

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

5.1. Hasil Penelitian

Dari hasil pemeriksaan yang dilakukan pada pasir sungai dan abu batu di lab. Jalan Raya dan lab. Mekanika Tanah FTSP Universitas Islam Indonesia dapat dilihat pada Tabel-Tabel berikut ini :

5.1.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi

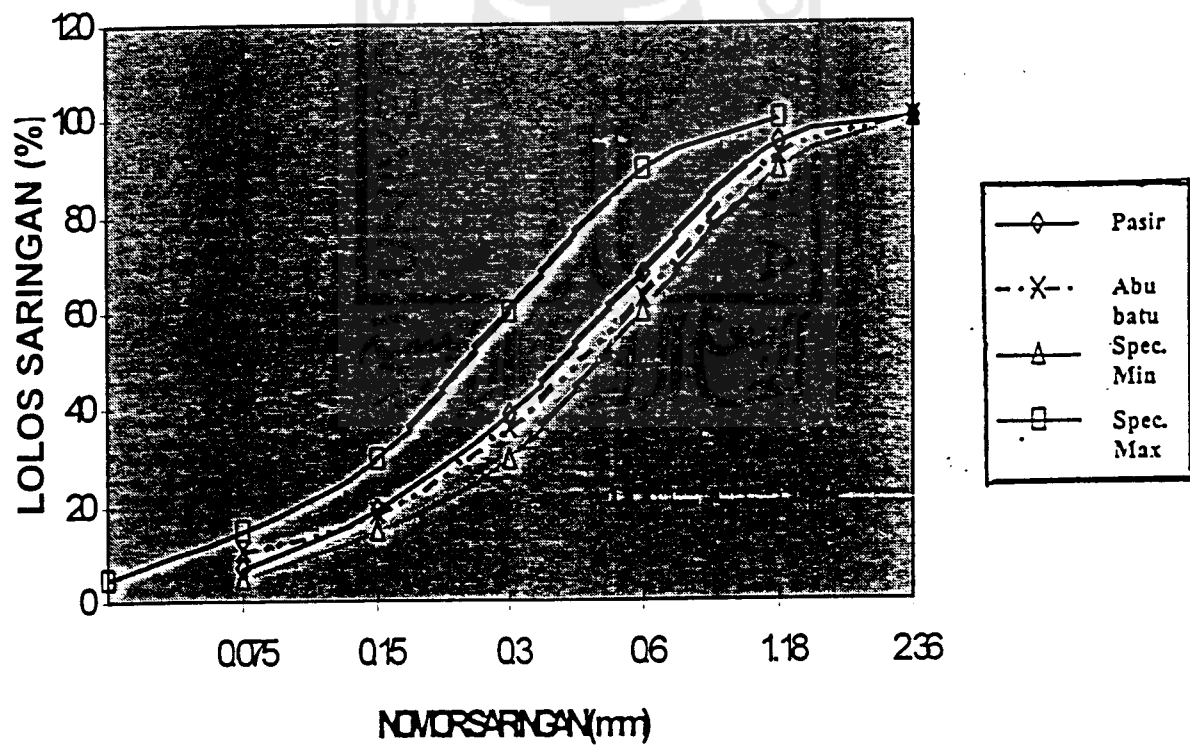
Dari pemeriksaan gradasi yang dilakukan berdasarkan persyaratan dari Bina Marga untuk sampel pasir sungai dan abubatu dengan menggunakan saringan ayakan diperoleh hasil seperti tertera dalam Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 sebagai berikut :

Tabel 5.1. Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir sungai)

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
	tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
8	0	0	0	0	100	0
16	41	41	4,39	95,6	90	100
30	263	304	32,55	67,45	60	90
50	335	639	68,4	31,6	30	60
100	260	899	96,25	3,75	15	30
200	31	930	99,57	0,43	5	15
-	4	934	100	-	-	-

Tabel 5.2. Analisa Saringan Agregat Halus (Abubatu)

No. Saringan	Berat Tertahan (Gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
8	-	0	0	0	100	-
16	141	141	14,1	85,9	90	100
30	143,5	284,5	23,40	76,6	60	90
50	88	372,5	47,22	52,78	30	60
100	113,5	486	61,83	38,17	15	30
200	45,5	531,5	88,22	11,78	5	15
-	71	602,5	100	0	0	5



Gambar 5.1. Grafik Analisa Saringan Pasir Sungai dan Abubatu Asli

(apa adanya)

