

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan mengenai hasil penelitian serta analisisnya. Rangkuman hasil penelitian disampaikan dalam bentuk tabel dan grafik, sedangkan data detail hasil penelitian dan perhitungan Laboratorium disajikan secara lengkap pada bagian lampiran dari buku ini.

5.1 Hasil Penelitian

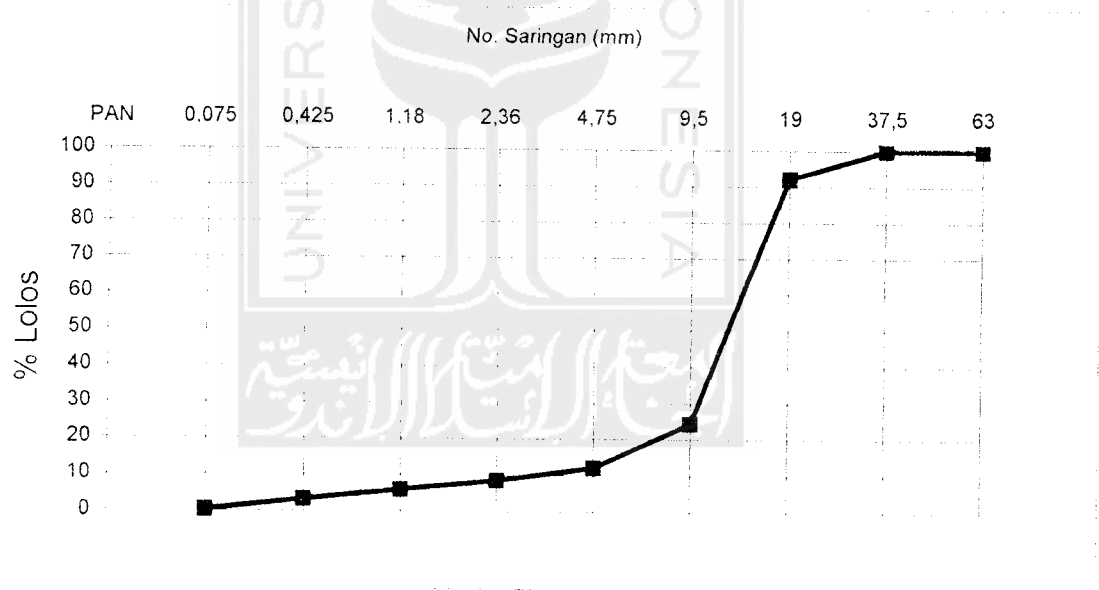
Hasil penelitian di Laboratorium diperoleh dari serangkaian pengujian terhadap agregat sebagai berikut

5.1.1 Analisis Lolos Saringan Untuk Mencari Gradasi

Hasil gradasi berdasarkan analisis lolos saringan dan spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan 5.2 sedangkan grafik gradasi dapat dilihat pada gambar 5.1. selengkapnya hasil analisis saringan dapat dilihat pada lampiran 1.

Tabel 5.1 Hasil Analisa Saringan Batu Kapur

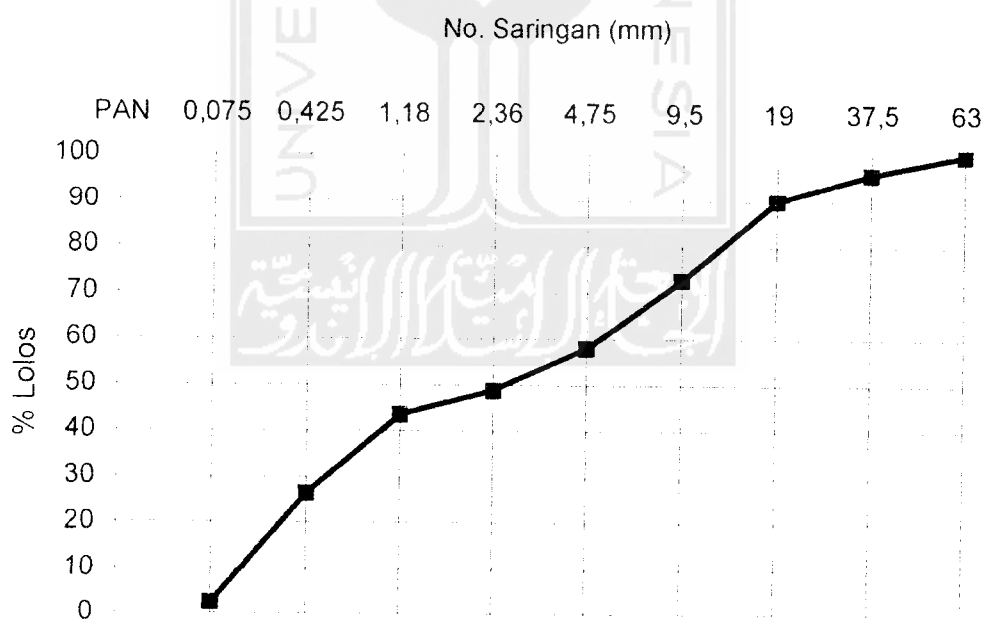
No. Saringan (mm)	Gradasi	
	% Lolos	Spesifikasi (%)
63	100	100
37,5	100	67-100
19,0	92,2	40-100
9,5	24,3	25-80
4,75	12,07	16-66
2,36	8,53	10-55
1,18	5,87	6-45
0,425	3,27	3-33
0,075	0,33	0-20
Pan	5	0



