

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pendahuluan

Tanah yang digunakan untuk penelitian ini yaitu tanah lempung yang didapatkan dari Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten. Bahan tambah yang digunakan yaitu serbuk kaca dan *gypsum*, serbuk kaca didapatkan dari limbah kaca yang berada di lingkungan penulis, lalu dihancurkan hingga halus menggunakan alat LAA, yang kemudian disaring dengan menggunakan saringan no. 100, sementara *gypsum* diambil dari limbah pembuatan plafon dan lis plafon milik usaha Pak Rudi yang berada di Ciracas.



Gambar 5.1 Lokasi Pengambilan Sampel

(Sumber : Data penulis, 2023)

Metode yang digunakan untuk mengambil sampel tanah yaitu dengan cara membersihkan terlebih dahulu permukaan tanah dari benda – benda yang mengganggu, setelah itu tanah digali dengan kedalaman kira – kira 20 cm dari permukaan tanah. Kemudian tanah dimasukkan ke dalam karung, lalu dibawa dan disimpan di tempat pengujian, yaitu di Laboratorium Teknik Sipil Untirta.



Gambar 5.2 Pengambilan Sampel Tanah

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Sampel tanah yang akan dijadikan bahan untuk penelitian kemudian dimasukkan ke dalam oven agar kondisi tanah menjadi kering. Tanah yang menggumpal perlu dihancurkan dengan menggunakan palu agar mempermudah dalam pembuatan sampel penelitian.



Gambar 5.3 Tanah Setelah Dikeringkan

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Serbuk kaca yang digunakan sebagai bahan tambah diambil dari limbah di lingkungan penulis dalam berbagai kondisi, baik yang masih utuh berbentuk botol maupun yang sudah menjadi pecahan kaca. Jenis kaca yang digunakan yaitu kaca transparan atau bening tidak berwarna. Kaca – kaca tersebut kemudian dihancurkan menggunakan alat LAA dan disaring menggunakan saringan no. 100 agar menghasilkan serbuk kaca yang akan digunakan sebagai bahan tambah pengujian.



Gambar 5.4 Bahan Tambah Kaca

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Bahan tambah lainnya yaitu *gypsum* diambil dari toko pembuat plafon dan lis plafon dalam keadaan bongkahan kering yang harus dihancurkan, kemudian *gypsum* tersebut disaring dengan menggunakan saringan no. 200. *Gypsum* yang lolos saringan no. 200 tersebut akan digunakan sebagai bahan tambahan untuk pengujian.



Gambar 5.5 Bahan Tambah Gypsum

(Sumber : Data Penulis, 2023)

5.2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan agar mengetahui sifat - sifat fisik tanah yang datanya akan digunakan untuk mengklasifikasi tanah tersebut. Pengujiannya berupa pengujian kadar air, berat jenis, berat isi, Analisa besar butir, batas cair, dan batas plastis.

5.2.1. Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan agar dapat mengetahui kandungan air yang terdapat pada sampel tanah. Kadar air merupakan perbandingan berat air dalam tanah dengan berat kering tanah dan dinyatakan dalam persen (%).

Tabel 5.1 Analisa Kadar Air Tanah

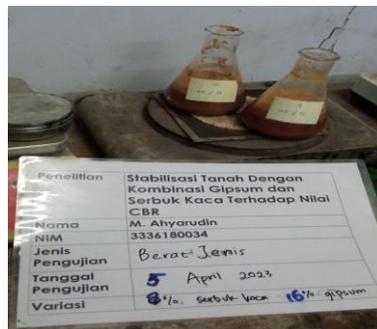
No.	Item	Simbol	Satuan	4	10
1	Berat Cawan	W1	gram	154	4,6
2	Berat Cawan + Tanah Basah	W2	gram	176	24,4
3	Berat Cawan + Tanah Kering	W3	gram	170,83	20,03
4	Berat Tanah Basah	$W_{tb} = W2 - W1$	gram	22	19,8
5	Berat Tanah Kering	$W_d = W3 - W1$	gram	16,83	15,43
6	Berat Air	$W_w = W_{tb} - W_d$	gram	5,17	4,37
7	Kadar Air	$\omega = (W_w/W_d) \times 100\%$	%	30,72	28,32
8	Rata-rata Kadar Air		%	29,52	

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian kadar air tanah yang dilakukan didapatkan nilai kadar air tanah di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten sebesar 29,52%. Nilai kadar air tanah ini dapat digunakan untuk pengujian lainnya seperti pada pengujian penentuan batas cair dan batas plastis tanah.

5.2.2. Berat Jenis Tanah

Pengujian berat jenis tanah bertujuan untuk mengetahui berat jenis butir material yang merupakan salah satu bagian padat dari tanah, maka dilakukan pengujian berat jenis tanah. Berat jenis tanah merupakan perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling dalam keadaan organic dan volume yang sama.



Gambar 5.6 Pengujian Berat Jenis Tanah

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan SNI 1964-2008 sampel yang digunakan yaitu tanah yang sudah kering oven kemudian menggunakan yang tanah lolos saringan No.4 dan saringan No.10. Sampel tanah dimasukkan ke dalam tabung piknometer, kemudian tambahkan air suling 2/3 tabung piknometer. Lakukan pemanasan supaya gelembung yang berada didasar tanah bisa naik ke atas. Selanjutnya masukkan air suling sampai leher tabung piknometer. Kemudian biarkan supaya suhu tabung piknometer sama dengan suhu ruangan lalu timbang. Selanjutnya isi tabung pioknometer dengan air suling sampai leher tabung piknometer lalu timbang.

Tabel 5.2 Analisa Berat Jenis Tanah

No.	Item	Saringan 4	Saringan 10
1	Berat Pikno + contoh (W2)	312,5	297,5
2	Berat Pikno (W1)	203	200,5
3	Berat tanah ($W_t = W_2 - W_1$)	109,5	97
4	Temperatur	32	32
5	Berat Pikno + Air + tanah pada temperatur 20C (W3)	847,5	863,5
6	Berat Pikno + Air pada temperatur 20C (W4)	779,5	804,5
7	$W_5 = W_t + W_4$	889	901,5
8	Isi tanah ($W_5 - W_3$)	41,5	38
9	Berat Jenis (Gs)	2,639	2,553
10	Rata - rata	2,596	

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.3 Klasifikasi Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (gr/cm^3)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Tak Organik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Tak Organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,8

(Sumber : Hary Christady Hardiyatmo, 1992)

Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan, berat jenis tanah tanpa bahan tambahan di Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten yaitu 2,596, dan termasuk kedalam golongan tanah lempung organik.

5.2.3. Batas Cair

Pengujian batas cair bertujuan untuk mengetahui transisi kadar air dari keadaan plastis ke keadaan cair. Menurut SNI 1967-2008 benda uji yang digunakan yaitu tanah dalam kondisi kering oven yang lolos saringan no. 40 (0,425 mm), untuk setiap pengujian batas cair tanah yang diperlukan sebanyak 50 gram.

Pengujian batas cair dilakukan dengan menggunakan alat cassagrande, dengan mencampurkan tanah dengan air suling dan diaduk didalam cawan porselen hingga tanah dan air menjadi homogen. Kemudian tanah diletakkan diatas alat cassagrande lalu diratakan dengan ketebalan ± 1 cm dengan menggunakan spatula. Kemudian menggunakan alat grooving tool untuk membuat alur sehingga sampel tanah terbagi menjadi 2 bagian dengan sama rata. Setelah itu dilakukan pengujian dengan cara memutar engkol sampai mangkok terketuk supaya kedua sisi sampel menyatu dengan kecepatan 2 putaran per detik. Setelah itu mencatat jumlah ketukan yang diperlukan untuk sampel menyatu. Jika jumlah ketukan melebihi 50 ketukan maka pengujian harus diulang dari awal dengan menambahkan sedikit air suling. Kemudian sampel tanah diambil dan dimasukkan kedalam cawan kemudian ditimbang lalu dimasukkan kedalam oven selama 24 jam. Setelah 24 jam timbang Kembali sampel tanah.



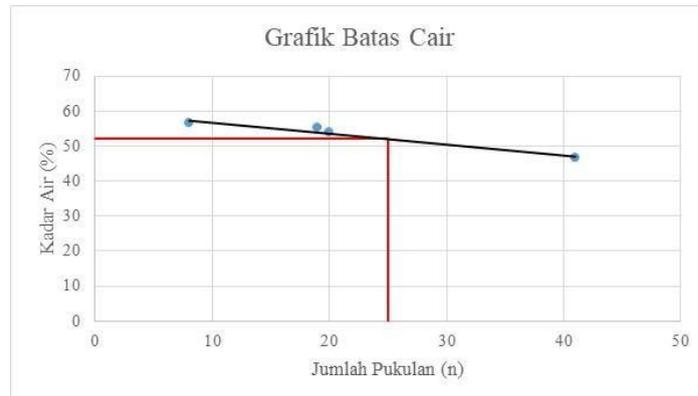
Gambar 5.7 Pengujian Batas Cair Tanah

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.4 Analisa Batas Cair Tanah

Pengujian	Simbol	Batas Cair			
Nomor Cawan		1	2	3	4
Banyak Pukulan	n	8	19	20	41
Berat Cawan + Tanah Basah (gram)	W2	26,13	26,8	31	29
Berat Cawan + Tanah Kering (gram)	W3	18,4	19,05	21,58	20,97
Berat Tanah Basah (gram)	$W4 = W2 - W1$	21,41	21,8	26,9	25,23
Berat Tanah Kering (gram)	$W5 = W3 - W1$	13,68	14,05	17,48	17,2
Berat Air (gram)	$W6 = W4 - W5$	7,73	7,75	9,42	8,03
Berat Cawan (gram)	W1	4,72	5	4,1	3,77
Kadar Air	$w = (W6/W5) \times 100\%$	56,506	55,160	53,890	46,686
Batas Cair	LL	52			

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Jumlah Ketukan

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian tanah pada Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten memiliki nilai batas cair yang didapat dari grafik sebesar 52%. Nilai batas cair ini tentunya masih tinggi yang bisa mengakibatkan kurangnya kekuatan untuk menahan beban jika terjadi deformasi.