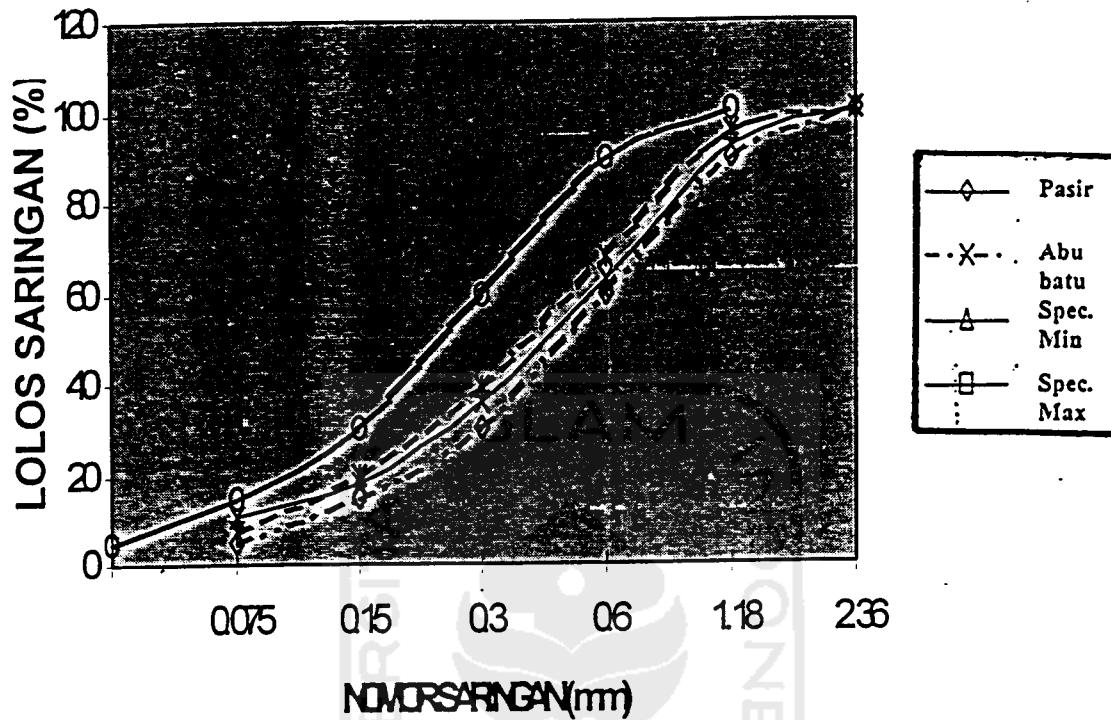
Hasil pemeriksaan Gradasi pasir sungai dan abubatu yang dimodifikasi sehingga hasilnya sesuai dengan standart dari Bina Marga dapat di lihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 berikut ini :

Tabel 5.3. Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir sungai) Modifikasi

No. Saringan	Berat Tertahan (Gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
	tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
8	0	0	0	0	100	0
16	43,9	43,9	43,9	95,6	90	100
30	281,6	325,5	32,55	67,45	60	90
50	283,5	609	60,9	39,1	30	60
100	198	807	80,7	19,3	15	30
200	121	928	92,88	7,12	5	15
-	72	1000	100	-	-	-

Tabel 5.4. Analisa Saringan Agregat Halus (Abubatu) Modifikasi

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)		Jumlah Persen (%)		Spesifikasi (%)	
	Tertahan	Jumlah	Tertahan	Lolos	Min	Max
8	0	0	0	0	100	-
16	74,9	74,9	7,49	92,51	90	100
30	293,4	368,3	36,83	63,12	60	90
50	270	638,3	63,83	36,17	30	60
100	178,3	816,6	81,66	18,34	15	30
200	75,4	892	89,2	10,8	5	15
-	108	1000	100	0	-	



Gambar 5.2. Grafik Analisa Saringan Abu Batu dan Pasir Sungai Modifikasi

5.1.2 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

Berdasarkan peraturan dari Bina Marga kandungan lumpur pasir pengisi haruslah $\leq 10\%$. Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur pada pasir sungai dan abubatu didapat data-data pada Tabel- tabel berikut ini :

Tabel 5.5. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pembacaan	Pasir Sungai	Abu batu
Clay Reading	4,2	4,0
Sand Reading	3,8	2,7
SE= $\frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}} \times 100$	90,48	67,5

5.1.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis

Hasil pemeriksaan berat jenis pasir sungai dan abubatu dapat dilihat pada

Tabel 5.6. berikut ini :

Tabel 5.6. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis

Keterangan	Benda Uji	
	Abubatu	Pasir sungai
Berat Benda Uji dalam keadaan SSD	603	680
Berat Piknometer+Air (B)	671	671
Berat Piknometer + Air + Benda Uji (BT)	980	990
Berat sampel kering	490	474
Berat jenis	2,565	2,619
Berat SSD	2,618	2,762
Berat Jenis Semu	2,707	3,058
Prosen Penyerapan	2,041%	5,485%