Gambar 5.1 Grafik gradasi kapur

Tabel 5.2 Hasil Analisa Saringan Sirtu (Pasir Batu)

No.Saringan (mm)	Gradasi	
	% Lolos	Spesifikasi (%)
63	100	100
37,5	95,86	67-100
19,0	89,92	40-100
9,5	72,82	25-80
4,75	57,9	16-66
2,36	48,7	10-55
1,18	43,44	6-45
0,425	26,34	3-33
0,075	2,5	0-20
Pan		



Gambar 5.2 Grafik gradasi pasir batu

5.1.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Abrasi Agregat

Hasil pemeriksaan berat jenis agregat dapat dilihat pada tabel 5.3 sedangkan hasil pemeriksaan abrasi dapat dilihat pada table 5.4, selengkapnya pengujian berat jenis agregat dan abrasi dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 5.3 Pengujian Berat Jenis Agregat dan penyerapan

	Kapur	Sirtu	Lempung
Berat jenis (gram/cm ³)	1.362	2.688	2.510
Penyerapan (%)	1.000	3.500	-

Tabel 5.4 Pengujian Abrasi

Jenis Agregat	Hasil abrasi (%)
Kapur	43,96
Sirtu	33,80

5.1.3 Pemeriksaan Indeks Plastisitas Lempung dan campuran

Hasil indeks plastisitas lempung dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 PI &= LL - PL \\
 &= 47,49 - 25,21 \\
 &= 22,28 \%
 \end{aligned}$$

Hasil indeks plastisitas campuran dapat dilihat pada table 5.5

Tabel 5.5 Pengujian Indeks Plastisitas Campuran

Variasi campuran (%)	LL (%)	PL (%)	IP (%)
90K : 0S : 10L	28.11	24.48	3.63
70K : 20S : 10L	24.79	21.08	3.71
45K : 45S : 10L	19.59	11.63	7.96
20K : 70S : 10L	-	-	-
0K : 90S : 10L	-	-	-

5.1.4 Perancangan Komposisi Campuran

Dalam penelitian perancangan komposisi campuran digunakan campuran yang terdiri dari agregat batu kapur : sirtu : lempung dengan komposisi variasi sebagai berikut :

- a. Variasi 90% : 0% : 10%
- b. Variasi 70% : 20% : 10%
- c. Variasi 45% : 45% : 10%
- d. Variasi 20% : 70% : 10%.
- e. Variasi 0% : 90% : 10%.

Hasil gradasi campuran dari masing masing variasi komposisi dapat dilihat pada Tabel 5.6 sampai dengan Tabel 5.10.

Tabel 5.6 Gradasi campuran dengan Perbandingan Sirtu : Batu Kapur : Lempung = 90% : 0% : 10%

% Lolos										
No. Saringan (mm)	%	63	37,5	19,0	9,5	4,75	2,36	1,18	0,425	0,075
Sirtu	100	100	95,86	89,92	72,82	47,9	48,7	43,44	26,34	2,5
Kapur	100	100	100	92,2	24,3	12,07	8,53	5,87	3,27	0,33
Lempung	100	100	100	100	100	100	100	99,08	96,08	78,08
Sirtu	90	90	86,27	80,93	65,54	52,11	43,83	39,095	23,71	2,25
Kapur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lempung	10	10	10	10	10	10	10	9,91	9,61	7,81
Total		100	96,27	90,93	75,54	62,11	53,83	49,005	33,32	10,06
Spesifikasi		100	67-100	40-100	25-80	16-66	10-55	6-45	3-33	0-20

Tabel 5.7 Gradasi campuran dengan Perbandingan Sirtu : Batu kapur : Lempung = 70% : 20% : 10%

% Lolos										
No. Saringan (mm)	%	63	37,5	19,0	9,5	4,75	2,36	1,18	0,425	0,075
Sirtu	100	100	95,86	89,92	72,82	47,9	48,7	43,44	26,34	2,5
Kapur	100	100	100	92,2	24,3	12,07	8,53	5,87	3,27	0,33
Lempung	100	100	100	100	100	100	100	99,08	96,08	78,08
Sirtu	70	70	67,10	62,94	50,97	40,53	34,09	30,41	18,44	1,75
Kapur	20	20	20	18,44	4,86	2,41	1,71	1,17	0,65	0,01
Lempung	10	10	10	10	10	10	10	9,91	9,61	7,81
Total		100	97,10	91,38	65,83	52,94	45,80	41,49	28,70	9,63
Spesifikasi		100	67-100	40-100	25-80	16-66	10-55	6-45	3-33	0-20