5.2.4. Batas Plastis

Batas plastis dilakukan pengujian untuk mengetahui kadar air kedudukan antara daerah plastis dan semi padat. Menurut SNI 1966-2008 benda uji yang digunakan

yaitu tanah dalam kondisi kering oven yang lolos saringan no.40 (0,425 mm) sebanyak 50 gram.

Pengujian batas plastis dilakukan dengan cara mencampurkan sampel tanah dengan air suling kedalam cawan porselen, setelah itu diaduk hingga sampel tanah menjadi homogen. Kemudian sampel tanah digulung diatas pelat kaca sampai berbentuk batang yang memiliki diameter 3 mm. Sampel tanah yang sudah digulung dimasukkan kedalam cawan dan ditimbang, lalu dimasukkan kedalam oven selama 24 jam. Sampel tanah dikeluarkan dan ditimbang untuk mengetahui kadar airnya.



Gambar 5.9 Pengujian Batas Plastis Tanah

(Sumber : Data Penulis, 2022)

Tabel 5.5 Analisa Batas Plastis Tanah

No.	Pengujian	Simbol	Batas Plastis		
			1	2	3
1	Nomor Cawan				
2	Berat Cawan + Tanah Basah (gram)	W2	13,42	13,47	13,5
3	Berat Cawan + Tanah Kering (gram)	W3	12,25	12,13	12,31
4	Berat Tanah Basah (gram)	$W4 = W2 - W1$	5,18	5,09	5,39
5	Berat Tanah Kering (gram)	$W5 = W3 - W1$	3,83	3,75	3,99
6	Berat Air (gram)	$W6 = W4 - W5$	1,35	1,34	1,4
7	Berat Cawan	W1	8,42	8,38	8,32
8	Kadar Air	$W = (W6/W5) \times 100\%$	35,248	35,733	35,088
9	Plastic Limit	PL	35,356		
10	Index Plasticity	PI	16,644		

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian batas plastis diketahui nilai batas plastis tanah asli Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten adalah 35,356%.

5.2.5. Indeks Plastisitas

Berdasarkan dengan pengujian sebelumnya didapatkan nilai batas cair dan batas plastis, maka nilai indeks plastisitas dapat diketahui. Indeks plastisitas merupakan selisih antara nilai batas cair dengan nilai batas plastis. Berikut merupakan nilai indeks plastisitas dari sampel tanah Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten.

$$\begin{aligned} \text{PI} &= \text{LL} - \text{PL} & (5.1) \\ \text{PI} &= 52\% - 35,36\% \\ \text{PI} &= 16,64\% \end{aligned}$$

Tabel 5.6 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 Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

Berdasarkan nilai indeks plastisitas dapat menentukan sifat, jenis, dan kohesi tanah menurut Hardiyatmo, H.C. Berdasarkan data perhitungan indeks plastisitas dapat disimpulkan bahwa tanah pada Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten termasuk kedalam tanah berplastisitas tinggi dengan macam tanah lempung berlanau.

5.2.6. Berat Isi

Menurut SNI 03-3637-1994 pengujian berat isi tanah benda uji yang digunakan berupa sampel tanah asli ataupun tanah tidak asli yang dicetak di cetakan benda uji. Setiap pengujian hanya menggunakan satu benda uji. Pengujian ini dilakukan

dengan cara mengeluarkan sampel tanah asli, lalu tanah dimasukkan ke dalam cawan benda uji, kemudian ratakan kedua ujungnya. Selanjutnya catat data yang diperlukan seperti berat cetakan benda uji, berat cetakan dan sampel tanah, kemudian tanah dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam. Setelah itu sampel dikeluarkan dari oven dan ditimbang berat cetakan dan benda uji setelah dioven untuk mengetahui kadar air yang ada.

Tabel 5.7 Analisa Berat Isi Tanah

No	Item	Simbol	Satuan	Nilai
1	No. Ring	No	-	1
2	Tinggi Ring	T	cm	1,914
3	Diameter Ring	D	cm	6,4
4	Volume Ring	V	cm ³	61,598
5	Berat Ring	W1	gram	52
6	Berat Tanah Basah + Ring	W2	gram	144,5
7	Berat Tanah Kering + Ring	W3	gram	121
8	Berat Tanah Basah	$W_{tb} = W2 - W1$	gram	92,5
9	Berat Tanah Kering	$W_s = W3 - W1$	gram	69
10	Berat Air	$W_w = W_{tb} - W_s$	gram	23,5
11	Kadar Air	$W_n = (W_w/W_s) \times 100\%$	%	34,1
12	Berat Isi Tanah	$Y_n = W_s / V$	gram/cm ³	1,13
13	Berat Isi Kering	$Y_d = Y_n / (1 + W_n)$	gram/cm ³	0,836

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian Berat Isi Tanah yang dilakukan, diketahui bahwa nilai kadar air sebesar 34,1%, berat isi tanah sebesar 1,12 gram/cm³ dan berat isi kering tanah sebesar 0,836 gram/cm³.

5.2.7. Analisa Besar Butir

Analisa besar butir sangat penting untuk dilakukan pengujian karena pengujian ini berfungsi untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah yang digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah. Berdasarkan SNI 3423-2008 sampel tanah untuk pengujian menggunakan tanah yang sudah dikeringkan dalam oven sebesar ±500 gram.

Sebelum dilakukan pengujian siapkan tanah dengan kondisi kering oven yang telah dioven selama 24 jam. Pengujian ini menggunakan alat *sieve shaker* untuk mengguncang dari saringan yang ada supaya sampel tanah terdistribusi dengan baik. Sebelum melakukan pengujian saringan ditimbang terlebih dahulu kemudian disusun dengan berurutan dari diameter saringan terbesar hingga terkecil yaitu saringan No. 4, No. 8, No. 10, No. 16, No. 30, No. 40, No. 50, No. 100, N0. 200, dan pan. Kemudian tanah dimasukkan kedalam saringan dan diguncangkan dengan alat *sieve shaker* selama 15 menit. Setelah selesai timbang saringan beserta benda ujinya. Berikut merupakan hasil perhitungan untuk penentuan analisa besar butir tanah :

Tabel 5.8 Analisa Besar Butir Tanah

No	No. Saringan (mm)	Diameter Saringan	Berat Saringan (gr)	Saringan + Benda Uji (gr)	Tanah Diatas (gr)	Berat Diatas (%)	Jumlah Diatas (%)	Berat Lewat Ayakan (%)
1	4	4,75	430	430	0	0	0	100
2	8	2,36	249	259	10	2	2	98
3	10	2,00	388	400	12	2,4	4,4	95,6
4	16	1,18	417	422	5	1	5,4	94,6
5	30	0,80	414	421	7	1,4	6,8	93,2
6	40	0,43	240	278	38	7,6	14,4	85,6
7	50	0,30	402	419	17	3,4	17,8	82,2
8	100	0,15	401	431	30	6,0	23,8	76,2
9	200	0,08	185	306	121	24,2	48	52
10	pan	0,00	454	714	260	52	100	0
Jumlah					500	100		

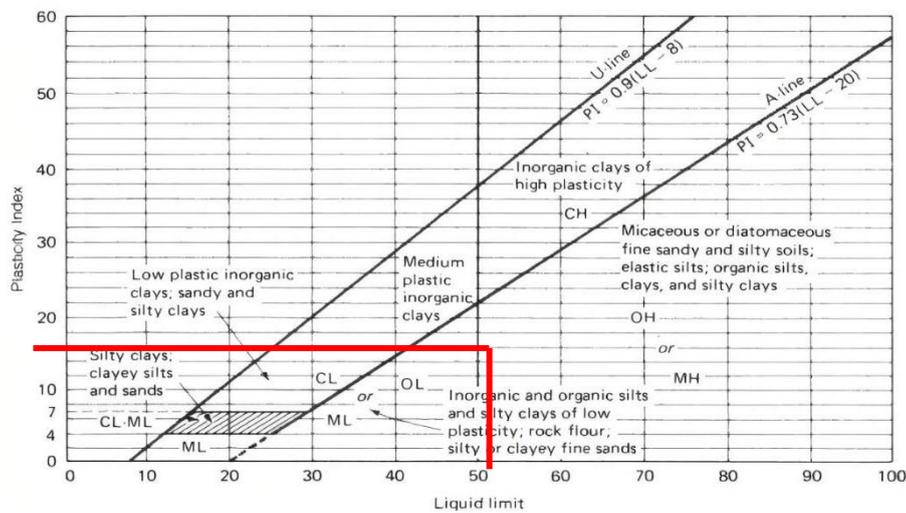
(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan Siten Klasifikasi Tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah yang lolos saringan no. 200 lebih dari 50% maka tanah dikategorikan sebagai tanah berbutir halus, sehingga tanah yang digunakan untuk penelitian ini termasuk ke dalam kategori tanah berbutir halus dengan persentase tanah yang lolos saringan no. 200 sebesar 52%.

5.2.8. Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem USCS menggunakan sifat-sifat indeks tanah sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair, dan indeks plastisitas (Hardiyatmo dkk., 1992). Dari pengujian yang telah dilakukan sebelumnya didapat data sebagai berikut :

- Pengujian analisa saringan dengan jumlah tanah yang lolos saringan No. 200 yaitu 52%, sehingga tanah yang lolos lebih dari 50% dikategorikan sebagai tanah berbutir halus.
- Nilai dari pengujian batas cair didapatkan sebesar 52%.
- Nilai indeks plastisitas yang didapatkan dari pengujian sebelumnya sebesar 16,644%.



