

Pemodelan Hubungan Nilai CBR Dan Nilai Persentase Penambahan Semen Pada Material Tras Untuk Lapis Pondasi Perkerasan Jalan

Jimmy Adwang^{#1}

[#]Balai Pelaksanaan Jalan Nasional XV Manado, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

jimmyadwangjf@gmail.com

Abstrak

Material tras yang tersedia cukup banyak dan belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai bahan campuran perkerasan Jalan di Provinsi Sulawesi utara, maka menarik perhatian bagi peneliti untuk melakukan penelitian dengan judul Pemodelan Hubungan Antara Nilai CBR dan Nilai Presentase Penambahan Semen Pada Material Tras Untuk Lapis Pondasi Perkerasan Jalan. Tras yang digunakan adalah tras yang terdapat di daerah Ruas jalan Manado Bay Pass Tahap I, Kelurahan Bumi Nyiur Kecamatan Wanea, Kota Manado, Sulawesi Utara sebagai bahan campuran perkerasan jalan. Meningkatnya presentase semen pada tras dapat menaikkan nilai CBR dan kekuatan benda uji, dimana pada benda uji 0% semen mendapat nilai CBR 46,00 % naik menjadi 186 % pada benda uji 2% semen kemudian nilai CBR terus meningkat seiring peningkatan presentase semen, tapi sangat disayangkan karna pada benda uji dengan presentase semen 6 % dan 8 % pembacaan tak dapat dilakukan karna terbatasnya kemampuan alat untuk menguji CBR yang dimiliki laboratorium mekanika tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, demikian juga hasil yang diperoleh pada pengujian UCS memberi indikasi yang sama yakni kakuatan benda uji meningkat seiring bertambahnya presentase semen pada beda uji, dimana kekuatan benda uji 0% semen 1,5474 kg/cm² menjadi 7,562 kg/cm² pada benda uji 2% semen hingga 57,974 kg/cm² pada benda uji 8% semen. Nilai CBR maksimum yang disyaratkan Bina Marga untuk lapis pondasi dan lapis pondasi bawah ialah 80% dan 30%. Untuk lapis pondasi, benda uji dengan 2% sampai 8% semen dengan nilai CBR 186 % - 396,75 % masuk dalam kriteria sebagai material lapis pondasi. Sedangkan untuk material lapis pondasi bawah semua benda uji yakni benda uji 0% - 8% semen dengan nilai CBR 46 % - 396,75 % masuk dalam kriteria material lapis pondasi bawah. Model Hubungan % Penambahan Semen dengan CBR (%) adalah $y = -1.4938x^2 + 56.549x + 51.367$ dengan nilai $R^2 = 0.941$. Model Hubungan % Penambahan Semen dengan Nilai

Kuat Tekan Bebas Kuat Tekan Bebas qu (Kg/cm²) adalah $y = 0.3703x^2 + 4.3184x + 0.3623$ dengan nilai $R^2 = 0.9937$.

Kata Kunci — lapisan perkerasan jalan, CBR, kuat tekan, model

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menurut tipenya lapisan perkerasan jalan terdiri dari dua tipe yaitu perkerasan jalan Rigid dan perkerasan jalan Flexibel. Salah satu permasalahan yang ada pada perencanaan lapis perkerasan jalan adalah menentukan komponen utama pembentuk lapis perkerasan. Komponen utama pembentuk lapis perkerasan ini diharapkan dapat memenuhi standar mutu perencanaan. Untuk mendapatkan bahan-bahan perkerasan yang sesuai pada lokasi perkerasan jalan merupakan hal yang tidak mudah, sehingga diupayakan digantikan dengan material- material setempat. Berdasarkan pengamatan peneliti di lokasi pekerjaan misalnya kawasan ruas jalan Manado Bay Pass Tahap I terdapat banyak material Tras dan kemudian akan diteliti apakah material stempat ini layak untuk dijadikan sebagai bahan lapis perkerasan khususnya pondasi.

Penelitian dengan memanfaatkan material yakni Tras. Material Tras ini merupakan bahan galian yang termasuk ke dalam golongan C. Bahan galian tras yang terdapat di alam umumnya berasal dari batuan piroklastik dengan komposisi andesitis yang telah mengalami pelapukan secara intensif sampai dengan derajat tertentu, tras juga mempunyai sifat pozzolan, yaitu sifat yang sama yang dimiliki oleh semen.

Tras adalah batuan gunung api yang telah mengalami perubahan komposisi kimia yang disebabkan oleh pelapukan dan pengaruh kondisi air bawah tanah. Bahan galian ini berwarna putih kekuningan hingga putih keabu-abuan. Umumnya

Tras dimanfaatkan untuk bahan baku batako, industry semen, campuran bahan bangunan dan semen alam Untuk penelitian ini menggunakan tras yang terdapat di daerah Ruas jalan Manado Bay Pass Tahap I, Kel, Bumi Nyiur Kec, Wanea, Manado, Sulawesi Utara sebagai bahan penelitian, yang akan dicampur dengan semen untuk mencari komposisi yang pas untuk digunakan pada perkerasan jalan.

