	18,82	7,48	13,91
Rata-Rata (%)	13,40		

3. Pakusari 2 + Pakusari 3

Tabel D.3 hasil uji kadar air Pakusari 2 + Pakusari 3

No Contoh	K3 I	P SC 2	PI 2
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	63,82	61,25	63,27
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	56,48	56,54	53,12
Berat Air (gr)	7,34	4,71	10,15
Berat Cawan (gr)	12,58	12,3	12,72
Berat Kering (gr)	43,9	44,24	40,4
Kadar Air (%)	16,72	10,65	25,12
Rata-Rata (%)	17,50		



Gambar D.1 grafik kadar air masing-masing campuran

D.2 Berat Isi

1. Pakusari 1 + Pakusari 2

Tabel D.4 hasil uji berat isi tanah Pakusari 1 + Pakusari 2

No.	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Volume Cincin (gr)	Berat Isi (gr)
1.	63,49	154,26	90,77	62,84	1,444
2.	63,49	140,15	76,66	62,84	1,220
3.	63,49	142,45	78,96	62,84	1,257
				Rata-Rata	1,307

2. Pakusari 1 + Pakusari 3

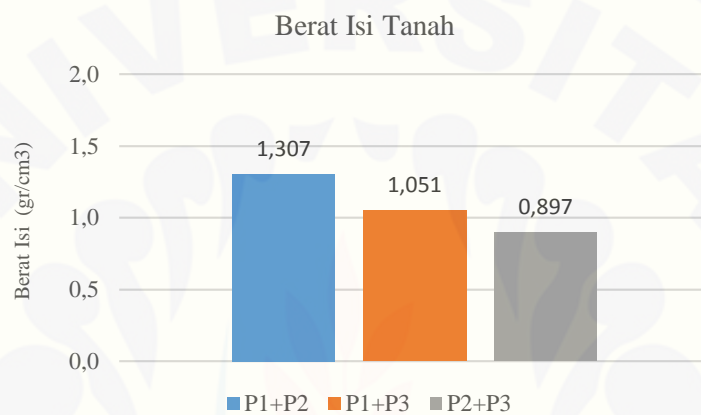
Tabel D.5 hasil uji berat isi tanah Pakusari 1 + Pakusari 3

No.	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Volume Cincin (gr)	Berat Isi (gr)
1.	63,49	131,54	68,05	62,84	1,083
2.	63,49	127,29	63,8	62,84	1,015
3.	63,49	129,76	66,27	62,84	1,055
				Rata-Rata	1,051

3. Pakusari 2 + Pakusari 3

Tabel D.6 hasil uji berat isi tanah Pakusari 2 + Pakusari 3

No.	Berat Cincin (gr)	Berat Tanah + Cincin (gr)	Berat Tanah (gr)	Volume Cincin (gr)	Berat Isi (gr)
1.	63,49	124,71	61,22	62,84	0,974
2.	63,49	117,52	54,03	62,84	0,860
3.	63,49	117,26	53,77	62,84	0,856
Rata-Rata					0,897



Gambar D.2 grafik berat isi tanah masing-masing campuran

D.3 Berat jenis (*Specific Gravity*)

1. Pakusari 1 + Pakusari 2

Tabel D.7 hasil uji berat jenis Pakusari 1 + Pakusari 2

No Contoh	1	2	3
No Picnometer	2	7	15
Berat Picnometer {W1} (gr)	68,12	51,46	62,58
Berat Picnometer + Tanah {W2} (gr)	90,54	75,52	83,12
Berat Tanah {Wt = W2 - W1} (gr)	22,42	24,06	20,54
Berat Picnometer + Air + Tanah {W3} (gr)	174,24	156,85	173,65
Berat Picnometer + Air {W4} (gr)	159,09	143,2	162,43
Berat Picnometer + Air {W4'} (gr)	159,010	143,128	162,349
Faktor Koreksi	0,9995	0,9995	0,9995
Suhu (°)	27	27	27
Specific Gravity $\frac{W2-W1}{[(W4'-W1)-(W3-W2)]}$	3,118	2,327	2,223
Rata-Rata <i>Specific Gravity</i>	2,556		

2. Pakusari 1 + Pakusari 3

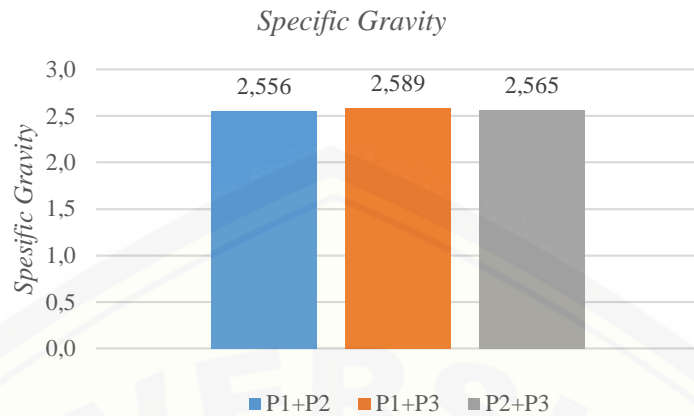
Tabel D.8 hasil uji berat jenis Pakusari 1 + Pakusari 3

No Contoh	1	2	3
No Picnometer	10	5	6
Berat Picnometer {W1} (gr)	51,18	39,12	51,26
Berat Picnometer + Tanah {W2} (gr)	79,68	77,59	78,36
Berat Tanah {Wt = W2 - W1} (gr)	28,5	38,47	27,1
Berat Picnometer + Air + Tanah {W3} (gr)	165,73	162,35	162,16
Berat Picnometer + Air {W4} (gr)	148,84	138,44	145,39
Berat Picnometer + Air {W4'} (gr)	148,766	138,371	145,317
Faktor Koreksi	0,9995	0,9995	0,9995
Suhu (°)	27	27	27
Specific Grafity $\{W2-W1\}/[\{W4'-W1\}-\{W3-W2\}]$	2,471	2,655	2,642
Rata-Rata <i>Specific Grafity</i>		2,589	