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

Berdasarkan dengan data yang telah ada kemudian dicocokkan dengan tabel sistem klasifikasi tanah USCS yang diperoleh dari Kampung Kukul, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten sebagai tanah OH, yaitu lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi.

Tabel 5.9 Sistem Klasifikasi Tanah USCS (*Unified Soil Classification System*)

Prosedur Klasifikasi		Simbol	Nama Jenis
Tanah Berbutir Halus (Lebih dari 50% lolos pada)	Lanau bercampur lempung	ML	Lanau tak organik dengan sedikit pasir halus, bubuk batu, atau pasir halus berlempung dengan sedikit palstis
		CL	Lanau berlempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lanau bercampur lempung, pasir halus

dengan batas cair (Liquid Limit) kurang dari 50%	OL	Lanau organik atau lanau berlempung organik dengan plastisitas rendah sedang
	MH	Lempung tak organik, lempung bercampur lanau, pasir halus
Lempung bercampur lanau dengan batas cair lebih dari 50%	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi
	PT	Humus dan tanah dengan kadar organik tinggi

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

5.2.9. Pemadatan

Pengujian pemadatan tanah dilakukan dengan menggunakan metode *standard proctor test*. Pengujian pemadatan tanah dilakukan untuk menentukan nilai berat isi kering maksimum dan mengetahui kadar air optimum. Berdasarkan dengan SNI 1742-2008 terdapat 4 cara untuk melakukan pemadatan tanah. Untuk pengujian ini dilakukan dengan menggunakan cara A, benda uji tanah yang digunakan yaitu tanah yang lolos saringan No. 4 sebanyak 2500 gram dengan kondisi tanah kering oven. Setiap pengujian menggunakan 5 sampel dengan penambahan air yang bervariasi. Kemudian tanah dicampurkan dengan air dan diaduk supaya sampel menjadi homogen, setelah itu dimasukkan kedalam mold. Selanjutnya tanah dipadatkan menjadi 3 lapisan, setiap lapisan ditumbuk menggunakan penumbuk sebanyak 25 kali tumbukan. Pemadatan tanah dilakukan disetiap variasi campuran sehingga dilakukan pemadatan pada tiap campuran untuk mengetahui berat isi kering maksimum dan kadar air optimum tiap campuran.



Gambar 5.11 Pengujian Pemadatan

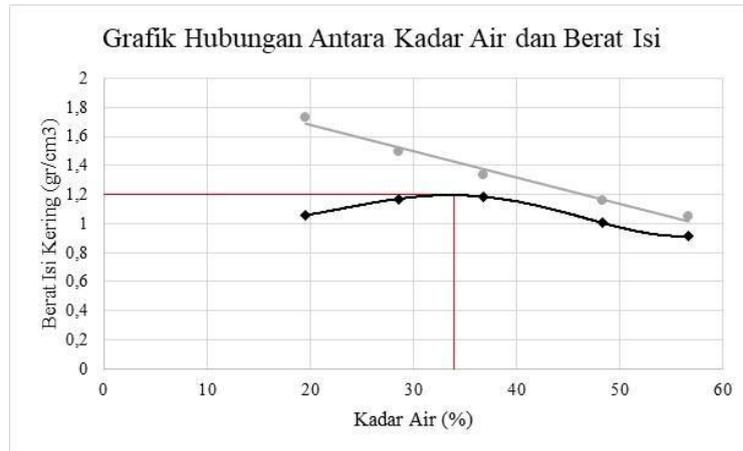
(Sumber : Data Penulis, 2023)

Setelah itu ratakan permukaan sampel menggunakan pisau perata. Selanjutnya menimbang benda uji dengan mold dan mengambil sampel pada bagian atas dan bagian bawah, keringkan sampel di dalam oven selama 24 jam. Lalu sampel ditimbang dengan kondisi kering oven. Hasil pengujian pemadatan diperoleh melalui grafik yang berbentuk parabola dengan hubungan antara kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Kemudian kadar air optimum dan berat isi kering tersebut digunakan untuk mengetahui kebutuhan tanah dan air yang diperlukan dalam pengujian CBR (*California Bearing Ratio*). Berikut adalah data yang didapat dari pengujian pemadatan :

Tabel 5.10 Pemadatan Tanah

Uji ke	1		2		3		4		5	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Sampel Tanah	5	4,83	4,08	3,88	4	4,05	3,92	3,82	3,94	5,19
Cawan + tanah basah, W2 (gram)	35,53	46,05	25,83	26,44	32,67	31,05	44,96	50	60,57	59,73
Cawan + tanah kering, W3 (gram)	30,55	39,32	21,05	21,36	24,88	23,87	31,54	35	39,93	40,15
Tanah basah, W4 = W2 - W1 (gram)	30,53	41,22	21,75	22,56	28,67	27	41,04	46,18	56,63	54,54
Tanah kering W5 = W3 - W1 (gram)	25,55	34,49	16,97	17,48	20,88	19,82	27,62	31,18	35,99	34,96
Massa air, W6 = W4 - W5 (gram)	4,98	6,73	4,78	5,08	7,79	7,18	13,42	15	20,64	19,58
Kadar air, $w = (W6/W5) \times 100\%$	0,194912	0,195129	0,281674	0,290618	0,373084	0,36226	0,48588	0,48108	0,57349	0,56007
Kadar Air rata-rata, waverage %	0,19502048		0,286145695		0,367672317		0,483478706		0,566780643	

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Isi Kering

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan grafik 5.14, dapat disimpulkan bahwa sampel tanah pada Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten memiliki nilai berat isi kering maksimum sebesar 1,2% dan nilai kadar air optimum sebesar 34%. Nilai berat isi kering maksimum akan digunakan untuk menentukan jumlah tanah pengujian CBR sedangkan kadar air optimum akan digunakan untuk penambahan air pada pengujian CBR.

5.2.10. Pengujian DCP

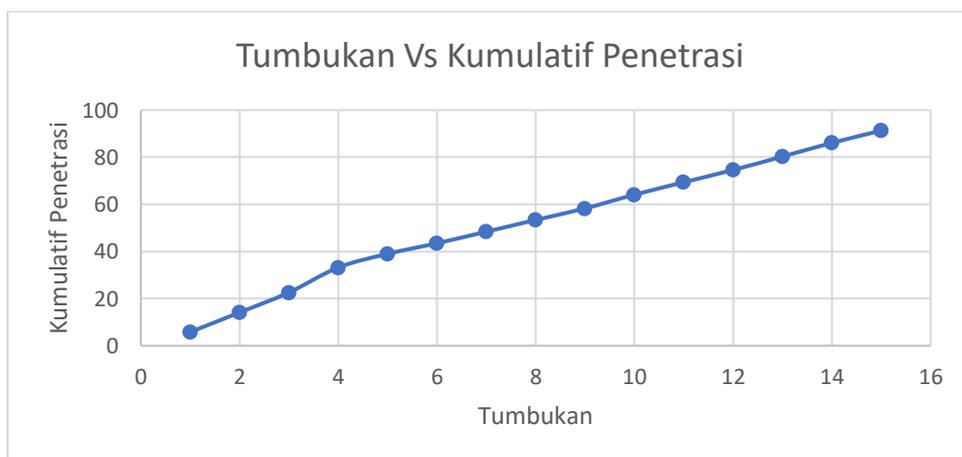
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan lapis fondasi jalan dan tanah dasar. DCP dijadikan sebagai alternatif apabila pengujian CBR Lapangan tidak memungkinkan untuk dilakukan. Pengujian ini dilakukan menggunakan batang silinder berdiameter 16 mm dan terdapat konus di ujungnya. Alat terpasang tegak lurus di atas permukaan tanah. Kemudian dilakukan penetrasi dengan cara ditumbuk menggunakan penumbuk bermassa 8 kg mulai dari permukaan tanah hingga kedalaman ± 90 cm. Lalu mencatat kedalaman di setiap tumbukannya. Dan setelah selesai, keluarkan batang penetrasi dengan menumbukkan pegangan dengan penumbuk hingga ke permukaan. Berikut perhitungan untuk hasil pengujian DCP.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian DCP Titik 1

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	5,8	5,8	5,8	60,87	3
2	5,8	14,1	8,3	14,1		
3	14,1	22,6	8,5	22,6		

4	22,6	33,2	10,6	33,2
5	33,2	39	5,8	39
6	39	43,5	4,5	43,5
7	43,5	48,4	4,9	48,4
8	48,4	53,4	5	53,4
9	53,4	58,3	4,9	58,3
10	58,3	64,1	5,8	64,1
11	64,1	69,4	5,3	69,4
12	69,4	74,6	5,2	74,6
13	74,6	80,3	5,7	80,3
14	80,3	86,1	5,8	86,1
15	86,1	91,3	5,2	91,3

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 1

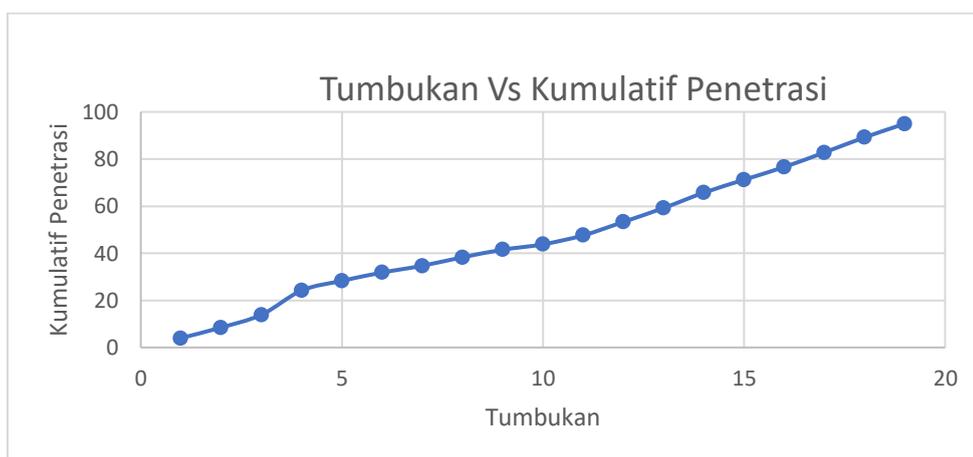
(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.12 Hasil Pengujian DCP Titik 2