Penelitian ini memanfaatkan tras sebagai bahan campuran perkerasan, karena untuk di daerah Sulawesi utara, pada pengerjaan konstruksi jalan raya, tras belum dimaksimalkan sebagai material alternatif padahal tras yang tersedia cukup banyak. Tras yang digunakan adalah tras yang terdapat di daerah Ruas jalan Manado Bay Pass Tahap I, Kelurahan Bumi Nyiur Kecamatan Wanea, Kota Manado, Sulawesi Utara sebagai bahan campuran perkerasan jalan. Sehingga penelitian ini diberi judul “Pemodelan Hubungan Antara Nilai CBR Dan Nilai Presentase Penambahan Semen Pada Material Tras Untuk Lapis Perkerasan Jalan”.

B. Rumusan Masalah

Atas dasar latar belakang di atas maka didapat rumusan masalah sebagai berikut, bagaimana cara memformulasikan tras dan semen, agar dapat digunakan sebagai campuran pembentuk lapis perkerasan jalan yang sesuai standar-standar perencanaan kemudian dari hasil formulasi yang ada akan dibuat dalam skala laboratorium dan hasilnya akan dibuat suatu model hubungan antara nilai CBR dan nilai prosentase penambahan Semen pada material tras untuk lapis perkerasan jalan.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Dalam penelitian ini hanya menggunakan material tras yang terdapat di daerah Ruas jalan Manado Bay Pass Tahap I, Sulawesi utara.
2. Penelitian ini juga hanya menggunakan campuran tras dan semen saja, tidak menyertakan material lain dalam penelitian contohnya agregat, pasir dll.
3. Penelitian dilakukan di laboratorium mekanika tanah dan laboratorium struktur jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Membuat formulasi prosentase penambahan Semen pada material tras untuk lapis perkerasan jalan. Membuat model hubungan antara nilai CBR dan kekuatan dari variasi formulasi prosentase penambahan Semen pada material tras untuk lapis perkerasan jalan.

E. Sasaran Penelitian

Sasaran penelitian ini yaitu memberikan suatu formulasi bagi para perencana, pelaksana dunia konstruksi perkerasan jalan dan untuk dunia akademisi tentang hubungan antara nilai CBR dan kekuatan dari variasi formulasi prosentase penambahan Semen pada

material tras untuk lapis perkerasan jalan. Juga hasil penelitian ini dapat dipertimbangkan atau digunakan sebagai acuan pada perencanaan perkerasan jalan dan memanfaatkan tras yang banyak tersedia khususnya tras yang tersedia di daerah Ruas jalan Manado Bay Pass Tahap I Kota Manado secara maksimal pada perencanaan perkerasan jalan.

F. Lingkup Penelitian

Kegiatan penelitian meliputi :

1. Menyiapkan benda uji Tras dan semen
2. Pengujian sifat fisik Material
3. Rancangan Campuran Material (Formulasi prosentase penambahan semen).
4. Pengujian pemadatan
5. Pengujian CBR dan kuat tekan
6. Merumuskan hubungan antara nilai CBR dan kekuatan dari variasi formulasi prosentase penambahan Semen pada material tras untuk lapis perkerasan jalan.
7. Menguji model yang dihasilkan.

G. Luaran Penelitian

Luaran penelitian meliputi :

1. Pendahuluan
2. Landasan Teori
3. Metodologi Penelitian
4. Presentasi Data dan Analisa
 - Data Variasi benda uji Tras dan semen
 - Data Hasil Pengujian sifat fisik Material
 - Analisa Rancangan Campuran Material (Formulasi prosentase penambahan semen).
 - Data Hasil Pengujian pemadatan
 - Data Hasil Pengujian CBR dan kuat tekan
 - Merumuskan hubungan antara nilai CBR dan kekuatan dari variasi formulasi prosentase penambahan Semen pada material tras untuk lapis perkerasan jalan.
 - Menguji model yang dihasilkan
5. Kesimpulan: menyimpulkan model hubungan antara nilai CBR dan kekuatan dari variasi formulasi prosentase penambahan Semen pada material tras untuk lapis perkerasan jalan

II. METODOLOGI PENELITIAN

Program kerja pada penelitian ini mencakup seluruh tahapan proses penelitian yang dimulai dari penyelidikan material sampai dengan pelaksanaan pengujian material di laboratorium. Hasil dari penelitian tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik dan table, agar dapat memudahkan menganalisa.

Penelitian ini memanfaatkan tras yang terdapat di daerah Sulawesi utara , tras diambil dari daerah Ruas jalan Manado Bay Pass Tahap I, pada penelitian ini campuran lain digunakan ialah semen jenis Tonasa sesuai standar. Seluruh penelitian laboratorium dilaksanakan di laboratorium tanah Takultas Teknik

Universitas Sam Ratulangi dan di dasarkan pada standar pengujian AASHTO dan SNI seperti tertera pada table di atas.

Tras dan semen dicampur dengan presentase semen terhadap tras, yakni 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%, tras yang digunakan sebagai dasar penentu berat rancangan campuran. Untuk penentuan sampel benda uji dapat dilihat pada Tabel 1. Pengujian pemadatan dilakukan pada semua benda uji, dimana tiap varian campuran semen dibuat 5 benda uji, diantaranya 2 dibawah kadar air optimum dan 2 lagi diatas kadar air optimum, dan 1 benda uji diperkirakan mendekati kadar air optimum.