3. Pakusari 2 + Pakusari 3

Tabel D.9 hasil uji berat jenis Pakusari 2 + Pakusari 3

No Contoh	1	2	3
No Picnometer	10	5	6
Berat Picnometer {W1} (gr)	51,85	39,12	52,46
Berat Picnometer + Tanah {W2} (gr)	76,21	69,87	73,65
Berat Tanah {Wt = W2 - W1} (gr)	24,36	30,75	21,19
Berat Picnometer + Air + Tanah {W3} (gr)	165,95	152,26	158,41
Berat Picnometer + Air {W4} (gr)	150,62	136,57	144,54
Berat Picnometer + Air {W4'} (gr)	150,545	136,502	144,468
Faktor Koreksi	0,9995	0,9995	0,9995
Suhu (°)	27	27	27
Specific Grafity $\{W2-W1\}/[\{W4'-W1\}-\{W3-W2\}]$	2,720	2,051	2,924
Rata-Rata <i>Specific Grafity</i>		2,565	



Gambar D.4 grafik berat jenis (*Specific Gravity*) masing-masing campuran

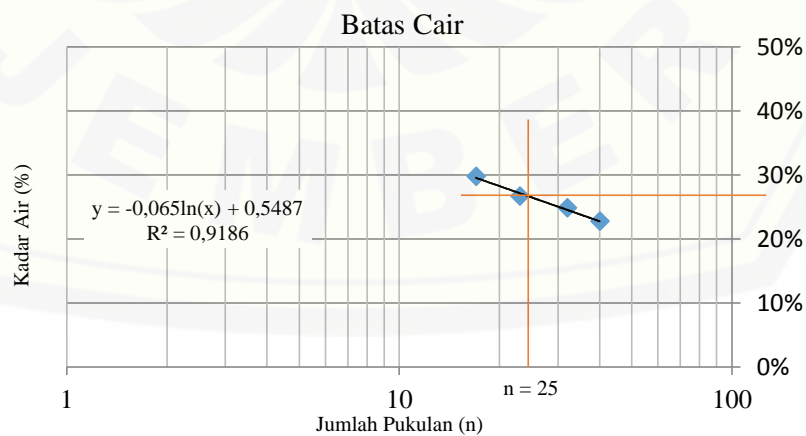
D.4 Atterberg Limit

1. Batas Cair (LL)

a. Pakusari 1 + Pakusari 2

Tabel D.10 hasil uji batas cair Pakusari 1 + Pakusari 2

No. Contoh	1	2	3	4
Jumlah Pukulan (n)	17	29	32	40
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	29,72	29,33	28,96	27,83
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	25,64	25,75	25,67	24,75
Berat Air (gr)	4,08	3,58	3,29	3,08
Berat Cawan (gr)	11,95	12,36	12,42	11,22
Berat Kering (gr)	13,69	13,39	13,25	13,53
Kadar Air (%)	29,80%	26,74%	24,83%	22,76%
Batas Cair (%)	26.91%			

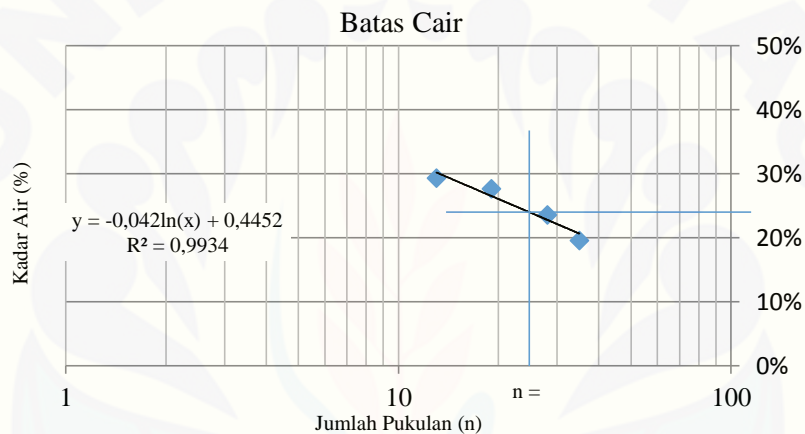


Gambar D.5 grafik batas cair P1 + P2

b. Pakusari 1 + Pakusari 3

Tabel D.11 hasil uji batas cair Pakusari 1 + Pakusari 3

No. Contoh	1	2	3	4
Jumlah Pukulan (n)	13	19	28	35
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	29,03	25,39	28,54	26,02
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	25,16	22,59	25,35	23,82
Berat Air (gr)	3,87	2,8	3,19	2,2
Berat Cawan (gr)	11,97	12,46	11,85	12,59
Berat Kering (gr)	13,19	10,13	13,5	11,23
Kadar Air (%)	29,34%	27,64%	23,63%	19,59%
Batas Cair (%)	24,49%			

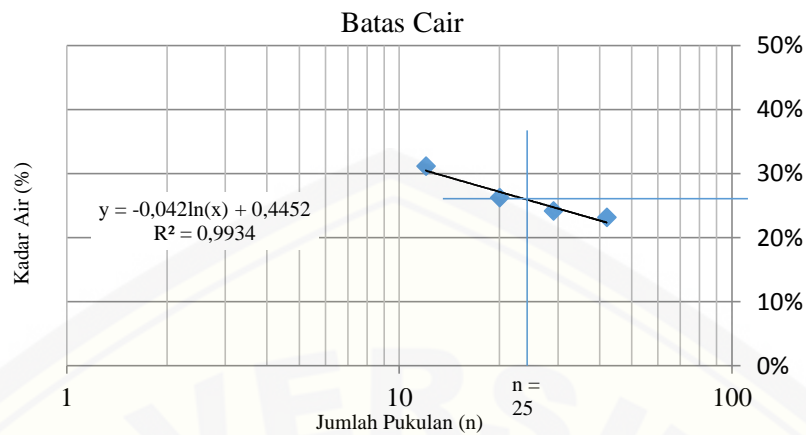


Gambar D.6 grafik batas cair P1 + P3

c. Pakusari 2 + Pakusari 3

Tabel D.12 hasil uji batas cair Pakusari 2 + Pakusari 3

No. Contoh	1	2	3	4
Jumlah Pukulan (n)	12	20	29	42
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	27,28	22,7	26,28	23,41
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	23,76	20,53	23,52	21,36
Berat Air (gr)	3,52	2,17	2,76	2,05
Berat Cawan (gr)	12,46	12,26	12,09	12,5
Berat Kering (gr)	11,3	8,27	11,43	8,86
Kadar Air (%)	31,15%	26,24%	24,15%	23,14%
Batas Cair (%)	26,36%			