Tabel 5.7. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abubatu dan Pasir sungai sesuai standart Bina Marga

Keterangan	Benda Uji	
	Abu batu	Pasir sungai
Berat Benda Uji dalam keadaan SSD	618,92	695,55
Berat Piknometer+Air (B)	671	671
Berat Piknometer + Air + Benda Uji (BT)	1055	1000
Berat sampel kering	495	478
Berat jenis	4,267	2,795
Berat SSD	4,310	2,924
Berat Jenis Semu	4,459	3,208
Prosen Penyerapan	1,010	4,603

5.1.4. Hasil Pengujian Pemadatan pada Pasir Sungai Progo dan Abu Batu bisa dilihat pada Tabel-Tabel berikut ini :

Tabel 5.8. Pengujian Pemadatan Abu Batu

1.	Nomor Pengujian	1		2		3		4		5	
		A	B	a	b	A	B	A	b		
2.	Berat Silinder+Abu batu padat (gram)	3603		3718		3764		3790		3809	
3.	Berat Abu batu padat (gram)	1832		1947		1993		2019		2038	
4.	Berat volume Abu batu (gr/cm ³)	1.936		2.058		2.106		2.134		2.154	
5	Nomor cawan	A	B	a	b	A	B	A	b	a	b
6	Berat cawan kosong (gram)	21.99	21	21.96	22.2	21.82	21.83	22.00	21.85	21.51	22.30
7	Berat cawan + Abu batu basah (gram)	42.8	46.85	38.88	56.97	47.33	46.81	72.90	69.82	57.81	61.50
8	Berat cawan + Abu batu kering (gram)	41.65	45.44	37.69	54.62	45.03	45.03	66.95	6458	53.16	56.09
9	Kadar air = w	5.85	5.77	7.57	7.25	9.91	7.67	13.24	12.26	14.69	16.01
10	Kadar air rata-rata	5.8		7.41		8.79		12.75		15.35	
11	Berat volume abu batu kering (gr/cm ³)	1.830		1.916		1.936		1.893		1.867	

Tabel 5.9. Pengujian Pematatan Pasir Sungai

1.	Nomor pengujian	1		2		3		4		5	
		a	b	a	B	a	b	a	b	A	b
2.	Berat silinder + pasir padat gram		3358		3448		3510		3532		3535
3.	Berat pasir padat gram		1587		1677		1739		1761		1764
4.	Berat volume pasir gr/cm ³		1.677		1.772		1.838		1.861		1.864
5	Nomor cawan	a	b	a	B	a	b	a	b	A	b
6	Berat cawan kosong gram	22.3	21.83	21.95	22.2	21.96	21.95	21.86	21.75	21.52	21.52
7	Berat cawan + pasir basah (gram)	52.45	58.67	44.22	56.62	64.96	63.96	70.40	65.02	70.72	63.39
8	Berat cawan + pasir kering (gram)	50.95	56.75	42.69	54.52	61.38	60.34	65.25	60.40	65.15	58.75
9	Kadar air = w	5.24	5.50	7.38	6.50	9.08	8.88	11.87	11.92	12.77	12.46
10	Kadar air rata-rata		5.37		6.94		8.98		11.90		12.61
11	Berat volume pasir kering gr/cm ³		1.592		1.658		1.687		1.663		1.656