TABEL 1. RANCANGAN SAMPEL BENDA UJI

Presentase semen	Kode Benda Uji				
	a	b	c	d	e
0 %	0% A	0% B	0% C	0% D	0% E
2 %	2% A	2% B	2% C	2% D	2% E
4%	4% A	4% B	4% C	4% D	4% E
6%	6% A	6% B	6% C	6% D	6% E
8%	8% A	8% B	8% C	8% D	8% E

Sumber : Hasil Analisa Peniliti, 2020

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Klasifikasi Tanah

Penentuan klasifikasi tanah dalam hal ini tras yang digunakan sebagai material uji adalah berdasarkan dari hasil analisa saringan (Gambar 1). Dari hasil yang diperoleh dari percobaan analisa saringan tras yang digunakan sebagai benda uji, dengan presentase lolos saringan 200 hanya 21,584 %, itu membuktikan tras yang digunakan sebagai material uji ialah jenis material yang berbutir kasar, menurut SISTEM UNIFIED menggolongkan tras yang digunakan sebagai material penelitian, dalam golongan SP (Poorly Graded Sands, Little or no Fines/ jenis pasir bergradasi jelek) dengan syarat < 50% lolos saringan no.200. Sedangkan dalam klasifikasi AASHTO menggolongkan tras sebagai bahan berbutir halus dengan jenis pasir A-3.

B. Hasil Pengujian Pemadatan

Hasil pengujian pemadatan pada benda uji 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% diperlihatkan pada Gambar 2. Grafik hubungan antara kadar air dan kepadatan kering pada Gambar 2 menunjukkan indikasi bahwa volume kepadatan kering maksimum meningkat seiring dengan penambahan presentase semen pada tras (Gambar 3). Sedangkan pada kadar air menurunnya kadar air optimum pada campuran 2% semen, kemudian naik kembali sampai campuran 6% semen, kemudian kadar air optimum menurun kembali apabila /presentase semen terus di tambah (Gambar 4). Berikut ini adalah hasil pengujian pemadatan dengan menampilkan nilai

OMC dan MDD dari tiap–tiap presentase semen pada campuran yang disajikan dalam Tabel 2.

TABEL 2. HASIL PENGUJIAN PEMADATAN

presentase semen pada tras (%)	mdd (gr/cm3)	Omc %
0	1,361	21,5
2	1,469	18,2
4	1,53	21,1
6	1,532	24,2
8	1,534	20,6

Sumber : Hasil Analisa Peniliti, 2020

C. Hasil Pengujian CBR

Pengujian CBR dilakukan pada sampel dengan presentase semen 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% dengan tiap – tiap sampel berada pada kondisi OMC dan MDD. Berikut ini adalah seluruh hasil pengujian CBR ditampilkan dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara penetrasi dalam inches dengan beban dalam lbs, seperti terlihat pada Gambar 5. Nilai pengujian CBR tiap - tiap benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada pengujian CBR ini peneliti membandingkan 2 jenis perlakuan pada pengujian CBR dimana :

- Setelah percetakan, benda uji yang memiliki kadar semen langsung direndam 4 hari kemudian di uji.
- Setelah percetakan, benda uji diperam selama 3 hari kemudian benda uji di rendam selama 4 hari kemudian diuji (petunjuk spesifikasi umum 2010)

TABEL 3. HASIL PENGUJIAN CBR TIAP - TIAP BENDA UJI

Presentase semen	Pengujian CBR dengan 4 hari rendaman, tanpa pemeraman		Pengujian CBR dengan 3 hari pemeraman dan 4 hari rendaman,	
	Nilai CBR pada penetrasi 0,1”	Nilai CBR pada penetrasi 0,2”	Nilai CBR pada penetrasi 0,1”	Nilai CBR pada penetrasi 0,2”
0% (tanpa rendaman)	46,00	54,81	-	-
2%	147,33	146,67	186	166,67
4%	174,67	155,56	203,33	215,56
6%	236,67	217,78	376,48	362,22
8%	253,33	244,44	396,75	395,56

Sumber : Hasil Analisa Peniliti, 2020

Oleh karena keterbatasan kemampuan alat CBR yang di miliki laboratorium mektan fakultas teknik sehingga pada benda uji 6 dan 8% semen, pembacaan pada penetrasi 0,2” tidak dapat dilakukan. Maka nilai CBR yang didapat pada penetrasi 0,2” hanya diperoleh dari proses interpolasi.

Menurut rujukan pengujian CBR (AASHTO T193 – 83), nilai CBR yang digunakan adalah nilai pada hasil pembacaan 0,1”, namun bila nilai CBR pada penetrasi 0,2” lebih besar dari penetrasi 0,1” maka pengujian harus dilakukan kembali apabila hasil pengujian masih

menunjukkan hasil yang sama maka nilai CBR pada penetrasi 0,2” diambil sebagai nilai CBR pengujian.