2. Batas Plastis (PL)

a. Pakusari 1 + Pakusari 2

Tabel D.13 hasil uji batas plastis Pakusari 1 + Pakusari 2

No. Contoh	1	2	3	4
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	15,96	15,44	15,63	15,43
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	15,12	14,85	15,23	14,92
Berat Air (gr)	0,84	0,59	0,4	0,51
Berat Cawan (gr)	11,26	12,22	12,55	12,57
Berat Kering (gr)	3,86	2,63	2,68	2,35
Kadar Air (%)	21,76%	22,43%	14,93%	21,70%
Rata-Rata (%)	20,21%			

b. Pakusari 1 + Pakusari 3

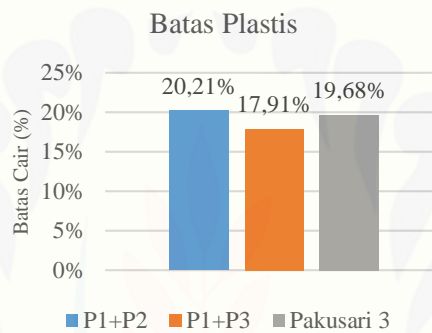
Tabel D.14 hasil uji batas plastis Pakusari 1 + Pakusari 3

No. Contoh	1	2	3	4
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	15,34	14,84	14,16	15,43
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	14,87	14,65	13,85	14,98
Berat Air (gr)	0,47	0,19	0,31	0,45
Berat Cawan (gr)	12,02	12,32	12,67	12,81
Berat Kering (gr)	2,85	2,33	1,18	2,17
Kadar Air (%)	16,49%	8,15%	26,27%	20,74%
Rata-Rata (%)	17,91%			

c. Pakusari 2 + Pakusari 3

Tabel D.15 hasil uji batas plastis Pakusari 2 + Pakusari 3

No. Contoh	1	2	3	4
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	13,57	13,11	13,9	14,33
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	13,06	12,95	13,62	13,94
Berat Air (gr)	0,51	0,16	0,28	0,39
Berat Cawan (gr)	11,22	12,02	12,18	11,22
Berat Kering (gr)	1,84	0,93	1,44	2,72
Kadar Air (%)	27,72%	17,20%	19,44%	14,34%
Rata-Rata (%)	19,68%			

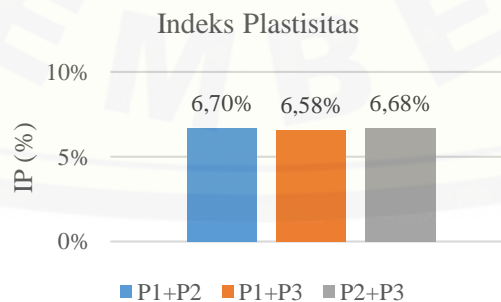


Gambar D.8 grafik batas cair masing-masing campuran

3. Indeks Plastisitas (IP)

Tabel D.16 perhitungan indeks plastisitas masing-masing campuran

Sampel	LL (%)	PL (%)	IP (%)
Pakusari 1 + Pakusari 2	26,91%	20,21%	6,70%
Pakusari 1 + Pakusari 3	24,49%	17,91%	6,58%
Pakusari 2 + Pakusari 3	26,36%	19,68%	6,68%



Gambar D.9 grafik indeks plastisitas masing-masing campuran

LAMPIRAN E. HASIL UJI SIFAT MEKANIS TANAH

D.1 Hasil uji kepadatan (*Compaction*)

a. Pakusari 1 + Pakusari 2 (67% : 33%)

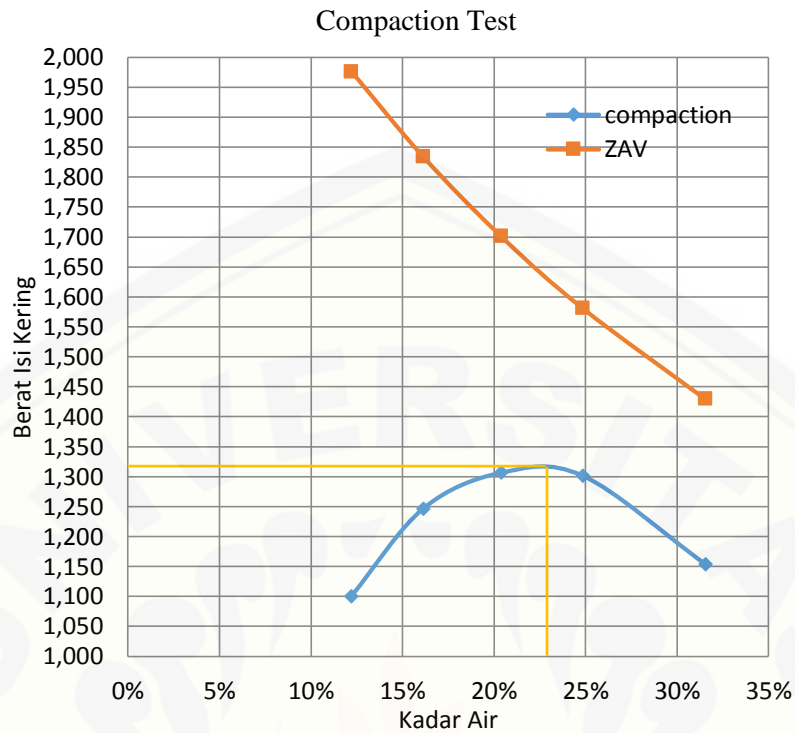
Volume Mold	=	1878,87 cm ³
Berat Mold	=	2660 gr
Berat jenis (GS)	=	2,604

Tabel E.1 hasil uji berat isi Pakusari 1 + Pakusari 2

Determinator No.	1	2	3	4	5
Berat Mold + Tanah Padat (gr)	4980	5380	5615	5713	5512
Berat Mold (gr)	2660	2660	2660	2660	2660
Berat Tanah Padat (gr)	2320	2720	2955	3053	2852
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1,235	1,448	1,573	1,625	1,518
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1,100	1,247	1,306	1,302	1,154
Zero Air Avoid	1,9760	1,8339	1,7012	1,5814	1,4297

Tabel E.2 hasil uji kadar air Pakusari 1 + Pakusari 2

Determinator No.	1	2	3	4	5
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	35,08	37,16	39,31	35,08	77,31
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	32,24	33,24	34,17	29,84	61,89
Berat Air (gr)	2,84	3,92	5,14	5,24	15,42
Berat Cawan (gr)	8,97	8,93	8,95	8,74	13
Berat Kering (gr)	23,27	24,31	25,22	21,1	48,89
Kadar Air (%)	12,20%	16,13%	20,38%	24,83%	31,54%