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	4	4	4	50	4
2	4	8,5	4,5	8,5		
3	8,5	13,9	5,4	13,9		
4	13,9	24,2	10,3	24,2		
5	24,2	28,3	4,1	28,3		
6	28,3	31,8	3,5	31,8		
7	31,8	34,7	2,9	34,7		
8	34,7	38,3	3,6	38,3		
9	38,3	41,5	3,2	41,5		
10	41,5	43,8	2,3	43,8		
11	43,8	47,6	3,8	47,6		
12	47,6	53,3	5,7	53,3		

13	53,3	59,2	5,9	59,2
14	59,2	65,7	6,5	65,7
15	65,7	71,2	5,5	71,2
16	71,2	76,6	5,4	76,6
17	76,6	82,8	6,2	82,8
18	82,8	89,2	6,4	89,2
19	89,2	95	5,8	95

(Sumber : Data Penulis, 2023)



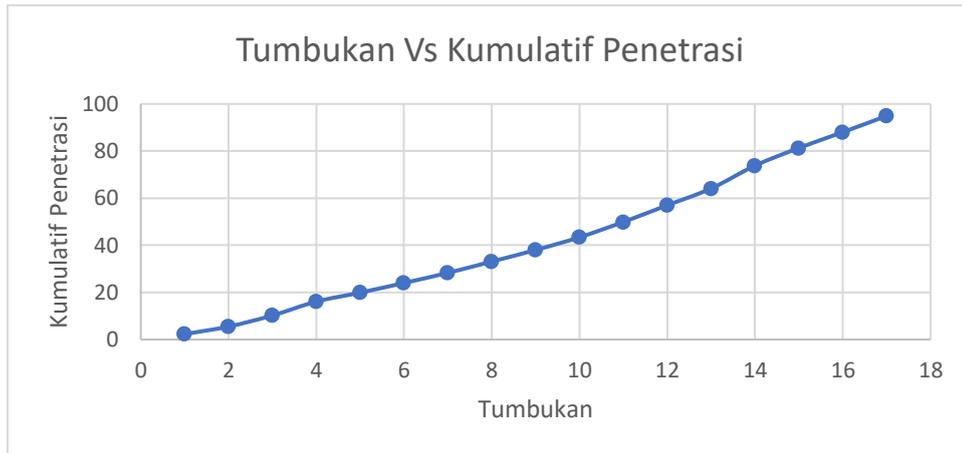
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 2

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.13 Hasil Pengujian DCP Titik 3

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	2,3	2,3	2,3	55,824	3,5
2	2,3	5,5	3,2	5,5		
3	5,5	10,2	4,7	10,2		
4	10,2	16,1	5,9	16,1		
5	16,1	19,9	3,8	19,9		
6	19,9	24	4,1	24		
7	24	28,3	4,3	28,3		
8	28,3	33,1	4,8	33,1		
9	33,1	38	4,9	38		
10	38	43,4	5,4	43,4		
11	43,4	49,9	6,5	49,9		
12	49,9	57	7,1	57		
13	57	64,1	7,1	64,1		
14	64,1	73,8	9,7	73,8		
15	73,8	81,3	7,5	81,3		
16	81,3	88	6,7	88		
17	88	94,9	6,9	94,9		

(Sumber : Data Penulis, 2023)



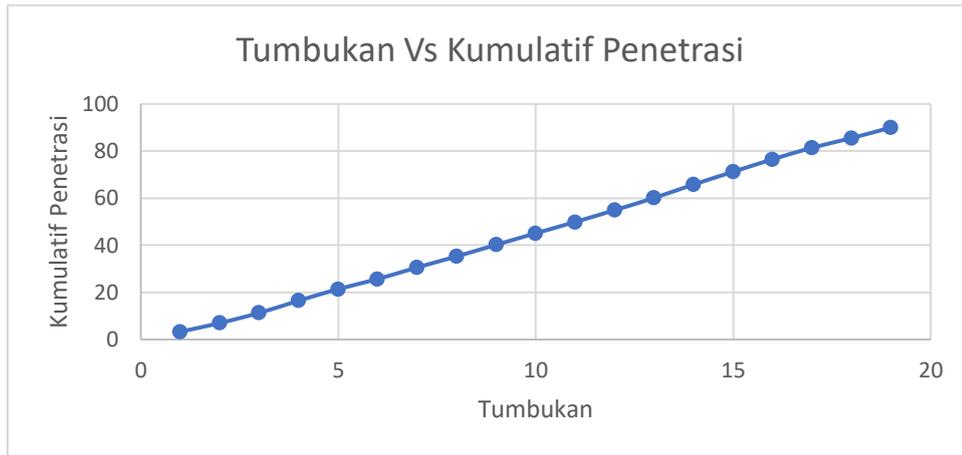
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 3

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.14 Hasil Pengujian DCP Titik 4

Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	3,3	3,3	3,3	47,368	4,1
2	3,3	7	3,7	7		
3	7	11,3	4,3	11,3		
4	11,3	16,5	5,2	16,5		
5	16,5	21,4	4,9	21,4		
6	21,4	25,7	4,3	25,7		
7	25,7	30,6	4,9	30,6		
8	30,6	35,3	4,7	35,3		
9	35,3	40,2	4,9	40,2		
10	40,2	45,1	4,9	45,1		
11	45,1	49,9	4,8	49,9		
12	49,9	54,9	5	54,9		
13	54,9	60,1	5,2	60,1		
14	60,1	65,8	5,7	65,8		
15	65,8	71,2	5,4	71,2		
16	71,2	76,5	5,3	76,5		
17	76,5	81,4	4,9	81,4		
18	81,4	85,5	4,1	85,5		
19	85,5	90	4,5	90		

(Sumber : Data Penulis, 2023)



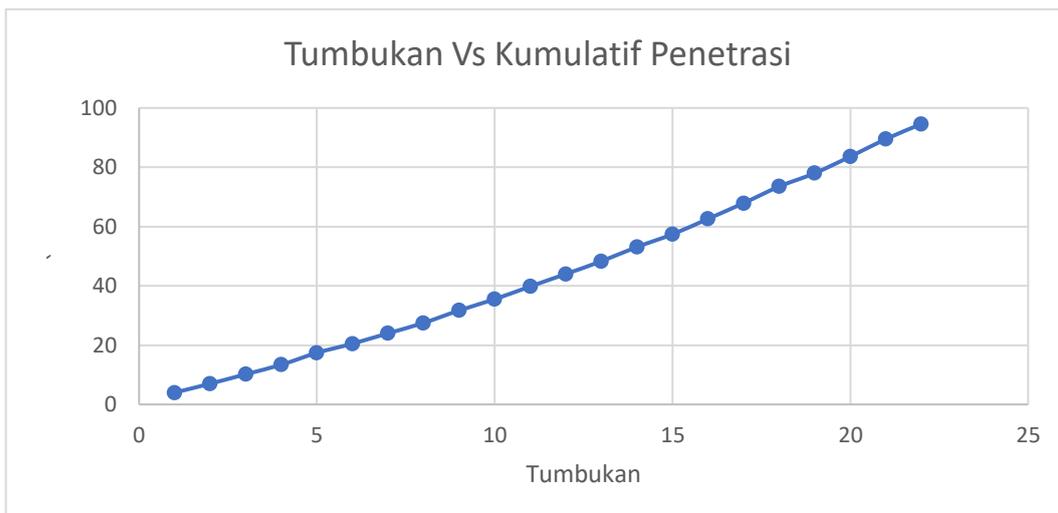
Gambar 5.16 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 4

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.15 Hasil Pengujian DCP Titik 5

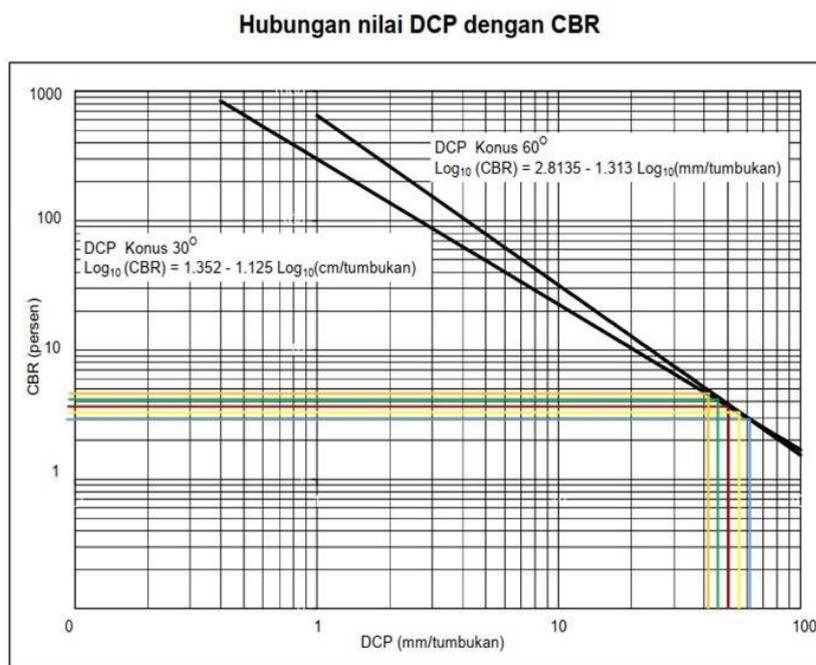
Tumbukan	angka DCP		selisih (cm)	kumulatif penetrasi (cm)	DCP (mm/tumbukan)	CBR (%)
	X0 (cm)	X1 (cm)				
1	0	4	4	4	43	4,5
2	4	7	3	7		
3	7	10,2	3,2	10,2		
4	10,2	13,4	3,2	13,4		
5	13,4	17,4	4	17,4		
6	17,4	20,5	3,1	20,5		
7	20,5	24	3,5	24		
8	24	27,5	3,5	27,5		
9	27,5	31,7	4,2	31,7		
10	31,7	35,5	3,8	35,5		
11	35,5	39,8	4,3	39,8		
12	39,8	44	4,2	44		
13	44	48,3	4,3	48,3		
14	48,3	53,1	4,8	53,1		
15	53,1	57,4	4,3	57,4		
16	57,4	62,6	5,2	62,6		
17	62,6	67,9	5,3	67,9		
18	67,9	73,5	5,6	73,5		
19	73,5	78	4,5	78		
20	78	83,6	5,6	83,6		
21	83,6	89,5	5,9	89,5		
22	89,5	94,6	5,1	94,6		