5.1.6. Hasil Pengujian Triaksial pada Abu Batu dan Pasir sungai Progo bisa dilihat pada Tabel-tabel berikut ini :

Tabel 5.10. Hasil Pengujian Triaksial pada Abu Batu

Waktu T Menit	Regangan			Luas benda uji		Tekanan 0.5			Tekanan 1			Tekanan 2		
	Pemb. Dial (a)	ΔL (a)/1000 (cm)	ϵ %	Koreksi Luas	Luas Terkoreksi	pemb. Dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	Pemb. Dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	pemb. dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
0	0	0	0	1	11.46084	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	0.02	0.267	0.997	11.491	70	11.13	0.968542966	120	19.08	1.660359371	272	43.248	3.76348124
	40	0.04	0.533	0.995	11.522	83	13.197	1.145344603	144	22.896	1.987103889	625	99.375	8.62458285
	60	0.06	0.800	0.992	11.553	100	15.9	1.376233703	164	26.076	2.257023273	715	113.685	9.840070977
	80	0.08	1.067	0.989	11.584	135	21.465	1.852921103	220	34.98	3.01957513	764	121.476	10.48616091
	100	0.1	1.333	0.987	11.616	150	23.85	2.053251896	280	44.52	3.832736872	795	126.405	10.88223505
	120	0.12	1.600	0.984	11.647	172	27.348	2.348032276	335	53.265	4.573202398	823	130.857	11.23506141
	140	0.14	1.867	0.981	11.679	180	28.62	2.450583884	380	60.42	5.173454867	853	135.627	11.61304474
	160	0.16	2.133	0.979	11.711	187.5	29.8125	2.545754884	420	66.78	5.702490941	934	148.506	12.68125366
	180	0.18	2.400	0.976	11.743	186	29.574	2.518507677	458	72.822	6.201486645	936	148.824	12.67378057
	200	0.2	2.667	0.973	11.775	180	28.62	2.430606298	470	74.73	6.346583112	937	148.983	12.65265612
	220	0.22	2.933	0.971	11.807	0	0	0	475	75.525	6.396527077	937.5	149.0625	12.62472449
	240	0.24	3.200	0.968	11.840	0	0	0	470	74.73	6.311807314	938	149.142	12.59675587
	260	0.26	3.467	0.965	11.872	0	0	0	463	73.617	6.200672743	939	149.301	12.57544645
	280	0.28	3.733	0.963	11.905	0	0	0	0	0	0	941	149.619	12.56741842
	300	0.3	4.000	0.960	11.938	0	0	0	0	0	0	940	149.46	12.51928723
	320	0.32	4.267	0.957	11.972	0	0	0	0	0	0	938	149.142	12.45794865
	340	0.34	4.533	0.955	12.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5.11. Hasil Pengujian Triaksial pada Pasir Sungai

Waktu T	Regangan		Luas benda uji		Tekanan 0,5			Tekanan 1			Tekanan 2		
	ΔL (a)/1000	ϵ %	Koreksi Luas	Luas terkoreksi	pemb. Dial	beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	pemb. Dial	Beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$	pemb. dial	beban P (kg)	$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$
0	0	0	1	11,46084	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,02	0,267	0,997	11,491	60	9,54	0,830179685	80	12,72	1,106906247	120	19,08	1,660359371
	0,04	0,533	0,995	11,522	76	12,084	1,048749275	150	23,85	2,069899884	220	34,98	3,035853163
	0,06	0,800	0,992	11,553	93	14,787	1,279897344	182	28,938	2,50474534	290	46,11	3,991077739
	0,08	1,067	0,989	11,584	112	17,808	1,537238248	220	34,98	3,01957513	340	54,06	4,66661611
	0,1	1,333	0,987	11,616	124	19,716	1,6973549	280	44,52	3,832736872	380	60,42	5,201571469
	0,12	1,600	0,984	11,647	130	20,67	1,774675557	320	50,88	4,368432141	450	71,55	6,143107699
	0,14	1,867	0,981	11,679	125	19,875	1,701794364	350	55,65	4,765024219	520	82,68	7,079464554
	0,16	2,133	0,979	11,711	120	19,08	1,629283126	370	58,83	5,023622971	590	93,81	8,010642036
	0,18	2,400	0,976	11,743	0	0	0	380	60,42	5,145338264	670	106,53	9,072043781
	0,2	2,667	0,973	11,775	0	0	0	382	60,738	5,158286699	750	119,25	10,12752624
	0,22	2,933	0,971	11,807	0	0	0	320	50,88	4,309239294	790	125,61	10,63843451
	0,24	3,200	0,968	11,840	0	0	0	300	47,7	4,028813179	812	129,108	10,90465434
	0,26	3,467	0,965	11,872	0	0	0	0	0	0	850	135,15	11,38352447
	0,28	3,733	0,963	11,905	0	0	0	0	0	0	862	137,058	11,51234291
	0,3	4,000	0,960	11,938	0	0	0	0	0	0	856	136,104	11,40054242
	0,32	4,267	0,957	11,972	0	0	0	0	0	0	840	133,56	11,15637192
	0,34	4,533	0,955	12,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,36	4,800	0,952	12,039	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.2. Analisis

5.2.1. Gradasi dan Bentuk Butiran

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai nilai yang sama (seragam) maka volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran-butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit dengan kata lain kemampatannya tinggi.

Dari hasil penelitian pada Tabel-tabel 5.1 untuk contoh bahan pasir sungai Progo, berat komulatif yang tertahan pada lubang ayakan no.100 dan no.200 mencapai 96,25% dan 99,57%. Ini berarti lolos komulatif pada lubang ayakan tersebut hanya 3,75% dan 0,43%. Padahal untuk standart Bina Marga pada kondisi ini, berat lolos komulatif yang disyaratkan 15% - 30% dan 5% - 15%. Untuk contoh bahan abu batu bisa dilihat hasilnya pada Tabel 5.2 berat komulatif yang tertahan pada lubang ayakan no.16 dan no.30 mencapai 23,40% dan 47,22%. Ini berarti lolos komulatif pada lubang ayakan tersebut 76,59% dan 52,22%. Padahal untuk standar Bina Marga pada kondisi ini, berat lolos komulatif yang disyaratkan 90% - 100% dan 60% - 90%.