Gambar E.1 grafik pemadatan tanah Pakusari 1 + Pakusari 2

Berat isi kering maksimum = 1,320
 Kadar air optimum = 23%

b. Sampel Pakusari 1 + Pakusari 3 (75% : 25%)

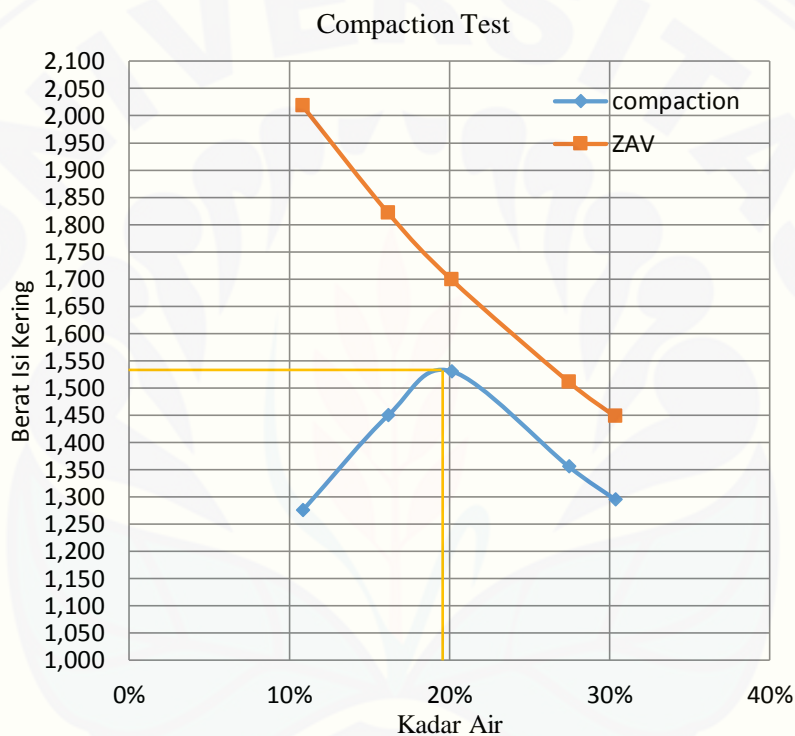
Volume Mold = 1878,87 cm³
 Berat Mold = 2660 gr
 Berat jenis (GS) = 2,582

Tabel E. 3 hasil uji berat isi Pakusari 1 + Pakusari 3

Determinator No.	1	2	3	4	5
Berat Mold + Tanah Padat (gr)	5315	5825	6115	5906	5832
Berat Mold (gr)	2660	2660	2660	2660	2660
Berat Tanah Padat (gr)	2655	3165	3455	3246	3172
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1,413	1,685	1,839	1,728	1,688
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1,275	1,450	1,531	1,355	1,295
Zero Air Avoid	2,0178	1,8212	1,6987	1,5110	1,4476

Tabel E. 4 hasil uji kadar air Pakusari 1 + Pakusari 3

Determinator No.	1	2	3	4	5
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	34,76	42,76	33,94	41,11	33,76
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	32,24	38,33	29,59	34,09	27,79
Berat Air (gr)	2,52	4,43	4,35	7,02	5,97
Berat Cawan (gr)	8,97	10,95	7,99	8,52	8,12
Berat Kering (gr)	23,27	27,38	21,6	25,57	19,67
Kadar Air (%)	10,83%	16,18%	20,14%	27,45%	30,35%



Gambar grafik E.2 pemadatan tanah Pakusari 1 + Pakusari 3

Berat isi kering maksimum = 1,350

Kadar air optimum = 19%

c. Sampel Pakusari 2 + Pakusari 3 (90% : 10%)

Volume Mold = 1878,87 cm³

Berat Mold = 2660 gr

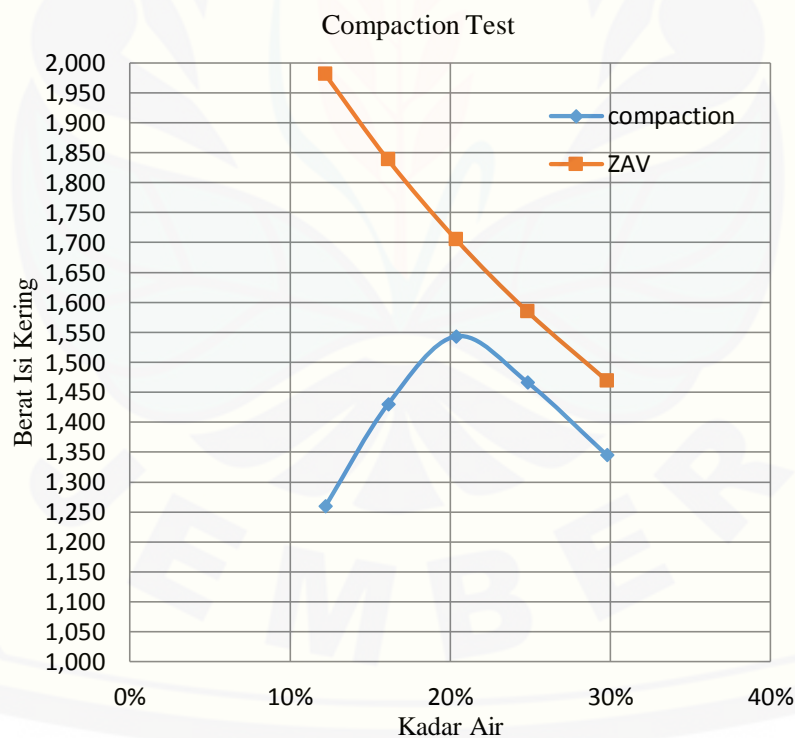
Berat jenis (GS) = 2,612

Tabel E.5 hasil uji berat isi Pakusari 2 + Pakusari 3

Determinator No.	1	2	3	4	5
Berat Mold + Tanah Padat (gr)	5315	5780	6150	6099	5940
Berat Mold (gr)	2660	2660	2660	2660	2660
Berat Tanah Padat (gr)	2655	3120	3490	3439	3280
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1,413	1,661	1,857	1,830	1,746
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1,259	1,430	1,543	1,466	1,345
Zero Air Avoid	1,9809	1,8382	1,7048	1,5845	1,4692