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.17 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi Titik 5

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.18 Grafik Hubungan Antara Banyak Tumbukan dengan Kumulatif Penetrasi

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Hasil pengujian sampel tanah Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten dilakukan sebanyak 5 titik yang memiliki nilai CBR dengan rata-rata 3,8%. Berdasarkan Revisi Manual Desain Perkerasan Jalan (2017) Nomor 02/M/BM/2017 bahwa jika nilai CBR efektif kurang dari 6% maka

diperlukan stabilisasi pada tanah tersebut.

5.2.11. Rekapitulasi Hasil Pengujian Tanah Tanpa Bahan Tambah

Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Pengujian Tanah Tanpa Bahan Tambah

No	Pengujian	Unit	Hasil
1	Kadar Air	%	29,52
2	Berat Jenis Tanah	gram/cm ³	2,596
3	Batas Cair Tanah	%	52
4	Batas Plastis Tanah	%	35,356
5	Indeks Plastisitas Tanah	%	16,644
6	Berat Isi Tanah	gram/cm ³	1,3
7	Analisa Besar Butir Tanah		Tanah Berbutir Halus
8	CBR	%	3,8

(Sumber : Data Penulis, 2023)

5.3. Hasil Pengujian dengan Penambahan Serbuk Kaca dan Gypsum

Penelitian ini dilakukan dengan dengan bahan tambah serbuk kaca dan Gypsum terhadap beberapa pengujian diantaranya berat jenis, batas-batas Atterberg, berat isi, pemadatan, dan CBR. Dengan penambahan sebanyak 0% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 16% serbuk gipsum + 0% serbuk kaca, 4% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 8% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, 12% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca, dan 16% serbuk gipsum + 8% serbuk kaca dapat mengetahui perbedaan perilaku tanah.

5.3.1. Berat Jenis Tanah

Pengujian berat jenis tanah dilakukan dengan menggunakan tanah asli dan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan Gypsum. Sampel tanah yang digunakan yaitu tanah lolos saringan No.4 dan No.10. Berikut adalah hasil pengujian berat jenis tanah.



Gambar 5.19 Grafik Berat Jenis Terhadap Setiap Persentase Bahan Tambah

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.16 Persentase Kenaikan Berat Jenis Tanah

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Kenaikan
0%	0%	2,596	0,000%
0%	4%	2,608	0,479%
0%	8%	2,660	2,481%
0%	12%	2,705	4,161%
0%	16%	2,746	5,670%
8%	4%	2,648	1,899%
8%	8%	2,682	3,196%
8%	12%	2,711	4,289%
8%	16%	2,776	6,667%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan dengan hasil pengujian berat jenis yang sudah dilakukan tanah Kampung Kukulu, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten didapat bahwa nilai berat jenis pada tanah asli memiliki nilai sebesar 2,596 gram/cm³ dan mengalami kenaikan setelah ditambah dengan gipsum menjadi 2,746 gram/cm³ serta ketika ditambah serbuk kaca dan gipsum bertambah menjadi 2,776 gram/cm³. Dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan bahan tambah gipsum

dan kombinasi gipsum dan serbuk kaca akan meningkatkan nilai berat jenisnya. Kenaikan nilai berat jenis tanah ini mengindikasikan bahwa tanah tersebut menjadi lebih padat atau lebih berat dari sebelum ditambahkan bahan campur. Semakin tinggi nilai berat jenis tanah akan membuat tanah semakin stabil. Dengan campuran 16% serbuk gipsum dan 8% serbuk kaca didapatkan kenaikan berat jenis tanah paling tinggi yaitu 2,776 gram/cm³ dengan persentase kenaikan 6,667%.

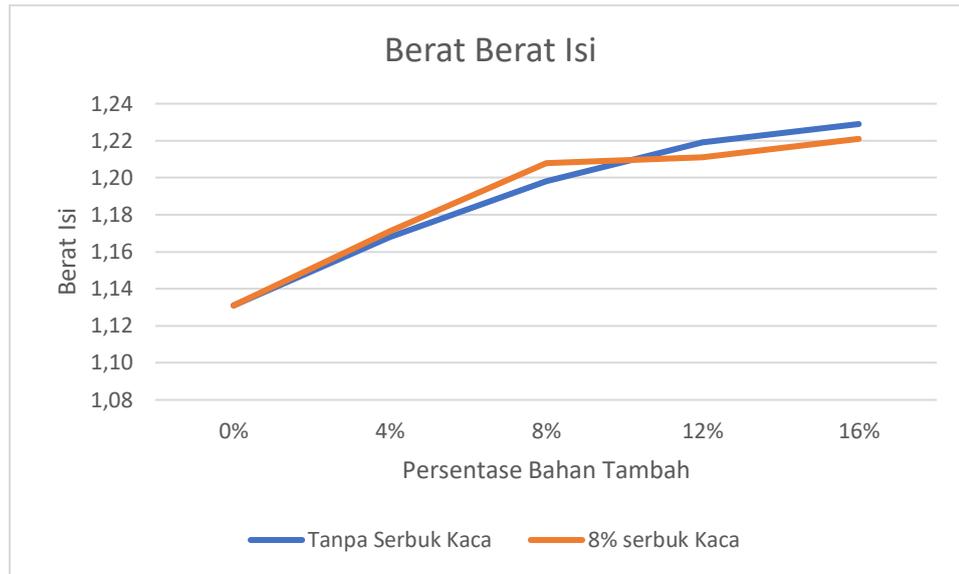
5.3.2. Berat Isi

Pengujian berat isi tanah dilakukan tanah asli ataupun tanah tidak asli yang dicetak dalam cetakan benda uji. Untuk setiap pengujian hanya menggunakan satu benda uji.

Tabel 5.17 Persentase Kenaikan/Penurunan Berat Isi

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gipsum	Nilai	Persentase Kenaikan/ Penurunan
0%	0%	1,13	0,000%
0%	4%	1,17	3,271%
0%	8%	1,20	5,840%
0%	12%	1,22	7,593%
0%	16%	1,23	8,413%
8%	4%	1,17	3,694%
8%	8%	1,21	6,854%
8%	12%	1,21	7,102%
8%	16%	1,22	7,928%

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Berat Isi dengan Persentase Bahan Tambah

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil pengujian berat isi tanah pada setiap variasi campuran diketahui bahwa dengan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gipsum dapat mempengaruhi nilai berat isi tanah dimana nilai berat isi tanah meningkat seiring dengan penambahan serbuk kaca dan gipsum. Nilai berat isi tanah yang mulanya 1,3 gram/cm³ mengalami kenaikan hingga 1,23 gram/cm³ setelah ditambah 16% serbuk gipsum dan mencapai 1,22 gram/cm³ setelah ditambah 16% serbuk gipsum dan 8% serbuk kaca.

5.3.3. Batas Cair

Pengujian batas cair tanah dilakukan dengan menggunakan tanah asli dan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gypsum. Sampel tanah yang digunakan yaitu tanah lolos saringan No. 40. Berikut adalah hasil pengujian batas cair tanah.

Tabel 5.18 Persentase Penurunan Nilai Batas Cair Pemeraman 0 Hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	52,00	0,000%
0%	4%	47,80	8,077%
0%	8%	47,20	9,332%
0%	12%	46,80	10,180%

0%	16%	45,90	12,103%
8%	4%	47,40	8,835%
8%	8%	47,00	9,679%
8%	12%	46,10	11,593%
8%	16%	45,00	13,980%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.19 Persentase Penurunan Nilai Batas Cair Pemeraman 3 Hari