Tabel 5.8 Gradasi campuran dengan Perbandingan Sirtu : Batu kapur : Lempung = 45% : 45% : 10%

% Lolos										
No. Saringan (mm)	%	63	37,5	19,0	9,5	4,75	2,36	1,18	0,425	0,075
Sirtu	100	100	95,86	89,92	72,82	47,9	48,7	43,44	26,34	2,5
Kapur	100	100	100	92,2	24,3	12,07	8,53	5,87	3,27	0,33
Lempung	100	100	100	100	100	100	100	99,08	96,08	78,08
Sirtu	45	45	43,14	40,46	32,77	26,06	21,92	19,55	11,85	1,125
Kapur	45	45	45	41,49	10,94	5,43	3,84	2,64	1,47	0,15
Lempung	10	10	10	10	10	10	10	9,91	9,61	7,81
Total		100	98,14	91,95	53,71	41,49	35,76	32,10	22,93	9,085
Spesifikasi		100	67-100	40-100	25-80	16-66	10-55	6-45	3-33	0-20

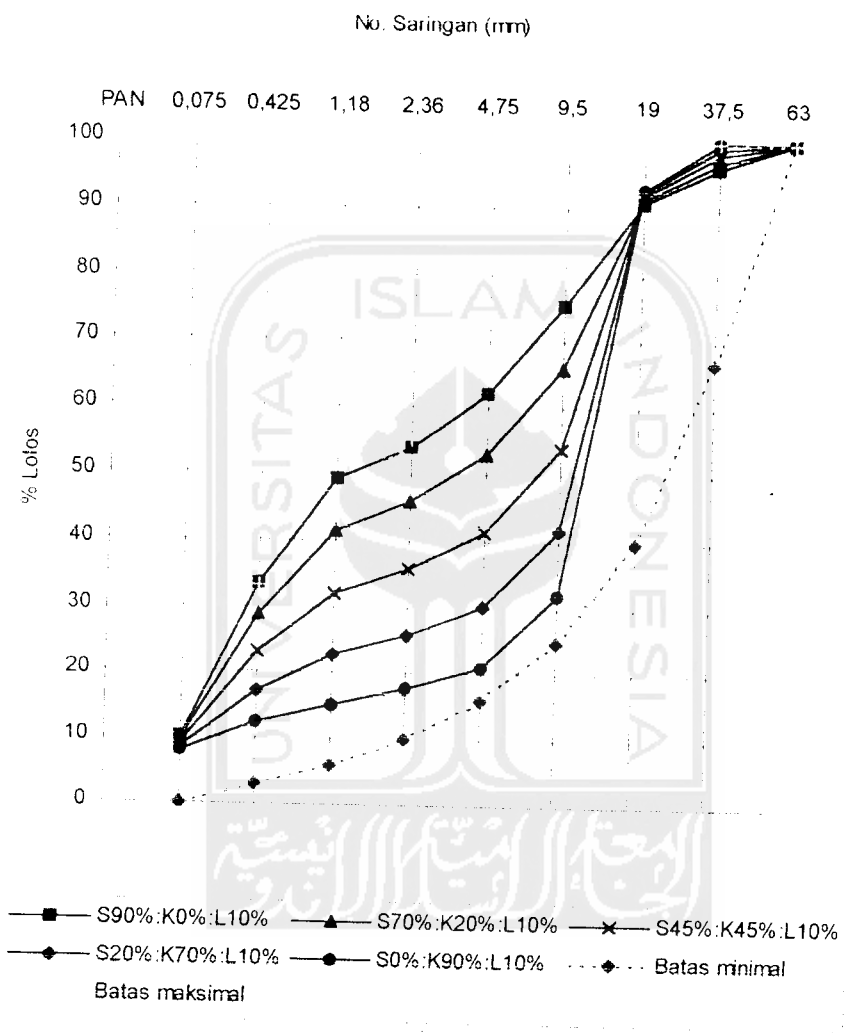
Tabel 5.9 Gradasi campuran dengan Perbandingan Sirtu : Batu kapur : Lempung = 20% : 70% : 10%

% Lolos											
No. Saringan (mm)	%	63	37,5	19,0	9,5	4,75	2,36	1,18	0,425	0,075	
Sirtu	100	100	95,86	89,92	72,82	47,9	48,7	43,44	26,34	2,5	
Kapur	100	100	100	92,2	24,3	12,07	8,53	5,87	3,27	0,33	
Lempung	100	100	100	100	100	100	100	99,08	96,08	78,08	
Sirtu	20	20	19,17	17,98	14,56	11,58	9,74	8,69	5,27	0,5	
Kapur	70	70	70	64,54	17,01	8,45	5,97	4,11	2,29	0,23	
Lempung	10	10	10	10	10	10	10	9,91	9,61	7,81	
Total		100	99,17	92,52	41,57	30,03	25,71	22,71	17,17	8,54	
Spesifikasi		100	67-100	40-100	25-80	16-66	10-55	6-45	3-33	0-20	