Tabel E.6 hasil uji kadar air Pakusari 2 + Pakusari 3

Determinator No.	1	2	3	4	5
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	35,08	37,16	39,31	35,08	77,31
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	32,24	33,24	34,17	29,84	62,55
Berat Air (gr)	2,84	3,92	5,14	5,24	14,76
Berat Cawan (gr)	8,97	8,93	8,95	8,74	13
Berat Kering (gr)	23,27	24,31	25,22	21,1	49,55
Kadar Air (%)	12,20%	16,13%	20,38%	24,83%	29,79%



Gambar grafik E.3 pemadatan tanah Pakusari 2 + Pakusari 3

Berat isi kering maksimum = 1,548

Kadar air optimum = 21%

D.2 CBR (*California Bearing Ratio*)

a. Sampel Pakusari 1 + Pakusari 2

Kalibrasi alat = 22,85

Tabel E.7 hasil uji pembacaan dial CBR

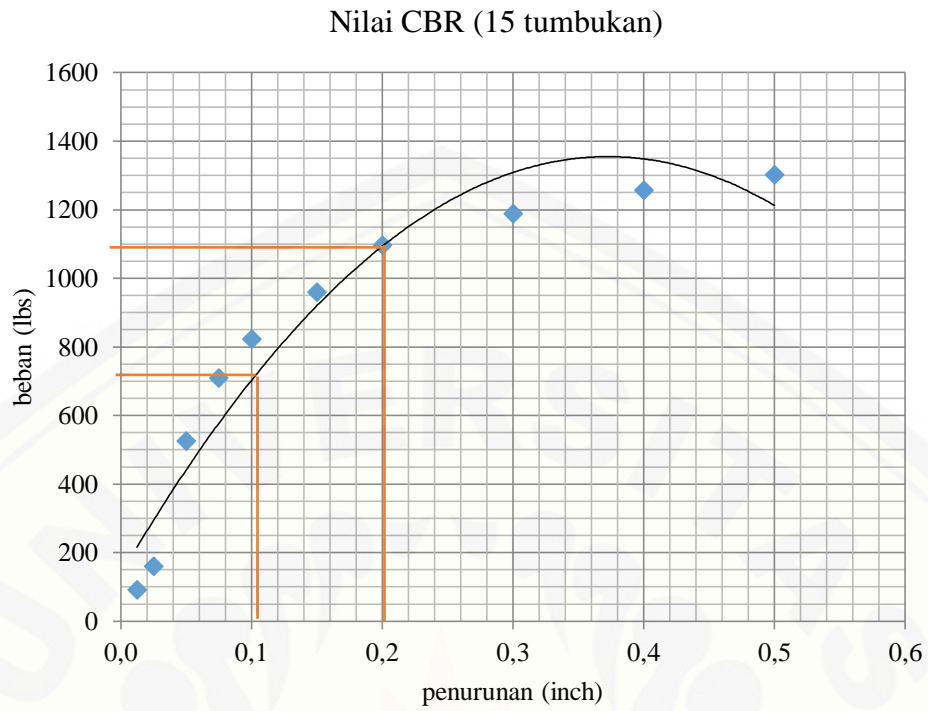
Waktu (min)	Penurunan (inch)	PENETRASI					
		15		25		56	
		Pembacaan Dial (Dev)	Beban (lbs)	Pembacaan Dial (Dev)	Beban (lbs)	Pembacaan Dial (Dev)	Beban (lbs)
0	0,000	0		0		0	
0,25	0,013	4	91,4	4	91,4	7	159,95
0,5	0,025	7	159,95	8	182,8	10	228,5
1	0,050	23	525,55	12	274,2	18	411,3
1,5	0,075	31	708,35	28	639,8	37	845,45
2	0,100	36	822,6	35	799,75	47	1073,95
3	0,150	42	959,7	45	1028,25	56	1279,6
4	0,200	48	1096,8	49	1119,65	64	1462,4
6	0,300	52	1188,2	57	1302,45	78	1782,3
8	0,400	55	1256,75	68	1553,8	82	1873,7
10	0,500	57	1302,45	73	1668,05	94	2147,9

$$CBR = \frac{\text{gaya pada penetrasi } 0,1''}{3000} \times 100\%$$

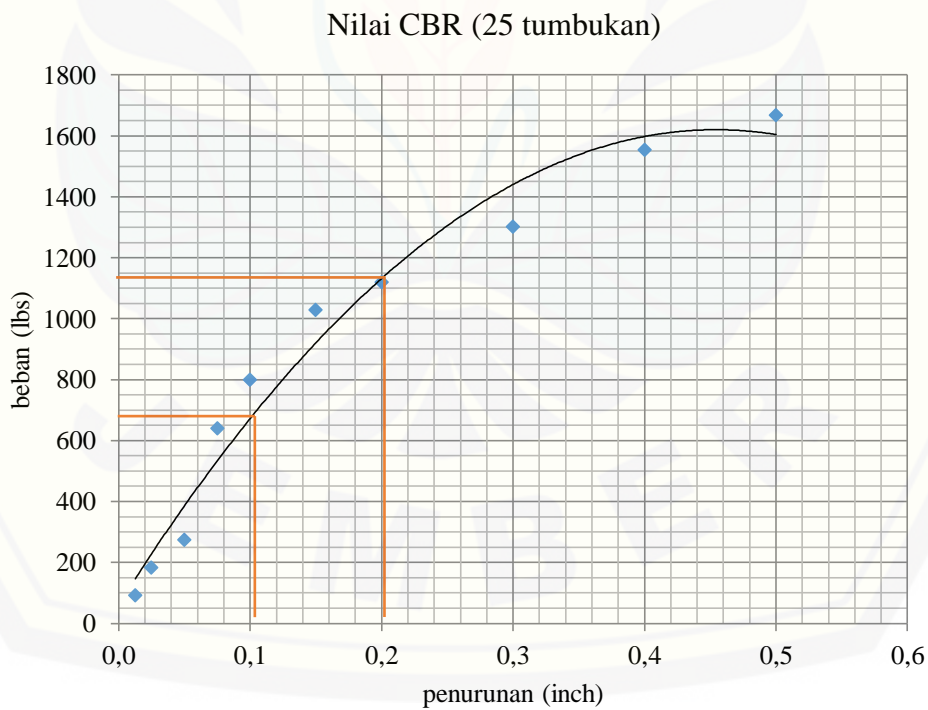
$$CBR = \frac{\text{gaya pada penetrasi } 0,1''}{3000} \times 100\%$$