Pada sampel 0% dan 4% (dengan 3 hari pemeraman dan 4 hari rendaman) dapat dilihat pada tabel 4.3, menunjukkan dimana nilai CBR pada pembacaan 0,2” lebih besar daripada pembacaan 0,1”, tapi setelah pengujian kembali dengan sampel 0% dan 4% yang baru, pembacaan CBR masih menunjukkan hasil yang sama, akan tetapi nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR pada penetrasi 0,1”, karna hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda antara nilai penetrasi 0,1” dan 0,2”. Dengan demikian nilai CBR dari variasi campuran tras dan semen pada kondisi 4 hari rendaman, maupun 3 hari pemeraman 4 hari rendaman dengan nilai CBR yang ditampilkan pada Tabel 4.

TABEL 4. NILAI CBR YANG DIPEROLEH PADA CAMPURAN TRAS DAN SEMEN

Presentase semen (%)	Nilai CBR 4 hari rendaman (%)	Nilai CBR 3 hari pemeraman 4 hari rendaman (%)
0	46,00	
2	147,33	186
4	174,67	203,33
6	236,67	376,48
8	253,33	396,75

Sumber : Hasil Analisa Peniliti, 2020

Untuk menganalisa maka Tabel 4 disajikan dalam bentuk grafik, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Tabel 4 dan Gambar 7 memberi indikasi sebagai berikut:

- Pada campuran tras dan semen, semakin besar penambahan semen maka nilai CBR yang di hasilkan semakin baik.
- Benda uji yang diperam selama 3 hari kemudian di rendam selama 4 hari memperoleh nilai CBR yang lebih baik dari benda uji yang tanpa pemeraman.
- Pada penelitian ini nilai CBR yang digunakan untuk perbandingan dengan hasil compresion test ialah nilai CBR yang diperoleh dari 3 hari pemeraman 4 hari rendaman karna memiliki nilai yang memuaskan.

D. Pengujian Kuat Tekan Bebas (UCS)

Pengujian UCS dilakukan pada sampel dengan presentase semen 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% dengan tiap – tiap benda uji di rencanakan supaya memperhatikan nilai kepadatan maupun kadar air dengan kata lain semua sampel berada pada kondisi OMC dan MDD. Agar kekuatan benda uji sama dengan kekuatan benda uji pada saat pengujian CBR.

Pada pengujian compresion test ini karna benda uji 2%,4%,6%, dan 8% semen tidak pecah, disebabkan karna sampel yang di uji melebihi batas kemampuan alat yang dimiliki laboratorium mekanika tanah, maka compresion test pada benda uji 2%,4%,6%, dan 8% semen di uji di lab beton sebagai alternatif untuk

mengetahui kekuatan benda uji. Hasil pengujian dari tiap – tiap benda uji disajikan pada Tabel 5, dan dapat juga dilihat pada Gambar 7.

TABEL 5. NILAI CBR YANG DIPEROLEH PADA CAMPURAN TRAS DAN SEMEN

benda uji (% semen)	kuat tekan bebas (kg/cm ²)
0	1,5474*
2	7,562
4	25,206
6	40,330
8	57,974

Sumber : Hasil Analisa Peniliti, 2020

Dari hasil uji tekan pada benda uji dalam hal ini tras memberi indikasi, kekuatan benda uji semakin baik seiring penambahan semen yang diberikan pada benda uji. Hasil pengujian CBR dan uji tekan yang telah dilakukan pada benda uji, yakni tras yang dicampur dengan beberapa variasi presentasi semen maka menghasilkan hasil sebagai berikut, disajikan pada Tabel 6 sebagai bahan perbandingan hubungan nilai CBR dan kekuatan benda uji dari campuran tras dan semen.

TABEL 6. NILAI KUAT TEKAN DAN NILAI CBR PADA BENDA UJI

benda uji (% semen)	kuat tekan bebas (kg/cm ²)	Nilai CBR (%)	kuat tekan bebas (terkoreksi) (kg/cm ²)	Nilai CBR (terkoreksi) (%)
0	1,5474*	46,00	1,5474*	46,00
2	7,562	186	13,5	186
4	25,206	203,33	25,206	284
6	40,330	376,48	40,330	376,48
8	57,974	396,75	57,974	450

Sumber : Hasil Analisa Peniliti, 2020

Untuk memudahkan menganalisa dan mempermudah maka hasil pengujian CBR dan uji tekan terhadap presentase semen disajikan juga dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 7.