Jadi untuk pasir sungai Progo perlu ditambah butiran halusnyanya sedangkan untuk abubatu dari stone crusher milik PT Perwita Karya perlu ditambah butiran kasarnya. Dengan demikian baik pada abu batu maupun pasir sungai Progo perlu diadakan penyaringan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pasir pengisi pada celah interblok. Pada tabel 5.3 dan 5.4 dapat dilihat hasil penelitian

pada pasir sungai dan abubatu yang sudah dimodifikasi ,sehingga hasilnya sesuai dengan standart yang diisyaratkan Bina Marga.

Faktor lain yang menentukan kualitas pasir pengisi adalah bentuk butir dan tekstur permukaan . Karena tidak ada prosedur percobaan yang bisa dilakukan khusus untuk memeriksa bentuk dari butiran, pemeriksaan hanya dilakukan secara visuil. Pasir sungai Progo mempunyai bentuk yang bulat (rounded) dengan permukaan yang licin, ini terjadi karena pasir dibawa arus sungai dari sumber air kemuara sungai yang membuatnya tergulung dan bertumbukan serta terkikis (pelapukan/erosi) yang akhirnya membentuk butir-butir halus. Sedangkan abubatu dari P.T Perwita Karya sebagian besar bentuknya menyerupai kubus, tajam-tajam dengan permukaan yang kasar. Karena itu abubatu mempunyai daya penguncian (interlocking) yang lebih besar dibanding dengan pasir sungai.

5.2.2. Kandungan Lumpur dan Berat Jenis

Pasir pengisi pada celah interblok diijinkan mengandung kadar lumpur <10% karena berfungsi sebagai bahan pengikat, agar celah-celah dapat tertutup dengan baik dan mempunyai daya penguncian yang baik.

Ditinjau dari persentase kandungan lumpurnya pada Tabel 5.5 bisa dilihat bahwa pasir sungai mempunyai kandungan lumpur yang lebih tinggi daripada abubatu, tetapi masih memenuhi syarat yang ditetapkan oleh Bina Marga. Nilai sand equivalent dari pasir sungai Progo adalah 90,48% dan abubatu 67,5%. Baik pasir sungai Progo maupun abubatu memenuhi syarat nilai sand equivalent > 50%.

Dilihat pada Tabel 5.6 Abubatu mempunyai berat jenis 2,565gr/cc dengan prosen penyerapan sebesar 2,041%. Sedangkan pasir sungai Progo mempunyai berat jenis 2,619gr/cc dengan prosen penyerapan sebesar 5,485%. Baik abubatu maupun pasir sungai Progo mempunyai berat jenis sesuai dengan ketentuan AASHTO dan Bina Marga.

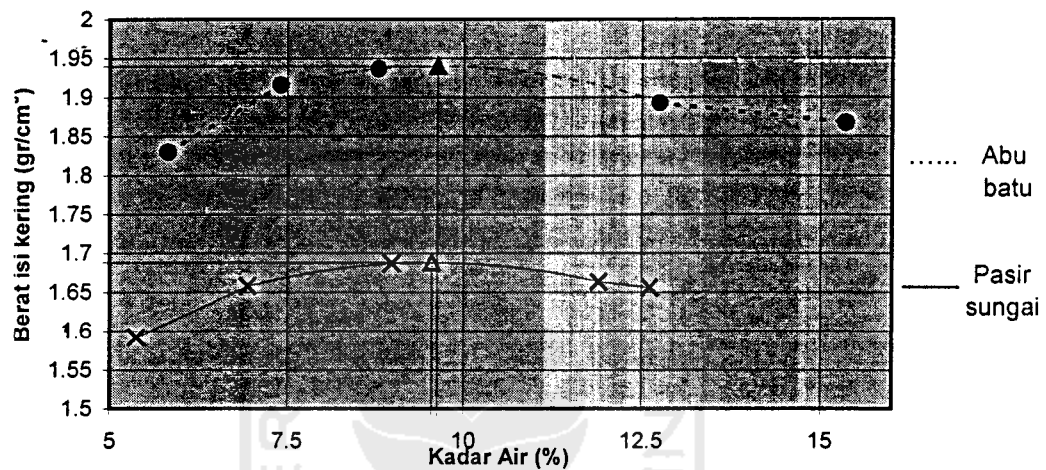
Pada Tabel 5.7 dapat dilihat hasil penelitian pada Abubatu dan Pasir sungai yang sudah dimodifikasikan sesuai dengan standar Bina Marga. Diketahui Abubatu mempunyai berat jenis 4,267 gr/cc dengan prosen penyerapan sebesar 1,010%. Sedangkan Pasir sungai mempunyai berat jenis 2,795gr/cc dengan prosen penyerapan sebesar 4,603%. Jadi untuk Abubatu yang gradasinya sesuai standar Bina Marga mempunyai prosen penyerapan yang lebih kecil daripada Pasir sungai yang sudah sesuai dengan standar dari Bina Marga.