Tabel E.8 hasil perhitungan CBR

NILAI CBR	15	25	56
Penurunan 0,1	23,33	22,00	29,17
Penurunan 0,2	24,22	25,00	32,78
Max	24,22	25,00	32,78

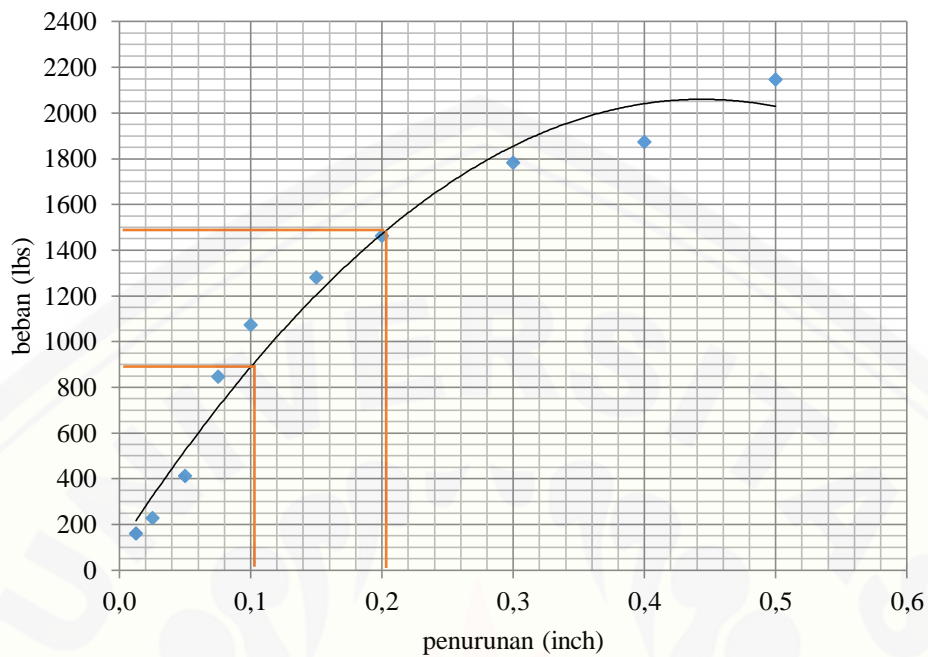


Gambar E.4 grafik CBR 15 tumbukan



Gambar E.5 grafik CBR 25 tumbukan

Nilai CBR (56x tumbukan)



Gambar E.6 grafik CBR 56 tumbukan

b. Sampel Pakusari 1 + Pakusari 3

Kalibrasi alat = 22,85

Tabel E.9 hasil uji pembacaan dial CBR

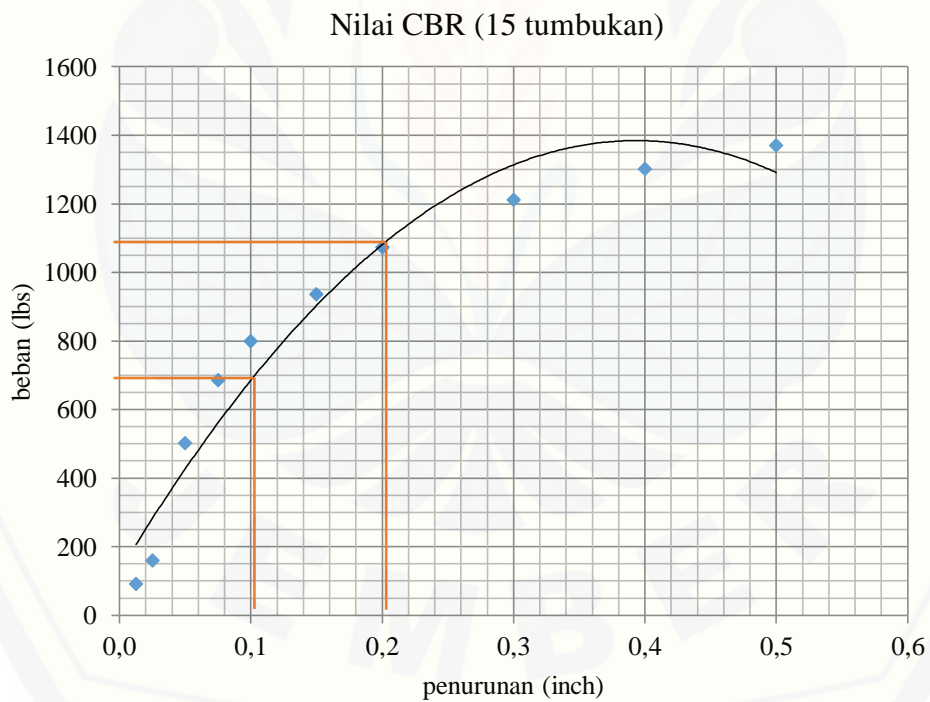
Waktu (min)	Penurunan (inch)	PENETRASI					
		15		25		56	
		Pembacaan Dial (Dev)	Beban (lbs)	Pembacaan Dial (Dev)	Beban (lbs)	Pembacaan Dial (Dev)	Beban (lbs)
0	0,000	0	0				
0,25	0,013	4	4	91,4	5,5	125,68	7
0,5	0,025	7	7	159,95	9	205,65	10
1	0,050	23	22	502,7	14	319,9	18
1,5	0,075	31	30	685,5	32	731,2	37
2	0,100	36	35	799,75	39	891,15	50
3	0,150	42	41	936,85	45	1028,3	56
4	0,200	48	47	1074	51	1165,4	67
6	0,300	52	53	1211,1	65	1485,3	75
8	0,400	55	57	1302,5	73	1668,1	86
10	0,500	57	60	1371	81	1850,9	97