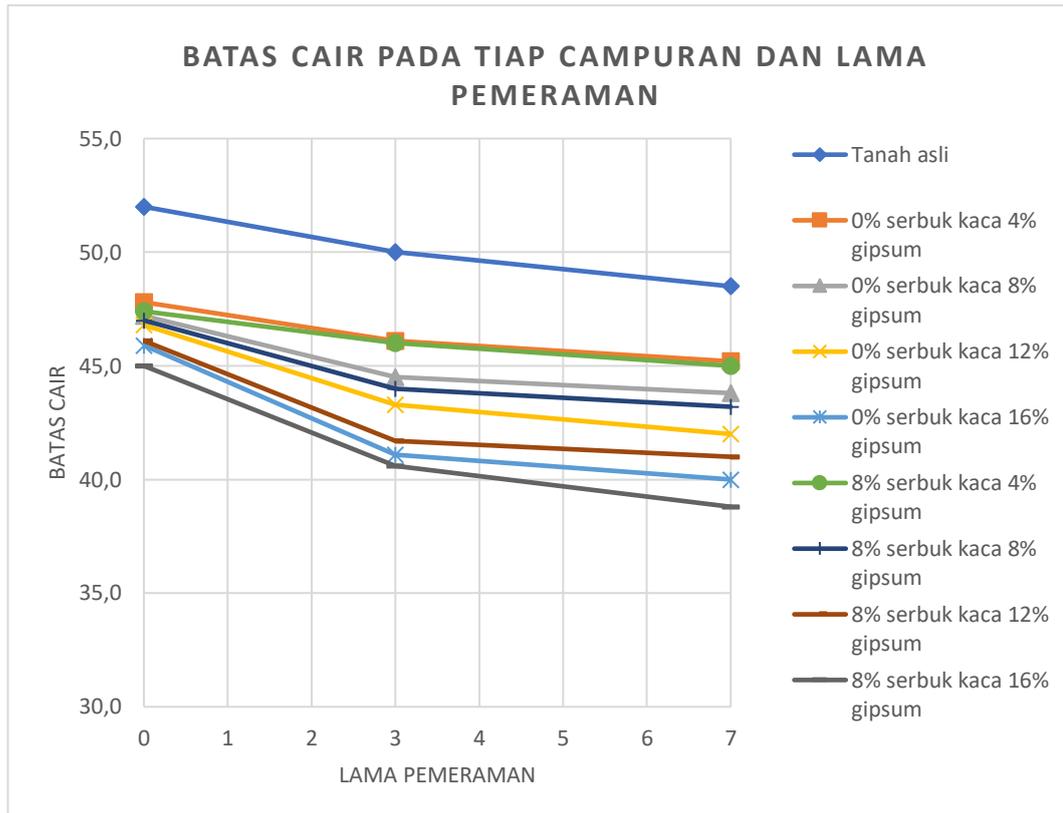
Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	50,00	0,000%
0%	4%	46,10	7,800%
0%	8%	44,50	11,271%
0%	12%	43,30	13,967%
0%	16%	41,10	19,048%
8%	4%	46,00	7,126%
8%	8%	44,00	11,474%
8%	12%	41,70	16,701%
8%	16%	40,60	19,339%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.20 Persentase Penurunan Nilai Batas Cair Pemeraman 7 Hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	48,50	0,000%
0%	4%	45,20	6,804%
0%	8%	43,80	9,901%
0%	12%	42,00	14,011%
0%	16%	40,00	18,773%
8%	4%	45,00	6,273%
8%	8%	43,20	10,273%
8%	12%	41,00	15,366%
8%	16%	38,80	20,731%

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.21 Grafik Batas Cair Terhadap Lama Pemeraman

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan dengan pengujian batas cair yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan bahan tambah gipsum dan serbuk kaca dapat menurunkan nilai batas cair. Lamanya pemeraman dapat mempengaruhi nilai batas cair dimana nilai batas cair setiap pemeraman mengalami penurunan. Penurunan nilai batas cair menunjukkan kemampuan tanah yang semakin tinggi untuk mempertahankan kekuatannya dalam keadaan jenuh air atau kelembaban tinggi. Nilai batas cair terendah yaitu 38,8% dengan bahan tambah kombinasi 16% gipsum dan 8% serbuk kaca dengan lama pemeraman 7 hari. Kombinasi serbuk kaca dan gipsum lebih efektif untuk menurunkan nilai batas cair tanah dibandingkan jika hanya menambahkan serbuk gipsum saja hal ini dikarenakan serbuk kaca dan gipsum memiliki sifat *cementious* yang dimana dapat mengeras dan menambah kekuatan jika dijadikan bahan aditif.

5.3.4. Batas Plastis

Pengujian batas plastis tanah dilakukan dengan menggunakan tanah asli dan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gipsum. Sampel tanah yang

digunakan yaitu tanah lolos saringan No.40. Berikut adalah hasil pengujian batas plastis tanah.

Tabel 5.21 Persentase Penurunan Nilai Batas Plastis Pemeraman 0 Hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	35,36	0.000%
0%	4%	34,93	1,378%
0%	8%	34,20	3,473%
0%	12%	33,80	4,643%
0%	16%	33,40	5,826%
8%	4%	34,84	1,506%
8%	8%	34,00	3,925%
8%	12%	33,40	5,690%
8%	16%	33,00	6,888%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.22 Persentase Penurunan Nilai Batas Plastis Pemeraman 3 Hari

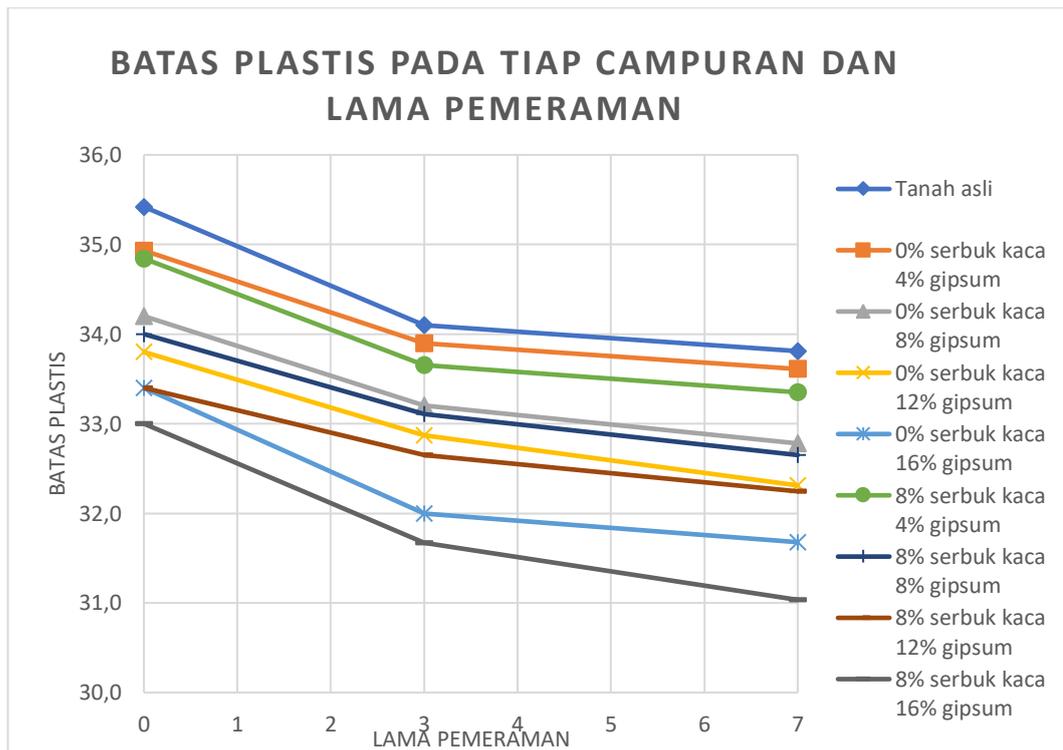
Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	34,10	0,000%
0%	4%	33,90	0,587%
0%	8%	33,20	2,651%
0%	12%	32,87	3,645%
0%	16%	32,00	6,292%
8%	4%	33,65	1,127%
8%	8%	33,11	2,740%
8%	12%	32,65	4,129%
8%	16%	31,67	7,131%

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.23 Persentase Penurunan Nilai Batas Plastis Pemeraman 7 Hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai	Persentase Penurunan
0%	0%	33,81	0,000%
0%	4%	33,61	0,592%
0%	8%	32,78	3,061%
0%	12%	32,31	4,492%
0%	16%	31,68	6,451%
8%	4%	33,35	1,173%
8%	8%	32,65	3,272%
8%	12%	32,25	4,512%
8%	16%	31,03	8,268%

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.22 Grafik Batas Plastis Terhadap Lama Pemeraman

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 5.22 bahwa nilai batas plastis cenderung terus menurun dengan adanya penambahan serbuk kaca dan gipsum dari setiap persentase serta lamanya pemeraman. Hal ini bisa

terjadi karena semakin banyak penambahan serbuk kaca dan gipsum bisa menambahkan nilai kohesi tanah sehingga ikatan antar partikel tanah melekat. Penurunan ini juga diakibatkan adanya proses pemecahan lapisan ganda yang tersebar dan mengakibatkan flokulasi. Hal ini dapat mengurangi sifat plastis pada tanah yang ditunjukkan oleh penurunan indeks plastisitas. Nilai batas plastis terendah yaitu 31,03% dengan bahan tambah kombinasi 16% gipsum dan 8% serbuk kaca dengan lama pemeraman 7 hari. Kombinasi serbuk kaca dan gipsum lebih efektif untuk menurunkan nilai batas plastis tanah dibandingkan jika hanya menambahkan serbuk gipsum saja yang hanya mampu menurunkan nilai batas plastis tanah hingga 31,68% pada tambahan 16% serbuk gipsum dengan lama pemeraman 7 hari.

5.3.5. Indeks Plastisitas

Berdasarkan dengan pengujian sebelumnya didapatkan nilai batas cair dan batas plastis pada tiap variasi campuran, maka nilai indeks plastisitas dapat diketahui. Indeks plastisitas merupakan selisih antara nilai batas cair dengan nilai batas plastis. Berikut merupakan nilai indeks plastisitas dari sampel tanah Kampung Kukul, Desa Parungsari, Kecamatan Sajira, Kabupaten Lebak, Banten.