5.2.3. Pengaruh Kadar Air Optimum Terhadap Kepadatan

Kepadatan pasir pengisi biasanya diukur dengan menentukan berat volume keringnya. Lebih tinggi berat volume kering berarti lebih kecil angka porinya dan lebih tinggi derajat kepadatannya.

Untuk setiap pemadatan pasir pengisi pada celah interblok, kepadatan yang tercapai tergantung kepada banyaknya air didalam pasir pengisi tersebut yaitu kadar airnya. Kadar air yang memberikan berat volume kering maksimum disebut kadar air optimum, dimana pasir pengisi akan mudah dipadatkan dan ruang kosong diantara butiran-butirannya menjadi lebih kecil.

Dari Hasil penelitian pada pasir sungai Progo bisa dilihat pada gambar 5.1 berat volume kering maximum tercapai pada $1,68798\text{gr/cm}^3$, dengan kadar air optimum 9,55%. Untuk penelitian pada abu batu bisa dilihat pada gambar 5.2 berat volume kering maximum tercapai pada $1,93962\text{gr/cm}^3$, dengan kadar air optimum 9,63%.



Gambar 5.2. Pengaruh Kadar Air Terhadap Berat Isi Kering

Tampak bahwa abu batu mempunyai berat volume kering maximum dan kadar air optimum yang lebih tinggi daripada pasir sungai Progo. Sehingga abubatu mempunyai kepadatan yang lebih tinggi daripada pasir sungai Progo. Ini menunjukkan bahwa penggunaan abubatu sebagai pasir pengisi celah interblok menghasilkan suatu lapisan pengisi celah yang lebih rapat dengan kata lain kemampuannya tinggi sehingga akan memperkuat lapisan interblok pada saat menahan beban vertikal, baik dari beban dinamis maupun beban statis. Selain itu

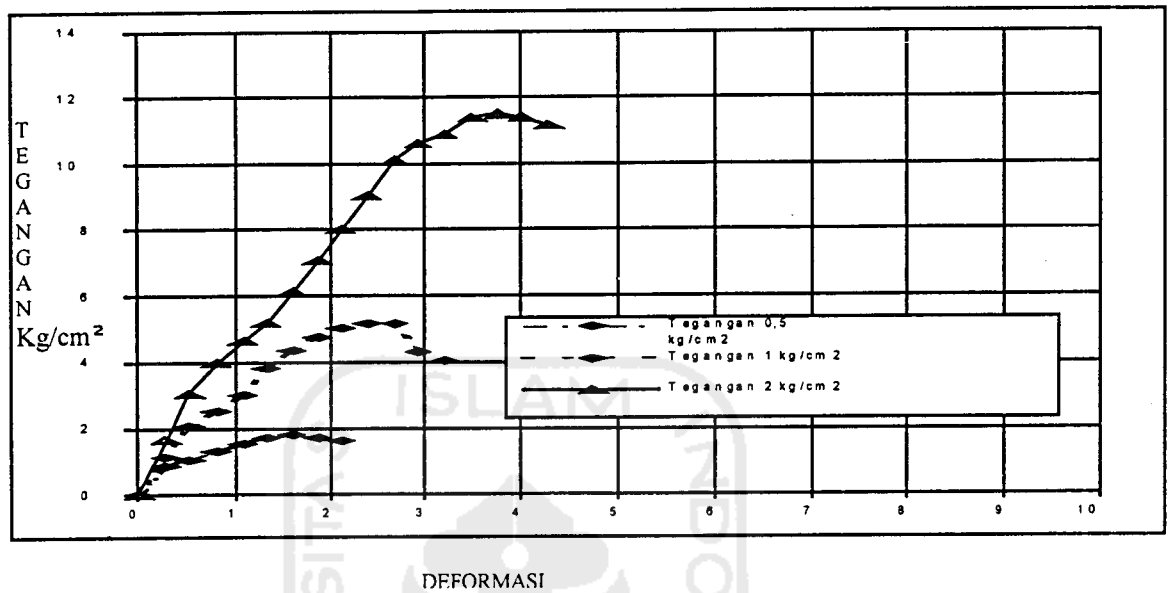
untuk melindungi lapisan perkerasan interblok dari masuknya air ke celah-celah interblok.