$$CBR = \frac{\text{gaya pada penetrasi } 0,1''}{3000} \times 100\%$$

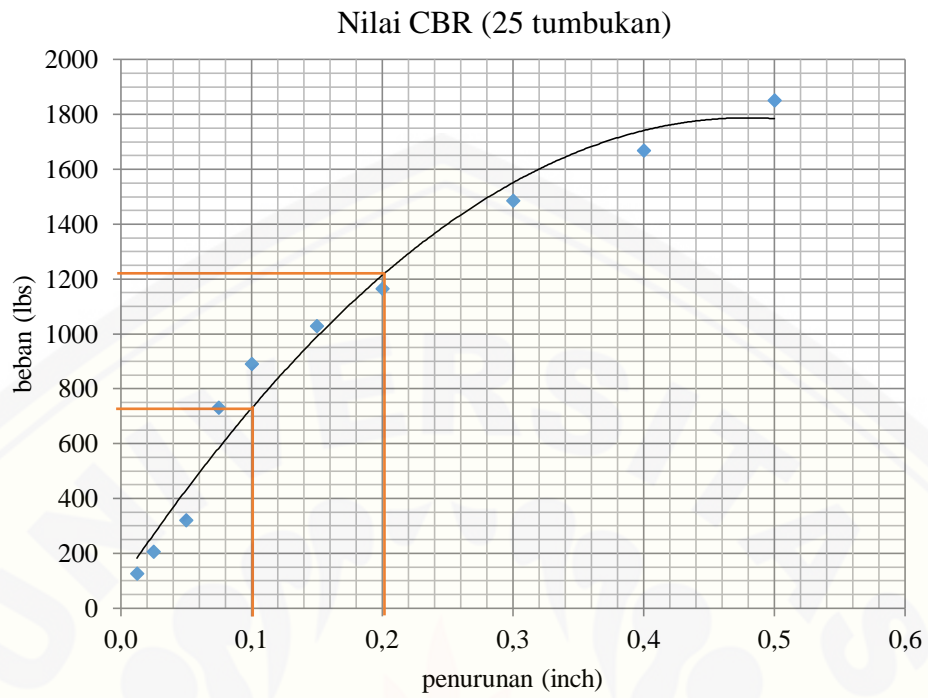
$$CBR = \frac{\text{gaya pada penetrasi } 0,1''}{3000} \times 100\%$$

Tabel E.10 hasil perhitungan CBR

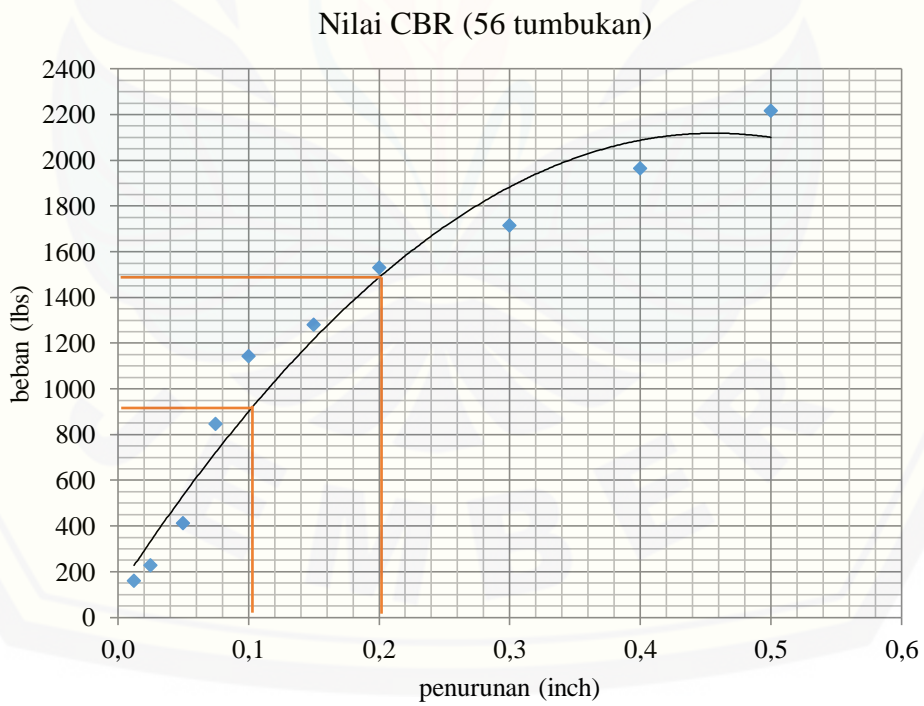
NILAI CBR	15	25	56
Penurunan 0,1	22,83	27,33	30,00
Penurunan 0,2	24,11	30,00	33,00
Max	24,11	30,00	33,00



Gambar E.7 grafik CBR 15 tumbukan



Gambar E.8 grafik CBR 25 tumbukan



Gambar E.9 grafik CBR 56 tumbukan

c. Sampel Pakusari 2 + Pakusari 3

Kalibrasi alat = 22,85

Tabel E.11 hasil uji pembacaan dial CBR

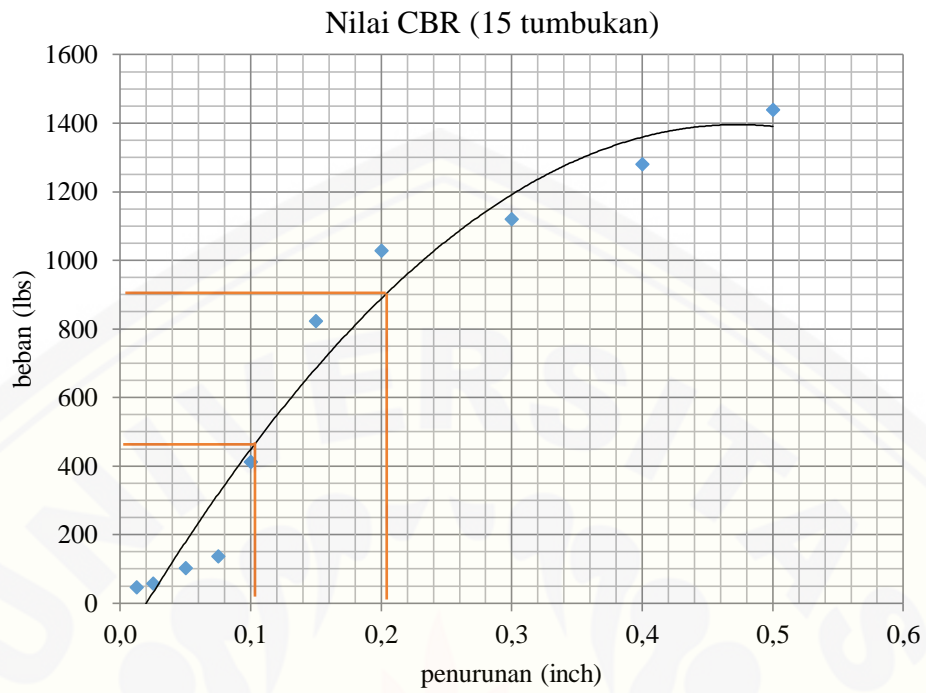
Waktu (min)	Penurunan (inch)	PENETRASI					
		15		25		56	
		Pembacaan Dial (Dev)	Beban (lbs)	Pembacaan Dial (Dev)	Beban (lbs)	Pembacaan Dial (Dev)	Beban (lbs)
0	0,000	0					
0,25	0,013	2	45,7	3	68,55	5	114,25
0,5	0,025	2,5	57,125	4	91,4	9	205,65
1	0,050	4,5	102,83	6	137,1	15	342,75
1,5	0,075	6	137,1	9	205,65	24	548,4
2	0,100	18	411,3	20	457	38	868,3
3	0,150	36	822,6	41	936,85	59	1348,2
4	0,200	45	1028,3	58	1325,3	68	1553,8
6	0,300	49	1119,7	67	1531	76	1736,6
8	0,400	56	1279,6	72	1645,2	82	1873,7
10	0,500	63	1439,6	79	1805,2	90	2056,5