Tabel 5.10 Gradasi campuran dengan Perbandingan Sirtu : Batu kapur : Lempung = 0% : 90% : 10%

% Lolos											
No. Saringan (mm)	%	63	37,5	19,0	9,5	4,75	2,36	1,18	0,425	0,075	
Sirtu	100	100	95,86	89,92	72,82	47,9	48,7	43,44	26,34	2,5	
Kapur	100	100	100	92,2	24,3	12,07	8,53	5,87	3,27	0,33	
Lempung	100	100	100	100	100	100	100	99,08	96,08	78,08	
Sirtu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kapur	90	90	90	82,98	21,87	10,86	7,68	5,28	2,94	0,29	
Lempung	10	10	10	10	10	10	10	9,91	9,61	7,81	
Total		100	100	92,98	31,87	20,86	17,68	15,19	12,55	8,00	
Spesifikasi		100	67-100	40-100	25-80	16-66	10-55	6-45	3-33	0-20	

Adapun gambar gradasi untuk masing masing variasi dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.3. Gradasi komposisi campuran

5.1.5 Pengujian Proktor Standar .

Hasil pengujian proktor standar dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan 5.12

Tabel 5.11 Kadar air dan Berat volume kering.

Komposisi Variasi (%)	Kadar Air (%)					Berat Volume Kering (gr/cm ³)				
0 K : 90 S : 10 L	4,12	6,07	8,08	10,03	12,04	1,982	2,026	2,052	1,991	1,88
20 K : 70 S : 10 L	4,07	5,79	8,02	9,78	11,98	1,963	2,018	2,041	2,024	1,933
45 K : 45 S : 10 L	5,16	7,74	10,2	11,93	15,18	1,836	1,994	2,02	1,978	1,866
70 K : 20 S : 10 L	6,22	7,81	9,45	11,8	14,95	1,844	1,896	1,956	1,918	1,813
90 K : 0 S : 10 L	5,1	7,87	9,24	11,79	15,18	1,783	1,88	1,933	1,915	1,774

Tabel 5.12 Pengujian Proktor Standar

Kapur (%)	100 % Agregat		Berat Vol Kering (gr/cm ³)	Kadar Air Opt (%)
	Sirtu (%)	Lempung (%)		
0	90	10	2,0535	7,65
20	70	10	2,041	7,93
45	45	10	2,023	9,60
70	20	10	1,961	10,02
90	0	10	1,944	10,22

5.1.6 Pengujian CBR

Hasil pengujian CBR Laboratorium disajikan dalam tabel 5.13.

Tabel 5.13 Pengujian CBR

Kapur (%)	Komposisi		Nilai CBR (%)
	Sirtu (%)	Lempung (%)	
0	90	10	27.39
20	70	10	35.61
45	45	10	45.00
70	20	10	43.33
90	0	10	27.67

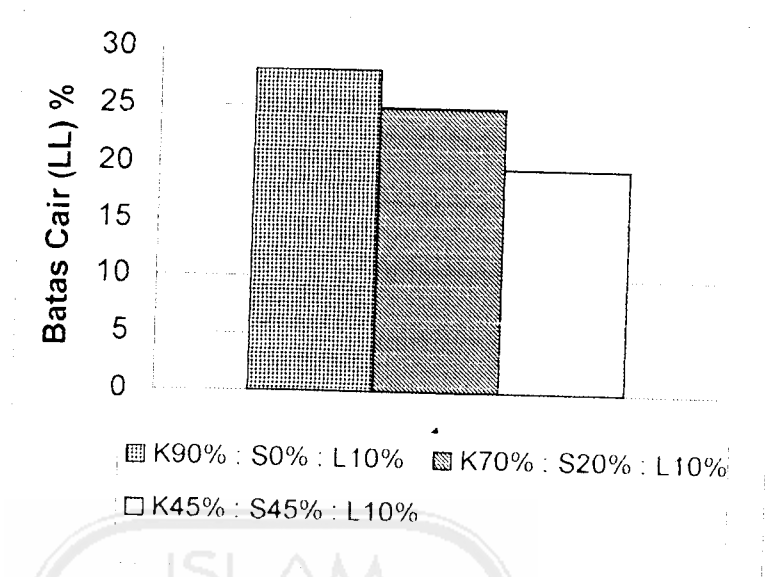
5.2 Analisis dan Pembahasan

5.2.1 Pengujian Abrasi (*Abration test*)

Batu kapur dan sirtu (pasir batu) yang diabrasi dalam penelitian ini mempunyai nilai 43,96% dan 33,80% , sehingga batu kapur dan sirtu yang digunakan memenuhi syarat dari AASHTO T96-74 sebagai pondasi agregat kelas B. hal ini menunjukkan bahwa batu kapur dan sirtu mampu menahan beban lalu lintas yang akan melewatinya.