Tabel 5.24 Nilai Indeks Plastisitas Pemeraman 0 hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gipsum	Nilai Indeks Plastisitas	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0%	0%	16,64	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	4%	12,87	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	8%	13,00	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	12%	13,00	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	16%	12,50	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif

8%	4%	12,56	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	8%	13,00	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	12%	12,70	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	16%	12,00	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.25 Nilai Indeks Plastisitas Pemeraman 3 hari

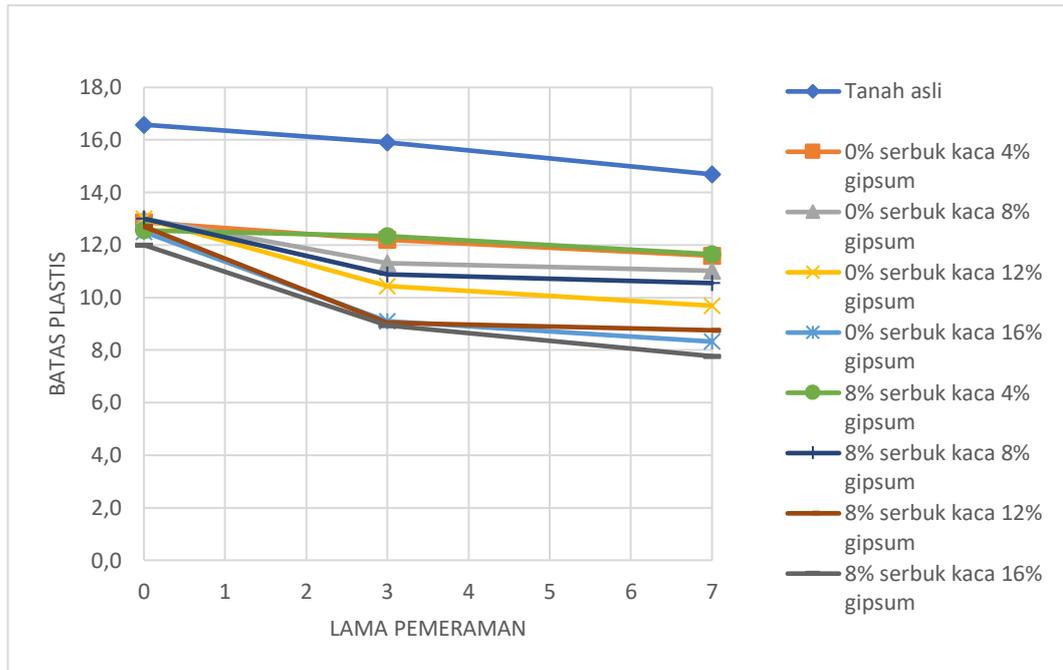
Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai Indeks Plastisitas	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0%	0%	15,90	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	4%	12,20	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	8%	11,30	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	12%	10,43	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	16%	9,10	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	4%	12,35	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	8%	10,89	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	12%	9,05	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	16%	8,93	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.26 Nilai Indeks Plastisitas Pemeraman 7 hari

Variasi Serbuk Kaca	Variasi Gypsum	Nilai Indeks Plastisitas	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0%	0%	14.69	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	4%	11.59	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	8%	11.02	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	12%	9.69	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
0%	16%	8.32	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	4%	11.65	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	8%	10.55	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	12%	8.76	Plastisitas Rendah	Lempung Berlanau	Kohesif
8%	16%	7.77	Plastisitas Tinggi	Lempung Berlanau	Kohesif

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.23 Grafik Indeks Plastisitas Terhadap Lama Pemeraman

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil analisis data pengujian batas cair dan batas plastis diketahui bahwa dengan penambahan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gipsum dapat mempengaruhi penurunan nilai indeks plastisitas. Nilai Indeks Plastisitas terendah didapatkan pada pengujian sampel tanah pada campuran 8% serbuk kaca dan 16% gypsum 7 hari pemeraman dengan nilai Indeks Plastisitas 7,77%. Berkurangnya nilai batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas dapat dipengaruhi oleh dengan pecahnya difus lapisan ganda yang mengelilingi partikel tanah lempung yang mengakibatkan berkurangnya sifat plastisitas (Padmaraj, 2017). Berkurangnya nilai indeks plastisitas bisa terjadi karena serbuk kaca memiliki kandungan SIO₂ yang bisa menyerap kelembapan jika sampel tanah menyerap terlalu banyak air yang menyebabkan kembang susut tanah dapat diminimalisir dan tanah menjadi stabil (Kusuma dkk., 2020).

5.4. California Bearing Ratio (CBR)

California Bearing Ratio merupakan beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kedalaman dan dengan kecepatan penetrasi yang sama. Untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, fondasi, termasuk material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan dan lapangan terbang maka

dilakukan pengujian CBR. Sesuai dengan SNI 1744-2012 pengujian CBR dilakukan sebanyak 3 sampel dengan tumbukan yang berbeda-beda, yakni 10 tumbukan, 30 tumbukan, dan 65 tumbukan. Tanah yang digunakan untuk pengujian ini yaitu tanah dalam kondisi kering udara dan lolos saringan No.4.

Setelah dilakukan pengeringan campurkan bahan aditif berupa serbuk kaca dan gypsum dan air kedalam tanah dan diaduk hingga merata. Kemudian pasang *mold* CBR dan memasukkan pelat alas kedalam *mold* CBR. Masukkan campuran tanah kedalam *mold* CBR lalu ditumbuk dengan menggunakan penumbuk setiap lapisannya. Setiap lapisannya ditumbuk sebanyak 10 tumbukan untuk sampel pertama. Lakukan penumbukan sebanyak 30 dan 65 tumbukan untuk sampel berikutnya. Penumbukan dilakukan sesuai dengan pola tumbukan supaya saat dilakukan pemadatan bisa merata.



Gambar 5.24 Pemadatan Sampel CBR

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Setelah selesai pemadatan sebanyak 3 lapisan lalu lepaskan leher *mold* dan ratakan bagian permukannya. Kemudian lakukan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) di Laboratorium Teknik Sipil Untirta. Untuk sampel CBR dilakukan beberapa pemeraman yaitu 0 hari, 3 hari, dan 7 hari. Pemeraman dilakukan supaya dapat meningkatkan nilai CBR dan dapat meurunkan nilai indeks plastisitas (Kusuma dkk., 2020). Pemeraman 0 hari atau tanpa pemeraman dilakukan pengujian CBR pada hari yang sama sedangkan untuk pemeraman 3 dan 7 hari diperam didalam mold dan dibungkus plastik supaya tanah dapat bereaksi dengan semen slag dan air secara maksimal.

Sampel yang akan diuji ditimbang terlebih dahulu beserta *mold* CBR dan taruh sampel di atas alas CBR. Setelah itu lakukan pengujian dan catat data yang

diperlukan.



Gambar 5.25 Pengujian CBR

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berikut contoh perhitungan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) pada tanah aslidengan pemeraman 0 hari :

Menghitung nilai CBR pada 10 tumbukan

Massa <i> mold</i>	= 4130 gram
Massa <i> mold</i> + benda uji basah	= 7576,5 gram
Massa benda uji basah	= 3446,5 gram
Volume <i> mold</i>	= 2125 cm ³
Densitas basah	= massa benda uji basah/volume <i> mold</i>
	= 3446,5/2125
	= 1,622 gram/cm ³
Densitas kering	= Densitas basah/(1+kadar air)
	= 1,622 gram/cm ³ /(1+25,95%)
	= 1,288 gram/cm ³
Kalibrasi porvig ring	= 16,24 lb
Penetrasi 0,1 inch	= pembacaan arloji x kalibrasi
	= 5,4 x 16,24 lb
	= 87,7 lb
Penetrasi 0,2 inch	= pembacaan arloji x kalibrasi
	= 8 x 16,24 lb
	= 129,92 lb

Berikut ini merupakan table hasil dari pengujian CBR Tanah tanpa menambahkan bahan campuran.

Tabel 5.27 Hasil Pengujian CBR Tanah 10 Tumbukan

Elapsed Time	Proving Ring	Dial Reading	Pressure (lb/sqin)
	Penetration		
Sec	(inch)	I	I
0	0	0	0
15	0,0125	1,6	25,98
30	0,025	3	48,72
60	0,050	4	64,96
90	0,075	4,4	71,46
120	0,100	5,4	87,70
180	0,150	7,2	116,93
240	0,200	8	129,92

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Pehitungan CBR penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch :

$$\begin{aligned}
 \text{CBR 0,1 inch} &= \frac{\text{beban penetrasi}}{3000} \times 100 \\
 &= \frac{87,70}{3000} \times 100 \\
 &= 2,92\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CBR 0,2 inch} &= \frac{\text{beban penetrasi}}{4500} \times 100 \\
 &= \frac{129,92}{4500} \times 100 \\
 &= 2,89\%
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 1744-2012 pada dasarnya *california bearing ratio* dipilih dari penetrasi 0,1 inci, jika CBR pada penetrasi 0,2 inci lebih besar dibandingkan dengan CBR penetrasi 0,1 inci maka CBR wajib diulang. Apabila CBR telah diulang dan memberikan hasil yang sama maka gunakan CBR penetrasi 0,2 inci. Maka untuk nilai CBR tanah asli 10 tumbukan yaitu 2,92%.