$$CBR = \frac{\text{gaya pada penetrasi } 0,1''}{3000} \times 100\%$$

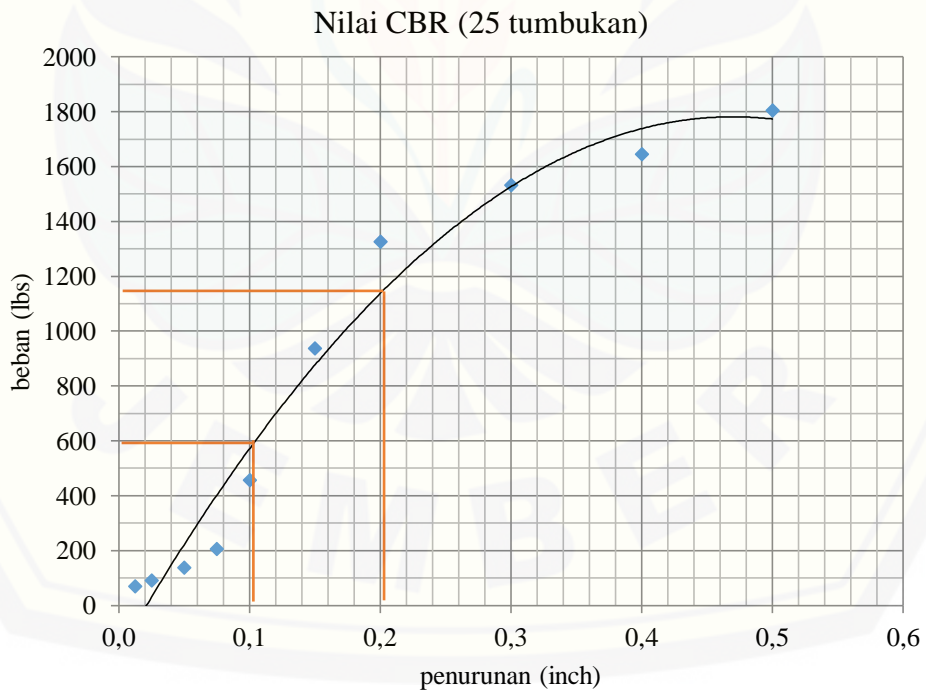
$$CBR = \frac{\text{gaya pada penetrasi } 0,1''}{3000} \times 100\%$$

Tabel E.12 hasil perhitungan CBR

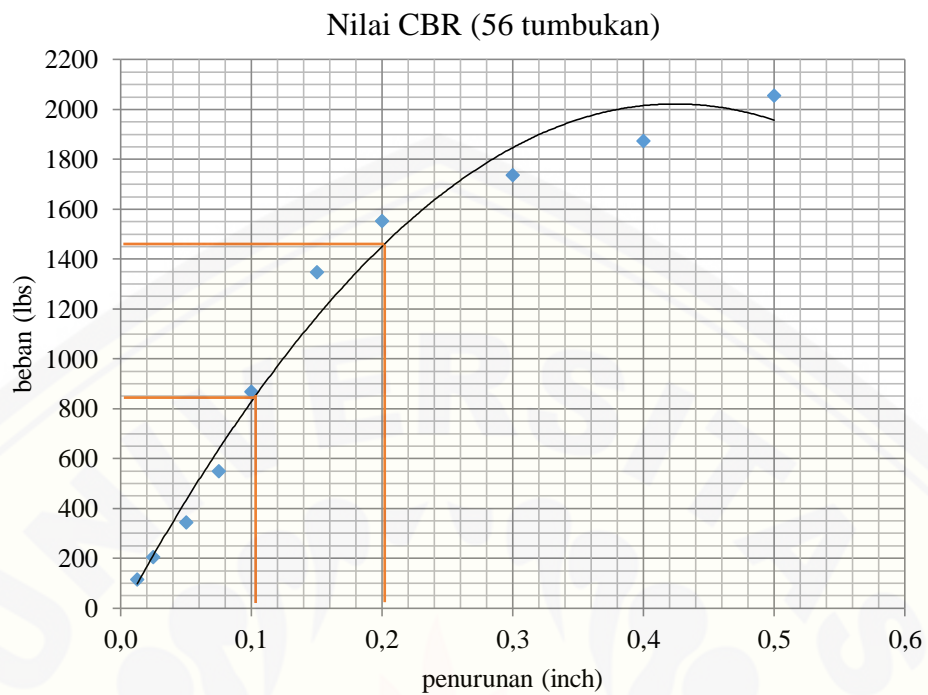
NILAI CBR	15	25	56
Penurunan 0,1	15,00	19,50	28,17
Penurunan 0,2	20,00	25,44	32,22
Max	20,00	25,44	32,22



Gambar E.10 grafik CBR 15 tumbukan



Gambar E.11 grafik CBR 25 tumbukan



Gambar E.12 grafik CBR 56 tumbukan

D.3 Abrasi Agregat Kasar dengan Mesin *Los Angeles*

Tabel E.13 hasil uji abrasi agregat kasar

Sampel		P1+P2	P1+P3	P2+P3
Berat Semula	A	5000	5000	5000
Berat setelah diuji	B	3518	3220,8	3706,5
Berat yang aus	(A-B)	1482	1779,2	1293,5
Keausan =	$\frac{(A-B)}{A} \times 100\%$	29,64%	35,584%	25,87%
Rerata		30,365 %		