5.2.2 Pengujian Sifat Fisik dan Batas-batas Konsistensi agregat

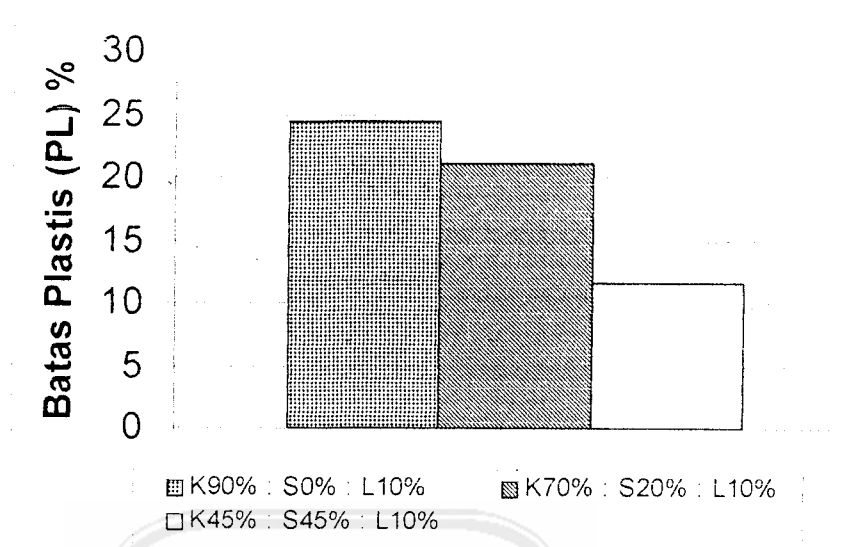
Pengujian sifat fisik agregat bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan batas-batas konsistensi agregat. Pada pengujian sifat agregat ini ada hal yang perlu diperhatikan bahwa variasi campuran agregat yang dibuat hanya sebagai pembandingan sehingga campuran agregat tersebut layak untuk diteliti sesuai prosedur penelitian ini. Pada pengujian batas-batas konsistensi agregat yang dapat diteliti hanya pada variasi campuran dengan kadar kapur 90%, 70% dan 45% sedangkan pada kapur 20% dan 0% tidak dapat diuji karena kandungan pasir yang terlalu tinggi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.4 sampai dengan 5.6.



Gambar 5.4 Grafik Hubungan antara Variasi Campuran dengan Batas cair

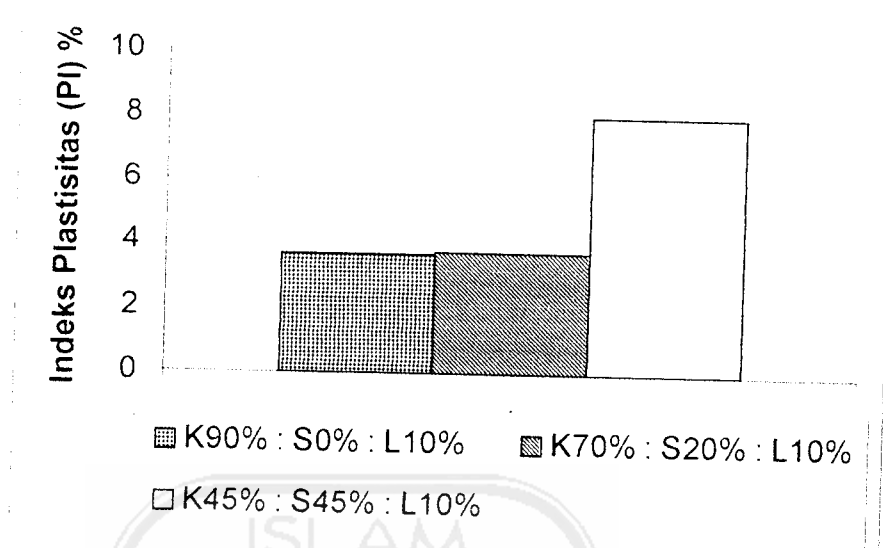
Dari gambar 5.4 dapat dilihat bahwa semakin kecil kadar kapur maka batas cairnya semakin kecil juga. Hal ini disebabkan karena kadar pasir didalam campuran semakin meningkat, sehingga kemampuan campuran untuk menyerap air menurun yang disebabkan karena butir-butir pasir bersifat sedikit menyerap air dan lebih bersifat lebih mudah meloloskan air, maka hal ini akan mengakibatkan kadar pasir diatas 45% tidak mempunyai nilai batas cair karena kandungan pasir yang terlalu tinggi.