TABEL 7. HUBUNGAN % PENAMBAHAN SEMEN DENGAN CBR DAN NILAI KUAT TEKAN BEBAS KUAT TEKAN BEBAS QU MENURUT HASIL PENGUJIAN

Prosentase Semen	CBR (%)	qu (kg/cm ²)
0	46.00	1.5474
2	186.00	7.5619
4	203.33	25.2063
6	376.48	40.3300
8	396.75	57.9744

Sumber : Hasil Analisa Peniliti, 2020

TABEL 8. HUBUNGAN % PENAMBAHAN SEMEN DENGAN CBR DAN NILAI KUAT TEKAN BEBAS KUAT TEKAN BEBAS QU MENURUT HASIL PEMODELAN

Prosentase Semen	CBR (%)	qu (kg/cm ²)
0	51.367	0.3623
2	158.4898	10.4803
4	253.6622	23.5607
6	336.8842	39.6035
8	408.1558	58.6087

Sumber : Hasil Analisa Peniliti, 2020

Model Hubungan % Penambahan Semen dengan CBR (%) adalah $y = -1.4938x^2 + 56.549x + 51.367$ dengan nilai $R^2 = 0.941$. Model Hubungan % Penambahan Semen dengan Nilai Kuat Tekan Bebas Kuat Tekan Bebas qu (Kg/cm²) adalah $y = 0.3703x^2 + 4.3184x + 0.3623$ dengan nilai $R^2 = 0.9937$ (Gambar 8).

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan meningkatnya presentase semen pada tras dapat menaikkan nilai CBR dan kekuatan benda uji, dimana pada benda uji 0% semen mendapat nilai CBR 46,00 % naik menjadi 186 % pada benda uji 2% semen kemudian nilai CBR terus meningkat seiring peningkatan presentase semen, tapi sangat disayangkan karna pada benda uji dengan presentase semen 6 % dan 8 % pembacaan tak dapat dilakukan karna terbatasnya kemampuan alat untuk menguji CBR yang dimiliki laboratorium mekanika tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, demikian juga hasil yang diperoleh pada pengujian UCS memberi indikasi yang sama yakni kakuatan benda uji meningkat seiring bertambahnya presentase semen pada beda uji, dimana kekuatan benda uji 0% semen 1,5474 kg/cm² menjadi 7,562 kg/cm² pada benda uji 2% semen hingga 57,974 kg/cm² pada benda uji 8% semen.
2. Sebagai mana yang disyaratkan pada Spesifikasi 2010 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, untuk persyaratan material pada lapis pondasi semen tanah, dimana untuk nilai CBR minimum adalah 100% dan nilai UCS minimum adalah 20 kg/cm², dengan mengambil nilai tersebut sebagai suatu kriteria, benda uji dengan presentase semen 4%, 6% dan 8% semen

memenuhi persyaratan kekuatan sebagai material lapis pondasi untuk tanah semen.

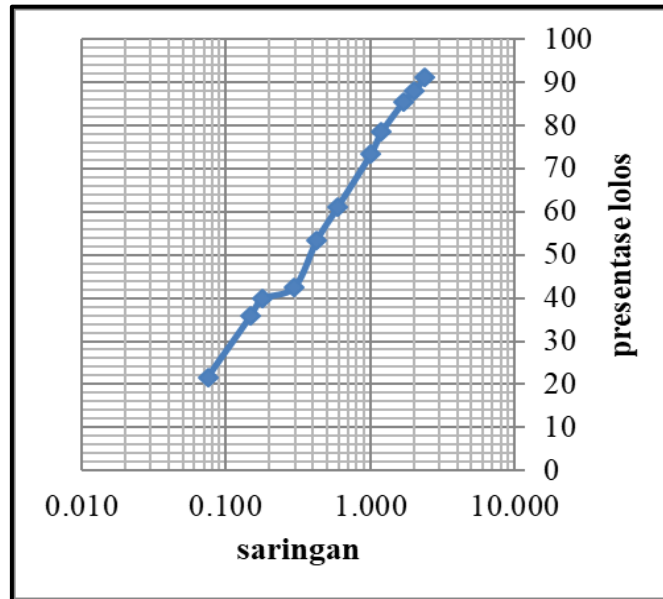
3. Menurut Spesifikasi 2010 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga untuk tanah timbunan yang digunakan pada tanah dasar jalan, sebaiknya tidak termaksud tanah yang berplasitas tinggi yang diklasifikasi sebagai golongan A-7-6 menurut AASHTO (SNI 03-6797-2002) atau sebagai CH menurut UNFIED, sedangkan untuk tras pada penelitian ini baik sebagai tanah timbunan karna tras yang digunakan pada penelitian ini termaksud golongan A-3 menurut AASHTO, yang sangat baik untuk material tanah dasar, dan menurut UNFIED tras yang digunakan sebagai benda uji tergolong pada SP (Poorly Graded Little Or No Fines) cukup baik sebagai timbunan.
4. Nilai CBR maksimum yang disyaratkan Bina Marga untuk lapis pondasi dan lapis pondasi bawah ialah 80% dan 30%. Untuk lapis pondasi, benda uji dengan 2% sampai 8% semen dengan nilai CBR 186 % - 396,75 % masuk dalam kreteria sebagai material lapis pondasi. Sedangkan untuk material lapis pondasi bawah semua benda uji yakni benda uji 0% - 8% semen dengan nilai CBR 46 % - 396,75 % masuk dalam kreterian material lapis pondasi bawah.
5. Model Hubungan % Penambahan Semen dengan CBR (%) adalah $y = -1.4938x^2 + 56.549x + 51.367$ dengan nilai $R^2 = 0.941$
6. Model Hubungan % Penambahan Semen dengan Nilai Kuat Tekan Bebas Kuat Tekan Bebas qu (Kg/cm²) adalah $y = 0.3703x^2 + 4.3184x + 0.3623$ dengan nilai $R^2 = 0.9937$

