

KINERJA MORTAR ABU BATU BASALT SKORIA DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN SERBAGUNA BATURAJA DAN SUPERPLASTICISER STRUCTURO 335.

Lilies Widodojoko¹⁾, Rajiman²⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung

²⁾Alumni Magister Teknik Sipil Universitas Bandar Lampung

Email: labtekniksipil_lw@yahoo.co.id

Batu basalt Skoria terbentuk ketika lava mencapai permukaan bumi akibat letusan gunung berapi. Bentuknya yang berpori menyebabkan keraguan orang untuk menggunakan batu ini. Penggunaan abu batu ini untuk pembuatan mortar diteliti. Penelitian yang dilakukan adalah : (1) Kuat tekan mortar yang dapat dicapai (2) Perbandingan antara kuat tekan mortar dengan menggunakan batu basalt Skoria dan kuat tekan beton yang menggunakan batu pecah. 3) Kuat tarik belah silinder mortar. Kuat tekan mortar tertinggi pada percobaan ini adalah pada air/semen 0,29 yaitu sebesar 597 kg/cm². Bila dibandingkan dengan kuat tekan beton pada Air/ Semen rasio 0,34 kuat tekan beton 10 % lebih tinggi, sedangkan pada Air/ Semen rasio 0,44 kuat tekan beton 13% lebih rendah. Pada uji ini kuat tarik belah yang dihasilkan sebesar 129 kg/cm², sementara kuat tekannya sebesar 650 kg/cm². Dengan demikian maka besarnya kuat tarik adalah 19% terhadap kuat tekan. Persentase yang tinggi ini diduga disebabkan karena permukaan abu batu basalt Skoria kasar dan bersudut.

Kata Kunci : Abu batu basalt Skoria, Kuat tekan mortar, Kuat tarik belah mortar.

1. Latar Belakang.

Batu basalt Skoria merupakan potensi sumber daya mineral propinsi Lampung. Jumlah cadangannya minimal sekitar 338 juta m³. Lihat Tabel 1.

Tabel 1 : Cadangan batu Skoria

No	Kabupaten	Cadangan (m ³)
1	Lampung Timur	36.000.000
2	Lampung Tengah	196.240.000
3	Lampung Selatan	38.740.000
4	Tanggamanus	65.500.000
	Jumlah	318.480.000

Batu ini biasa dipakai untuk pondasi batu kali oleh penduduk. Bentuknya yang berpori menyebabkan keraguan orang untuk menggunakan batu ini sebagai agregat kasar beton. Beberapa test kuat tekan kubus beton

yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa kuat tekan hancur dapat mencapai 250 kg/cm². Apabila batu ini akan digunakan, maka perlu dilakukan pemecahan dengan mesin crusher. Pemecahan dengan mesin tersebut akan menghasilkan hasil samping abu batu. Penggunaan abu batu ini untuk pembuatan mortar akan diteliti.

Penelitian yang akan dilakukan adalah : (1) Kuat tekan mortar yang dapat dicapai (2) Perbandingan antara kuat tekan mortar dengan menggunakan batu basalt Skoria dan kuat tekan beton yang menggunakan batu pecah. Batu pecah yang digunakan adalah batu pecah yang banyak dipakai di propinsi Lampung yaitu batu pecah produksi PT Sumber Batu Berkah. dan, (3) Kuat tarik belah silinder mortar.

2. Tinjauan Pustaka.

2.1. Batu basalt Skoria

Batu basalt Skoria terbentuk ketika lava mencapai permukaan bumi akibat letusan gunung berapi. Suhu lava berkisar antara 1100 sampai 1250°C. Ketika sampai ke permukaan bumi, lava mendingin dengan cepat dalam beberapa hari atau beberapa minggu membentuk batuan padat dan diperlukan waktu bertahun-tahun untuk menjadi benar-benar padat membentuk batuan basalt. Batu basalt Skoria yang digunakan untuk penelitian ini mengandung oksida seperti terlihat pada Tabel 2. Pengujian dilakukan di Pabrik Semen Baturaja, Baturaja.

Tabel 2 : Properti kimia batu Basalt Skoria.