5.2.4. Hubungan Tegangan dan Deformasi

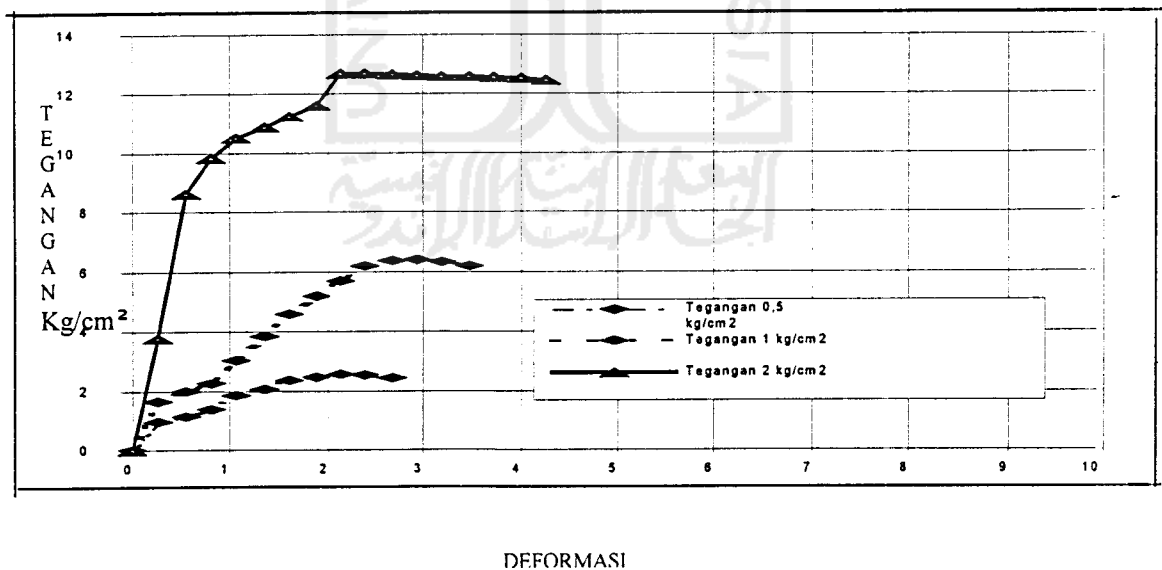
Tegangan yang diderita oleh pasir pengisi akibat beban yang terjadi di atasnya akan menyebabkan perubahan kontak antar butiran dan berubahnya volume pasir pengisi. Nilai Tegangan-deformasi yang terjadi menyatakan besarnya deformasi yang mana dipengaruhi oleh besarnya beban, bentuk partikel, gradasi dan kadar air.

Pasir pengisi yang sudah dipadatkan pada volume kering terhadap optimum akan memperlihatkan kekuatan yang lebih tinggi pada regangan rendah. Hasil pengujian Triaksial bisa dilihat pada gambar 5.3 dan 5.4 grafik tegangan-regangan dan gambar 5.5 grafik lingkaran Mohr. Untuk contoh pasir sungai yang sudah dipadatkan dengan kadar air optimum 9,55% pada tegangan sebesar 2kg/cm² mencapai puncak sebesar 11,512kg/cm². Sedangkan pada grafik lingkaran Mohr diperoleh nilai kohesi sebesar 0,15 dan kemiringan garis selubung sebesar 48°30'20". Untuk sampel abubatu yang sudah dipadatkan dengan kadar air optimum 9,63% pada tegangan deviator 2kg/cm² mencapai puncak sebesar 12,681kg/cm². Sedangkan pada grafik lingkaran Mohr diperoleh nilai kohesi sebesar 0,35 kemiringan garis selubung sebesar 49°23'50". Tampak grafik tersebut mempunyai suatu puncak tertentu kemudian diikuti dengan penurunan tegangan pada peningkatan regangan. Dari hasil penelitian bisa terlihat bahwa pasir pengisi celah dengan menggunakan abubatu mempunyai kekuatan yang lebih