KUTIPAN

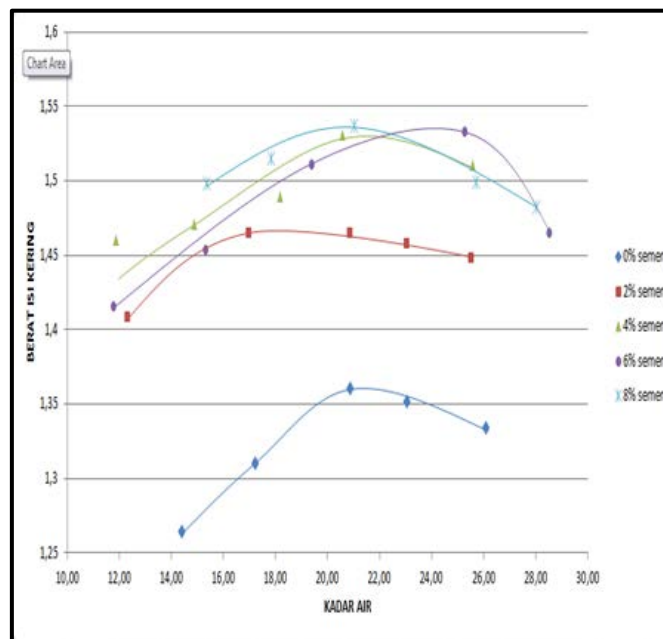
Buku

- [1] Djoko Asmoro, *Panduan Penentuan Klasifikasi Fungsi Jalan di Wilayah Perkotaan*, 1990.
- [2] I Gusti Ngurah Agung, *Statistika : Penerapan Metode Analisis untuk Tabulasi Sempurna dan Tak Sempurna dengan SPSS*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2003.
- [3] Anonimous, *Geologi Strukur*. Yogyakarta: Laboratorium Geologi Struktur Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran, 1977.
- [4] Braja M. Das, *Mekanika Tanah (prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis) jilid 1, Terjemahan Ir. Noor Endah Mochtar, Msc, Ph.D dan Ir. Indra Surya*. Jakarta: Erlangga, 1988.
- [5] W. G. Cochran, *Teknik Penarikan Sampel, Edisi Ketiga. terjemahan Rudiansyah, Erwin R. Osman*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press), 1991.
- [6] Departement Pekerjaan Umum, *Spesifikasi Umum*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga, 2010.

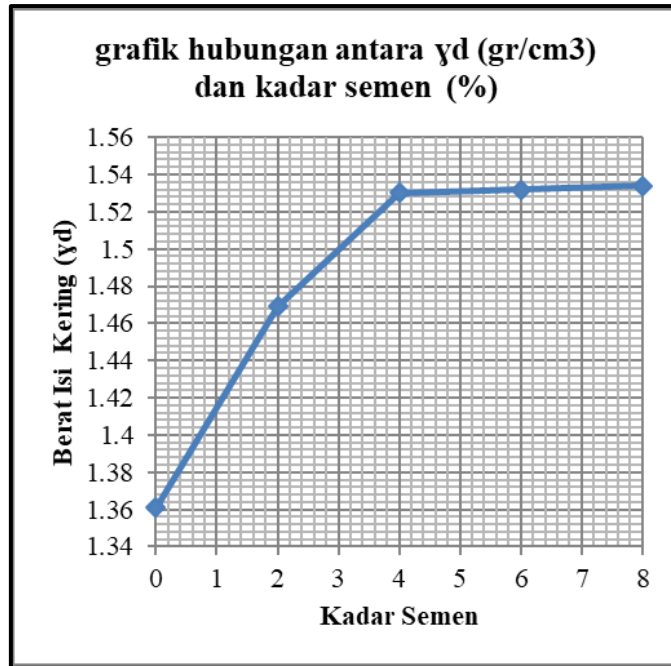
- [7] Katili, Marks, *Geologi*. Jakarta: Departemen Urusan Research Nasional, 1964.
- [8] D. S. Mursoedi, Junus D. Widagdo, Suharta Nata, S. W. P Darul, H. Sarwono, J. Hof, *Pedoman Klasifikasi Landform*. Bogor: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimatologi, 1994.
- [9] Thornbury, *Principle of Geomorphology*. New York: John Wiley and Sons. Inc., 1969.
- [10] B. H. K. Tjasyono, *Iklm dan Lingkungan*. Bandung: PT. Cendekia Jaya Utama, 1986.
- [11] J. E. N. Veron, *Corals of The World. Vol 1-3*. Townsville, Australia: Australian Institute of Marine Science and CRR Qld Pty Ltd Publisher, 2000.
- Tesis/Laporan Penelitian**
- [12] Wikuyah Q, “Efektivitas Campuran Kapur dan Tras sebagai Bahan Stabilitas Tanah Lempung untuk Lapis Dasar Jalan,”, Tesis S-2 Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Ilmu Teknik, Program Pascasarjana UGM Yogyakarta, 2002.
- [13] Warsiti, “Meningkatkan CBR dan Memperkecil Swelling Tanah Sub-Grade dengan Metode Stabilitas Tanah dan Kapur,” Laporan Penelitian, Politeknik Negeri Semarang, 1998.