Gambar 5.5 Grafik Hubungan antara Variasi Campuran dengan Batas Plastis

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa semakin besar kadar pasir akan semakin menurunkan batas plastisitasnya. Hal ini disebabkan karena pasir tidak bersifat plastis dan lebih bersifat meloloskan air, sehingga semakin besar kadar pasir campuran semakin tidak plastis dan pada kadar pasir diatas 45% campuran tidak memiliki batas plastis. Pada kadar kapur 90% grafik belum menunjukkan penurunan yang tajam, setelah pada kadar kapur dibawah 70% grafik menunjukkan penurunan yang tajam. Hal ini disebabkan karena pada kondisi ini campuran lebih dominan kadar pasirnya didalam campuran. Nilai batas cair dan batas plastis menurut AASHTO T89-68 untuk pondasi agregat kelas B tidak mempunyai syarat tertentu, sehingga semua variasi campuran dapat digunakan.



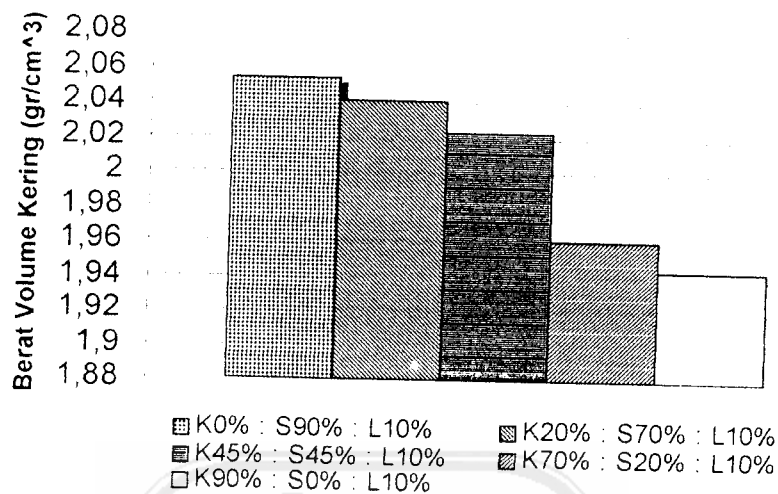
Gambar 5.6 Grafik Hubungan antara Variasi Campuran dengan Indeks Plastisitas

Gambar 5.6 menunjukkan bahwa semakin kecil kadar kapur akan menaikkan nilai indeks plastisitasnya. Indeks plastisitas adalah selisih antara batas cair dengan batas plastis. Indeks plastisitas menunjukkan kepekaan campuran agregat terhadap perubahan kadar air karena untuk menjadi plastis tidak membutuhkan air yang banyak dan menjadi cair membutuhkan kadar air yang lebih besar sehingga tanah menjadi lebih stabil. Pada kadar pasir 45% nilai indeks plastisitas meningkat tajam yang disebabkan karena butir-butir pasir sedikit menyerap air sehingga kadar air yang dibutuhkan lebih besar. Didalam penelitian ini variasi campuran yang memenuhi syarat dari AASHTO T90-70 adalah pada variasi campuran kapur 45%, sirtu 45% dan lempung 10% dengan nilai sebesar 7,96% dari syarat yang telah ditentukan sebesar 4% - 10%.

5.2.3 Pengujian pemadatan tanah (*proctor test*)

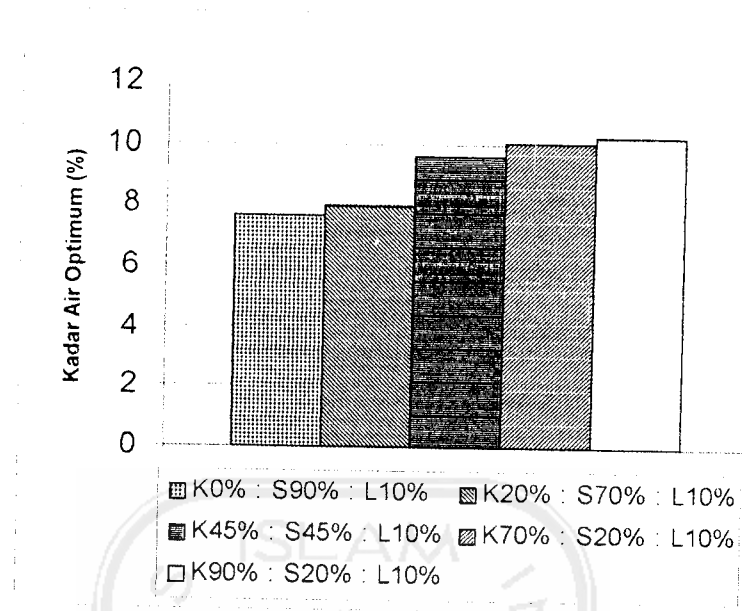
Tujuan pemadatan tanah atau agregat adalah mencari nilai kepadatan (berat volume kering) maksimum dan kadar air optimum yang dibutuhkan untuk proses pemadatan tersebut. Apabila kadar air yang digunakan lebih kecil atau lebih besar dari kadar air optimum maka kepadatannya tidak akan mencapai maksimum, jika kadar air lebih kecil dari kadar air optimum jarak antar butiran agregat kurang renggang sehingga sulit bergeser pada waktu dipadatkan, sedangkan bila kadar air lebih besar dari kadar air optimum jarak antar butir-butir tanah terlalu renggang sehingga pada waktu dipadatkan butir-butir tersebut hanya akan berpindah tempat tanpa mengalami kemampatan.