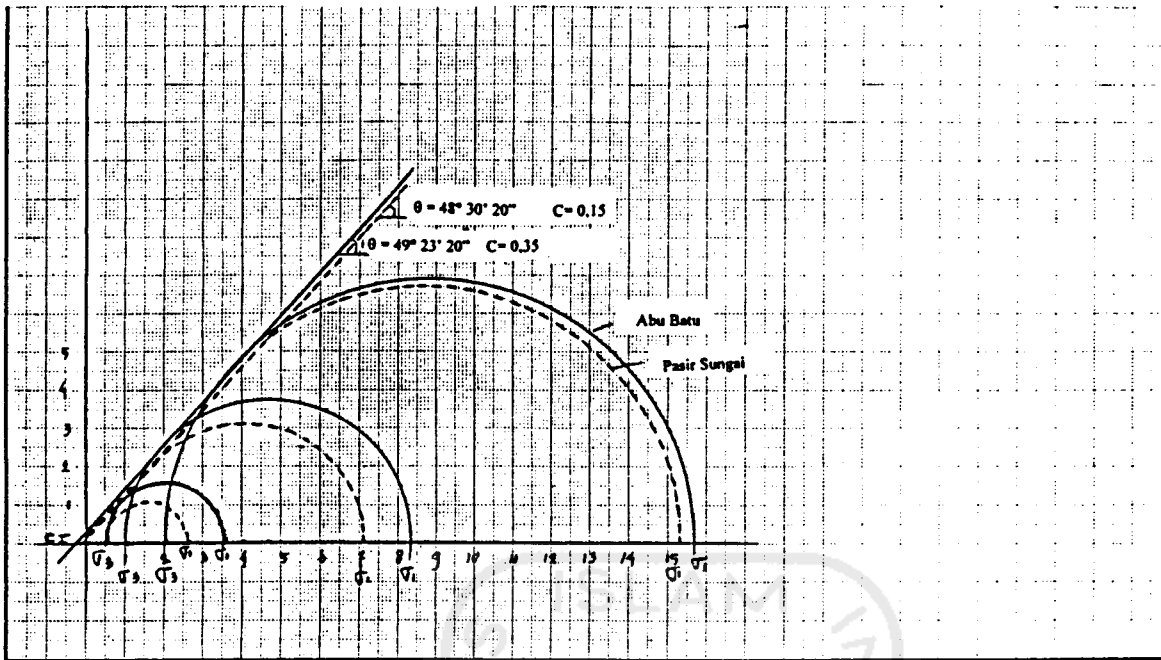
tinggi terhadap deformasi. Hal ini karena abubatu mempunyai sifat saling mengunci (interlocking) dan mempunyai surface texture yang kasar.



Gambar 5.3. Grafik Hubungan Tegangan Dan Deformasi Pasir Sungai



Gambar 5.4. Grafik Hubungan Tegangan Dan Deformasi Abu Batu



Gambar 5.5. Garis Selubung Kuat Geser Pada Lingkaran Mohr

5.2.5 Kembang Susut

Faktor perubahan kadar air pada pasir pengisi memungkinkan pasir pengisi tersebut akan mengalami pengembangan yang mengakibatkan kondisi daya dukung lapisan perkerasan menurun. Kondisi drainase yang baik dapat menjaga kemungkinan berubahnya kadar air pada lapisan pasir pengisi.

Sifat mengembang yang berlebihan pada pasir pengisi akan merusak lapisan perkerasan karena pada kondisi ini ikatan antar butiran akan berkurang, selain itu menyebabkan perubahan pada volume pasir pengisi. Sehingga pada saat kendaraan melintasi perkerasan banyak partikel-partikel pasir pengisi yang menempel pada ban atau roda kendaraan tersebut. Dengan demikian daya dukung lapisan perkerasan menjadi menurun.

Untuk mengetahui kembang susut dari Pasir Sungai dan Abubatu, dilakukan pengujian Swelling Potensial dimana dalam pengujian ini sampel Pasir sungai dan Abubatu dicetak dalam suatu wadah sesuai dengan kepadatan yang didapat dari hasil pengujian pemadatan. Kemudian diukur tinggi awalnya (h_0). Setelah itu sampel-sampel tersebut direndam dalam air selama minimal 4 (empat) hari. Kemudian diukur tingginya (h_1).

Untuk sampel Pasir Sungai tinggi awalnya (h_0) sebesar 6,26 cm dan tinggi sesudah terendam air (h_1) sebesar 6,309 cm, sehingga diperoleh nilai kembang susut Pasir Sungai sebesar 0,00458 cm. Sedangkan untuk sampel Abubatu tinggi awalnya (h_0) sebesar 6,412 cm sedangkan tinggi sesudah terendam air sebesar 6,42 cm. Jadi diperoleh nilai kembang susut dari Abubatu sebesar 0,0000833 cm. Tampak bahwa abubatu mempunyai kembang susut yang lebih kecil daripada pasir sungai Progo, ini disebabkan karena pasir sungai Progo mengandung kadar lumpur yang cukup tinggi.