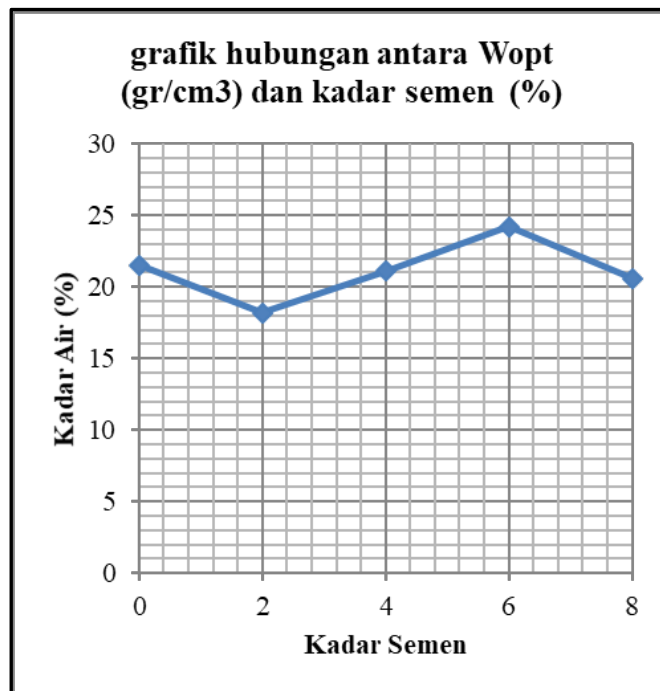
Gambar 1. Grafik Lengkung Gradasi Tras (Hasil Penelitian, 2020)



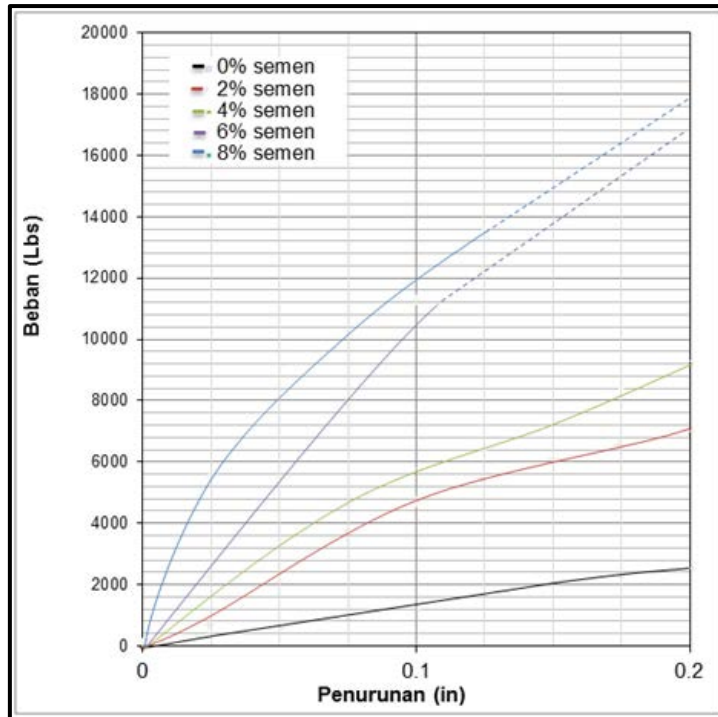
Gambar 2. Grafik Pengujian Pematatan (Hasil Penelitian, 2020)



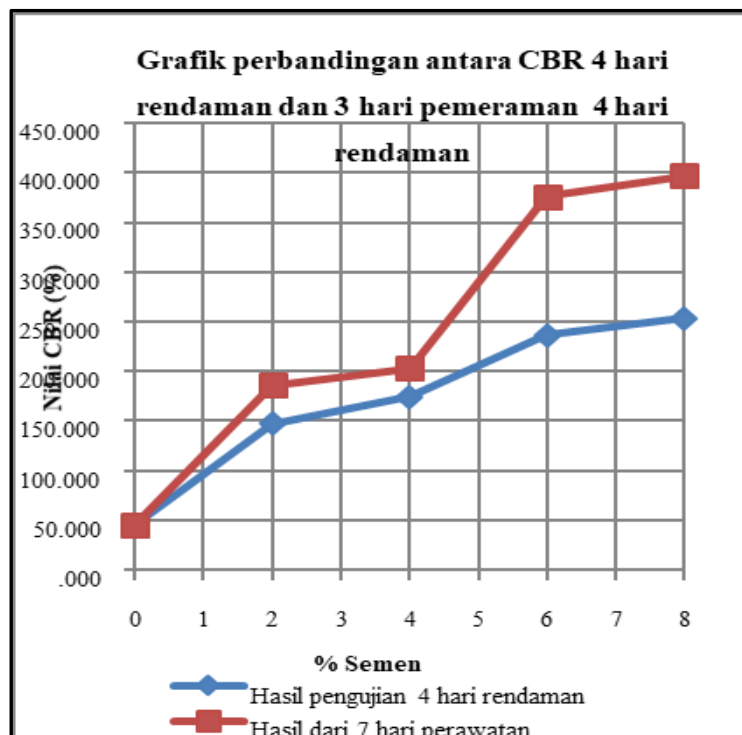
Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Berat Isi Kering Dan Kadar Semen
(Hasil Penelitian, 2020)