Pada tabel 5.12 terlihat bahwa akibat penambahan kadar kapur akan menaikkan kadar air optimum dan menurunkan berat volume keringnya, dengan demikian hasil stabilisasi akan kurang baik kualitasnya dengan adanya penurunan berat volume kering tanah yang terjadi. Selanjutnya untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.7 sampai 5.9.



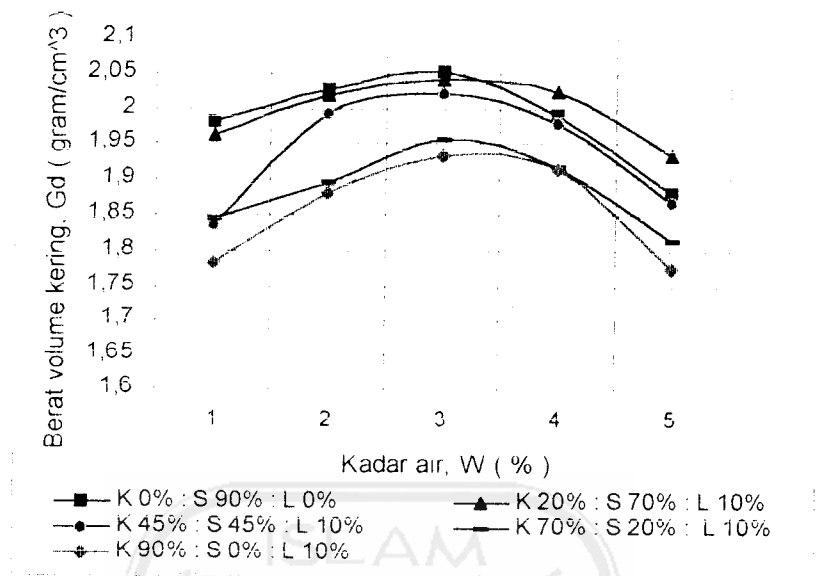
Gambar 5.7 Grafik Hubungan antara Variasi Campuran dengan Berat Volume Kering

Gambar 5.7 menunjukkan bahwa penambahan kadar kapur pada variasi campuran akan menghasilkan berat volume kering yang semakin kecil. Hal ini disebabkan karena sirtu memiliki berat jenis yang lebih besar daripada kapur, sehingga dengan penambahan kapur pada campuran akan membuat konsentrasi campuran lebih didominasi oleh kadar kapurnya, sehingga dengan penambahan kadar kapur yang semakin tinggi akan semakin menurunkan berat volume keringnya.



Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara Variasi Campuran dengan Kadar Air Optimum.

Gambar 5.8 menunjukkan bahwa penambahan kadar kapur yang berarti juga pengurangan kadar pasir akan menaikkan kadar air optimum yang dibutuhkan untuk mencapai kepadatan maksimum. Hal ini disebabkan karena semakin banyak prosentase kadar kapur, sifat permeabilitas campuran semakin kecil dan air akan semakin sulit untuk masuk kedalam pori-pori campuran, yang disebabkan karena sifat kapur yang sulit untuk menyerap air dibandingkan dengan pasir yang lebih bersifat menyerap terhadap air, sehingga penyerapan air menjadi lebih besar.



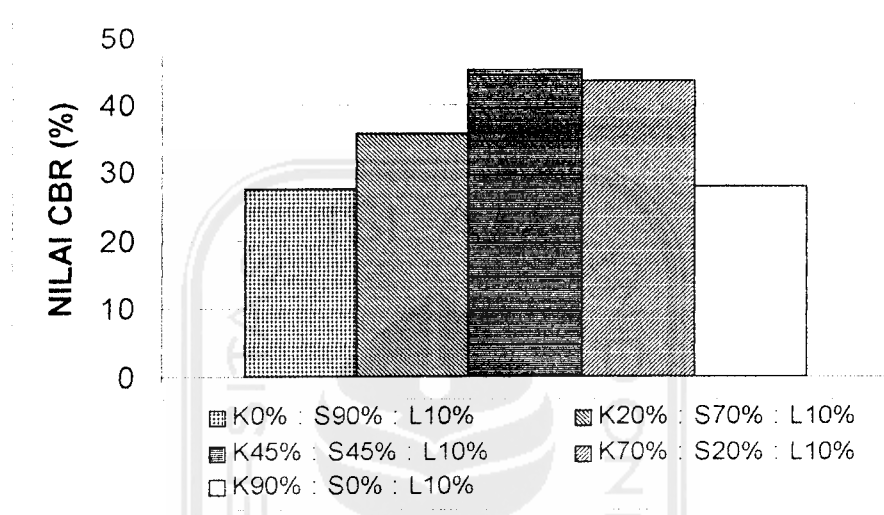
Gambar 5.9 Grafik antara kadar air dan berat volume kering.