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan nilai CBR pada tiap tumbukan berdasarkan variasi persentase penambahan serbuk kaca dan gipsum berdasarkan lama waktu pemeraman.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah Tanpa Bahan Tambah

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	2,92	4,98	5,09
3 hari	3,46	5,74	5,31
7 hari	4,01	5,95	6,5

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.29 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 4% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	10,29	12,43	15,70
3 hari	12,35	15,22	18,78
7 hari	16,8	18,76	21,65

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.30 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	12,44	15,70	17,2
3 hari	16,78	18,77	19,89
7 hari	19,49	22,4	23,4

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.31 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 12% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	13,72	16,21	18
3 hari	16,89	20,11	22,23
7 hari	20,02	22,21	23,7

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.32 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 16% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T

0 hari	13,78	16,5	17,98
3 hari	17,02	19,99	22,34
7 hari	20,14	22,25	23,36

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.33 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 4% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	12,29	14,13	17,20
3 hari	14,31	16,92	19,88
7 hari	18,3	19,96	22,65

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.34 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 8% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	13,43	17,50	18,62
3 hari	17,98	18,7	20,89
7 hari	21,19	22,4	23,46

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.35 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 12% Gypsum

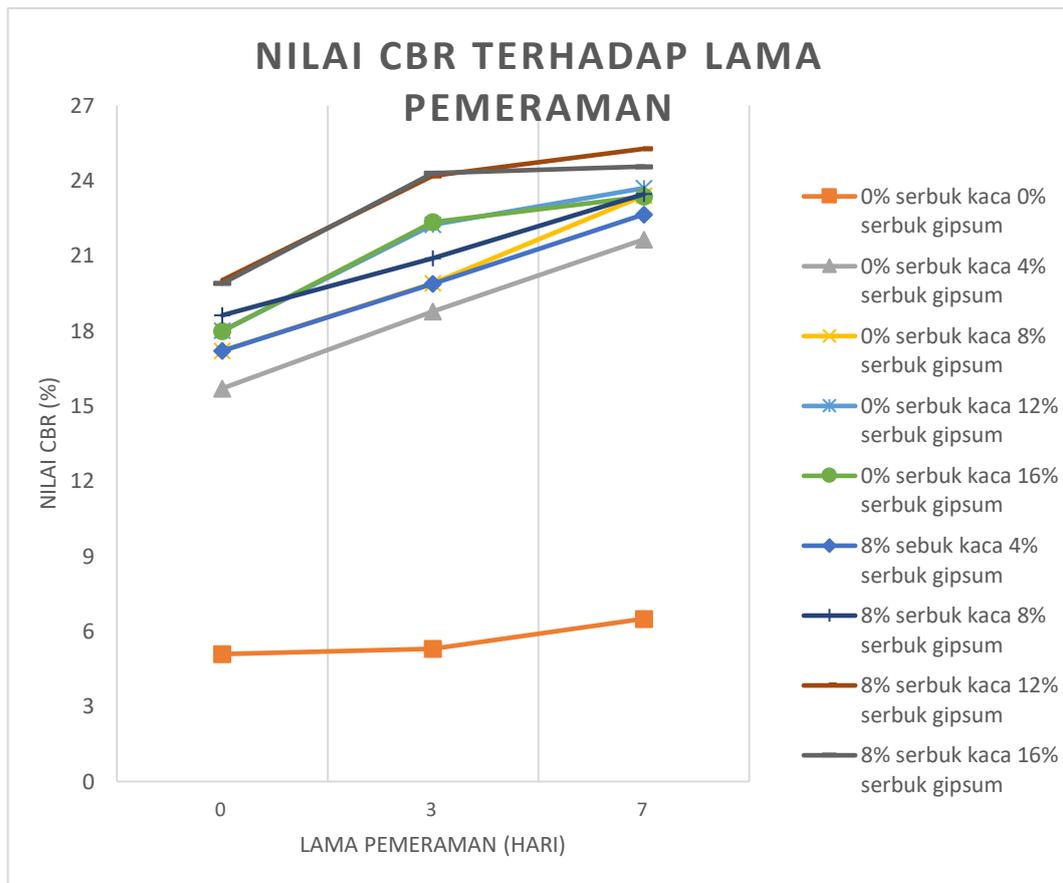
Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	15,62	18,13	20,02
3 hari	18,81	22,13	24,2
7 hari	22,26	24,31	25,27

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Tabel 5.36 Rekapitulasi Nilai CBR Pada Tanah dengan 8% Serbuk Kaca dan 16% Gypsum

Pemeraman	Nilai CBR Tiap Tumbukan (%)		
	10 T	30 T	65 T
0 hari	15,49	18,1	19,89
3 hari	18,02	20,93	24,3
7 hari	22,79	24,18	24,56

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.26 Grafik Hasil CBR

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Berdasarkan Berdasarkan tabel diatas hasil pengujian CBR terus meningkat dengan penambahan baik hanya ditambah gypsum maupun campuran gypsum dan serbuk kaca . Nilai terbesar didapat dengan penambahan serbuk kaca 8% dan gipsum 12% dengan nilai CBR 25,27% dengan waktu pemeraman 7 hari. Serbuk kaca memiliki kandungan silika yang cukup besar yang mampu memperbesar nilai CBR. Selain itu campuran gypsum yang mengandung kapur dapat menyebabkan proses

sementasi. Penggumpalan yang dihasilkan dari sementasi ini meningkatkan ikatan antar butiran. Kemampuan butiran untuk saling mengunci akan tumbuh dengan meningkatnya koneksi antar butiran. Selain itu, ruang pori yang terisi sebagian akan ditutupi oleh zat sementasi yang lebih kuat, mencegah butiran mudah rusak atau cacat oleh efek air (Efendi Situmorang & Ardan, 2019). Lamanya pemeraman juga mempengaruhi terhadap nilai CBR karena proses kimia yang menentukankualitas tanah membutuhkan waktu karena bahan kimia yang terkandung dalam bahan aditif harus terlebih dahulu ada sebelum mereka dapat bereaksi (Efendi Situmorang & Ardan, 2019).

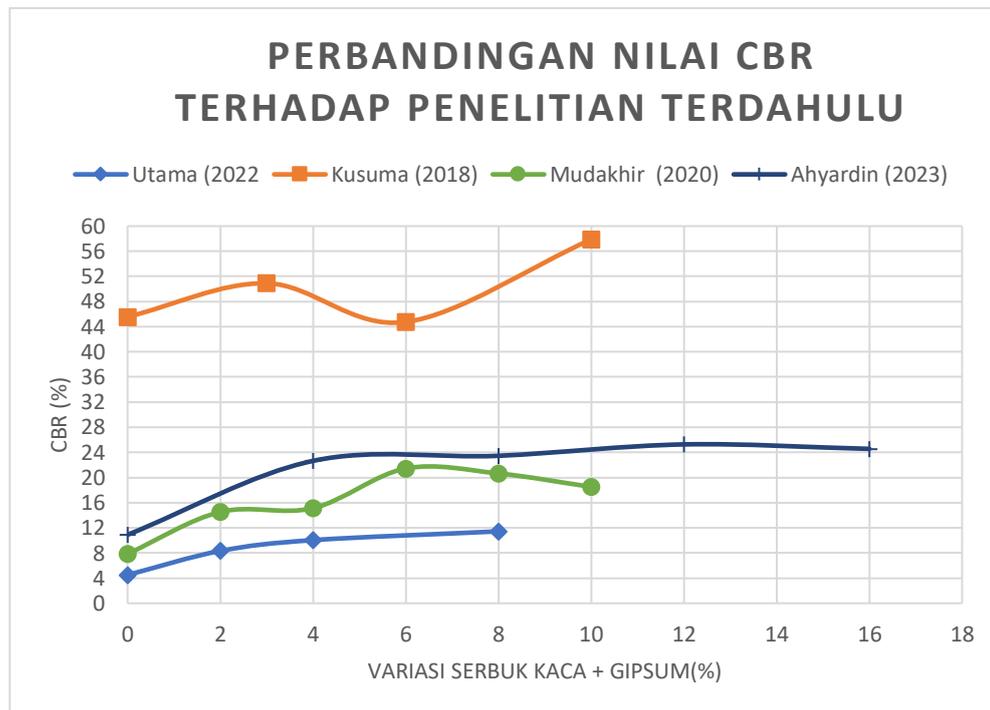
Hasil data ini kemudian akan *positioning* terdahulu untuk memperlihatkan beragam data pengujian dengan menggunakan serbuka kaca dan gipsum. Penelitian Mudakhir, Ibnu (2020) yang menggunakan serbuk kaca dan gipsum untuk melakukan pengujian CBR, Kusuma, R.I. (2018) menggunakan bahan tambah gypsum untuk pengujian CBR *unsoaked*, Utama, D.A. (2022) menggunakan bahan tambah serbuk kaca dan gypsum untuk pengian CBR pada tanah lempung. Berikut merupakan hasil *positioning* dengan penelitian terdahulu :

Tabel 5.37 Positionig Terhadap Penelitian Sebelumnya

Nama Peneliti	Material Sampel CBR	CBR (%)
Muhammad Ahyarudin (2023), bahan : Serbuk Kaca dan Gypsum	tanah asli	10,90
	tanah asli + 8% serbuk kaca + 4% gipsum	22,65
	tanah asli + 8% serbuk kaca + 8% gipsum	23,46
	tanah asli + 8% serbuk kaca + 12% gipsum	25,27
	tanah asli + 8% serbuk kaca + 16% gipsum	24,56
Rama Indera Kusuma, dkk (2018), bahan: Gypsum	tanah asli	45,562
	tanah asli + 3% gipsum	50,898
	tanah asli + 6% gipsum	44,741
	tanah asli + 10% gipsum	57,876
Dimas Anggara	tanah asli	4,511

Utama (2022), bahan : gypsum dan serbuk kaca	tanah asli + 2% SK + 8% LG	8,324
	tanah asli + 4% SK + 8% LG	10,044
	tanah asli + 8% SK + 8% LG	11,439
Ibnu Mudakhir (2020), bahan limbah gypsum, serbuk kaca	tanah + 0% serbuk kaca	7,87
	tanah + 2% serbuk kaca	14,528
	tanah + 4% serbuk kaca	15,124
	tanah + 6% serbuk kaca	21,44
	tanah + 8% serbuk kaca	20,649
	tanah + 10% serbuk kaca	18,52

(Sumber : Data Penulis, 2023)



Gambar 5.27 Grafik Hasil CBR dengan Penelitian Terdahulu

(Sumber : Data Penulis, 2023)

Nilai CBR yang berbeda-beda diakibatkan dengan perbedaan lokasi yang diambil yang mengakibatkan perbedaan karakteristik sifat fisik tanah yang dijadikan sampel penelitian. Pemilihan variasi juga dapat menghasilkan nilai yang berbeda, dengan penambahan serbuk kaca dan gipsium akan menghasilkan nilai CBR yang tinggi, tetapi jika penambahannya terlalu berlebih akan menurunkan nilai CBR. Pemeraman juga dapat mempengaruhi nilai CBR, dengan semakin lama pemeraman yang dilakukan maka proses sementasi akan menjadi optimal sehingga nilai CBR menjadi optimal.