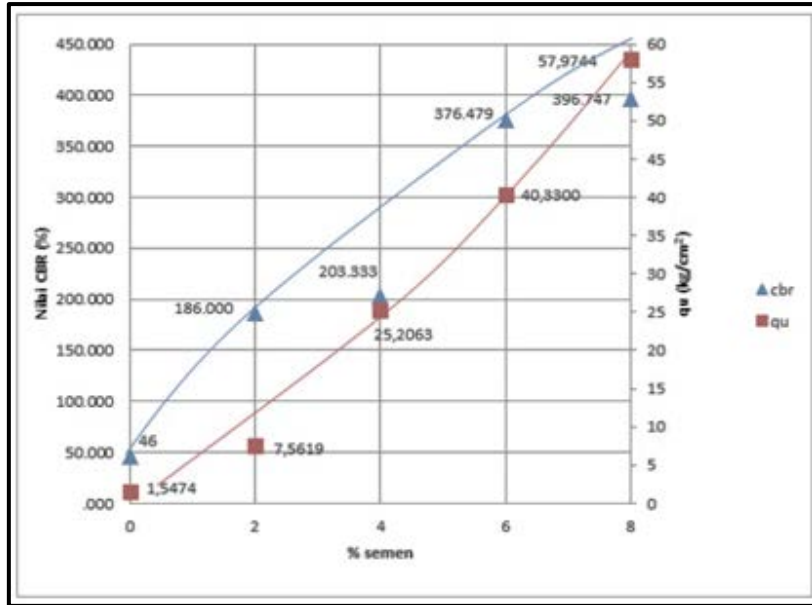
Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Berat Isi Kering Dan Kadar Semen
(Hasil Penelitian, 2020)



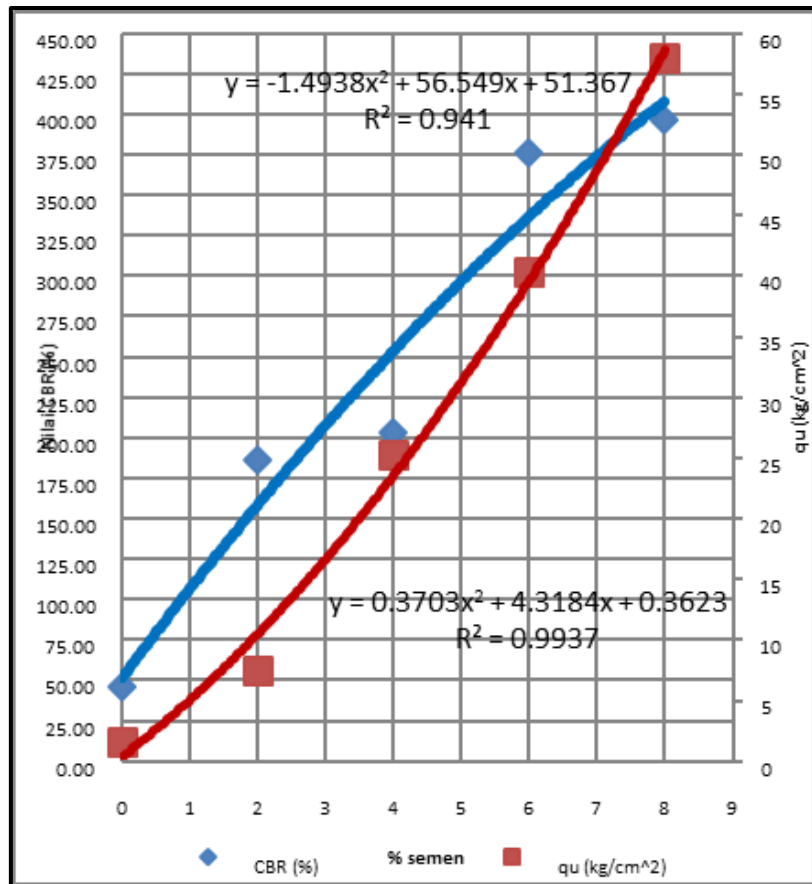
Gambar 5. Kurva Pengujian CBR Pada Benda Uji 3 Hari Pemeraman Dan 4 Hari Rendaman (Hasil Penelitian, 2020)



Gambar 6. Grafik Perbandingan Antara CBR 4 Hari Rendaman Dan 3 Hari Pemeraman 4 Hari Rendaman (Hasil Penelitian, 2020)



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Nilai CBR Dan Kuat Tekan Bebas Terhadap Presentase Semen (Hasil Penelitian, 2020)



Gambar 8. Grafik Model Hubungan Antara Nilai CBR Dan Kuat Tekan Bebas Terhadap Presentase Semen (Hasil Penelitian, 2020)