Dari gambar 5.9 dapat dilihat bahwa pada variasi campuran yang semakin besar kadar kapurnya maka semakin besar kadar air optimumnya dan semakin menurunkan berat volume keringnya. Hal ini dikarenakan (berdasarkan data) bahwa kapur lebih sedikit menyerap air dibanding dengan sirtu, sehingga semakin banyak variasi campuran yang mengandung kadar kapur maka akan berpengaruh pada pemadatan, karena semakin besar kadar kapurnya maka ruang kosong diantara butiran didalam campuran semakin besar juga sehingga dibutuhkan kadar air yang besar untuk mempersempit ruang kosong diantara butiran tersebut.

5.2.4 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Nilai CBR menengarai kekuatan mendukung beban dari suatu bahan berdasarkan kekerasannya. Pada bahan yang berbutir kasar nilai CBR sangat dipengaruhi oleh kepadatannya karena semakin padat bahan tersebut bidang

kontak antar butirannya menjadi lebih luas sehingga mampu menahan beban yang lebih besar, maka semakin tinggi tingkat kepadatan suatu bahan akan menaikkan nilai CBR bahan tersebut. Hubungan antara komposisi campuran dengan nilai CBR dapat dilihat pada gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik hubungan antara komposisi gradasi dan nilai CBR

Dari gambar 5.10 terlihat bahwa nilai CBR mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kadar kapur sampai dengan pada kadar kapur 45%, selanjutnya kadar kapur diatas 45% nilai CBR mengalami penurunan. Kenaikan nilai CBR hingga pada kadar kapur 45% disebabkan pada variasi campuran tersebut terdapat gradasi yang rapat, sehingga rongga-rongga yang ada menjadi semakin kecil. Selain itu kenaikan nilai CBR juga dipengaruhi oleh kapur yang bersifat *cementing* sehingga dengan penambahan kadar kapur didalam campuran, maka campuran itu akan semakin padat, karena antara kapur dan sirtu saling mengikat yang mengakibatkan nilai CBR semakin meningkat. Pada kadar kapur

diatas 45% gradasinya lebih bersifat seragam karena didominasi oleh kadar kapur yang tinggi yang mengakibatkan pada campuran tersebut banyak terdapat rongga udara. Disamping itu dengan kadar kapur yang semakin dominan dalam suatu campuran maka campuran itu akan semakin lunak karena batu kapur bersifat lebih lunak daripada sirtu, sehingga nilai CBR yang diperoleh akan menurun. Pada variasi campuran dengan kadar kapur 0% kekuatan CBR mencapai nilai 27,39%. Nilai ini menurut AASHTO tidak memenuhi syarat minimal sebesar 35%, tetapi pada variasi campuran dengan kadar kapur 20% kekuatan CBR mencapai 35,61%. Nilai ini memenuhi syarat AASHTO nilai CBR ini akan terus meningkat hingga mencapai nilai maksimum pada variasi campuran kapur 45%, sirtu 45%, dan lempung 10%. Pada kadar kapur di atas 45% nilai CBR akan mengalami penurunan hingga mencapai nilai 27,67% pada kadar kapur 90% dan sirtu 0%. Hal ini terjadi karena pada variasi campuran dengan kadar kapur 0% dan 90% di dalam campuran tersebut terdapat gradasi yang seragam sehingga masih banyak rongga-rongga antar butir (*voids*), sehingga pemadatan yang terjadi tidak maksimum. Pada variasi campuran yang lain di dalam campurannya mempunyai gradasi yang rapat sehingga butir-butir fraksi sedang dapat mengisi penuh rongga-rongga antar butir fraksi kasar dan butir-butir fraksi halus dapat mengisi rongga-rongga antar butir fraksi sedang, sehingga rongga-rongga yang ada akan mencapai minimum dan pemadatan dapat mencapai optimum. Di samping itu kepadatan yang lebih tinggi mengakibatkan luas bidang gesek antar butiran semakin besar sehingga kekuatannya menjadi lebih besar, yang ditandai dengan naiknya nilai CBR.

Adapun rekapitulasi dari seluruh hasil penelitian akan diperlihatkan pada tabel 5.14.

Tabel 5.14. Rekapitulasi hasil penelitian.

Komposisi Variasi (%)			Sifat Plastisitas			Berat Vol. Kering (gram/cm ³)	Kadar air opt (%)	CBR (%)
K	S	L	LL (%)	PL (%)	PI (%)			
90	0	10	28.11	24.48	3.63	1.944	10.22	27.67
70	20	10	24.79	21.08	3.71	1.961	10.02	43.33
45	45	10	19.59	11.63	7.96	2.023	9.60	45.00
20	70	10	-	-	-	2.041	7.93	35.61
0	90	10	-	-	-	2.0535	7.65	27.39