No	Oksida	Unit	Content
1	Silicone Dioxide (SiO ₂)	%	55,10
2	Aluminium Trioxide (Al ₂ O ₃)	%	17,95
3	Iron (III) Oxide (Fe ₂ O ₃)	%	5,61
4	Calcium Oxide (CaO)	%	8,07
5	Magnesium Oxide (MgO)	%	7,06
6	Loss Of Ignition (LOI)	%	4,96
7	Lime Saturation Factor, LSF	%	3,44
8	Silika Modulus, SM	%	2,34
9	Alumina Modulus, AM	%	3,20

2.2. Kuat Tekan Mortar dengan pasir Standard C778.

Kuat tekan mortar dengan menggunakan pasir standard adalah kuat tekan yang disyaratkan oleh SNI : 15-7064-2004. Nilai kuat tekan pada umur 28 hari minimal 250 kg/cm². Lihat tabel 3. Sedangkan kuat tekan mortar dengan menggunakan Portland Composite Cement PT Semen Baturaja berada pada rentang 375 425 kg/cm². Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Husni (2010) menyatakan bahwa kuat tekan mortar dengan menggunakan Portland Composite Cement PT Semen Baturaja pada perbandingan pasir standard C778/semen =2, rasio Air/Semen 0,4 dan 0,5 masing masing adalah 444 kg/cm² dan 424 kg/cm².

3. Bahan

3.1. Semen.

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah Portland Composite Cement yang diproduksi oleh PT Semen Baturaja. Properti fisika dan kimia semen dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3: Propertis fisika dan kimia semen Portland Composite Cement PT Semen Baturaja.

ITEM	UNIT	SNI : 15-7064-2004		Quality			
		Standard		Typical	Range		
PHYSICAL PROPERTIES							
1	Fineness, specific surface	cm ² /gr	2800	min	3500	3500 - 4200	
2	Autoclave expansion	%	0,8	max	0,02	0,011 - 0,029	
3	Compressive strength:	5 days	kg/cm ²	125	min	205	205 - 275
		7 days	kg/cm ²	200	min	265	265 - 325
		28 days	kg/cm ²	250	min	375	375 - 425
4	Time of setting, Vicat	Initial set	minute	45	Min	105	105 - 115
		Final set		375	max	225	175 - 225
5	False set	%	50	min	95	95 - 90	
6	Specific Gravity		-		3,05	3,05 - 3,10	
CHEMICAL PROPERTIES :							
1	Silicone Dioxide (SiO ₂)	%	-		20,00	20,00 - 24,00	
2	Aluminium Trioxide (Al ₂ O ₃)	%	-		6,00	6,00 - 8,25	
3	Iron (III) Oxide (Fe ₂ O ₃)	%	-		3,00	3,00 - 3,85	
4	Calcium Oxide (CaO)	%	- 1 -		62,25	66,00 - 67,25	
5	Magnesium Oxide (MgO)	%			0,95	0,95 - 1,2	
6	Sulfur Trioxide (SO ₃)	%	4,0	max	1,75	1,75 - 2,00	
7	Loss Of Ignition (LOI)	%	5	max	0,82	0,82 - 1,85	
8	Insoluble Residu (IR)	%	3	max	0,75	0,75 - 1,50	
9	Free Lime (F-CaO)	%	-		0,50	0,50 - 1,25	
10	C3S	%	-		35,47	0,95 - 65,00	
11	C2S	%	-		24,75	0,13 - 26,00	
12	C3A	%	-		10,63	8,50 - 13,25	
13	C4AF	%	-		10,37	9,00 - 12,00	

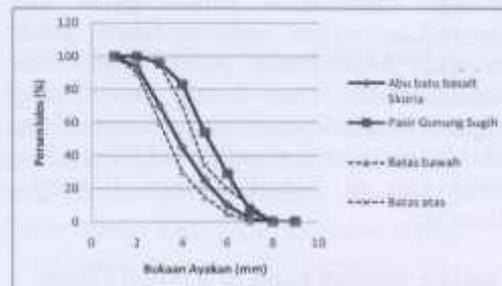
3.2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan adalah campuran antara abu batu basalt Skoria dan pasir Gunung Sugih. Abu batu berasal dari batu basalt Skoria yang dihaluskan. Sedangkan pasir yang digunakan berasal dari Gunung Sugih. Gradasi kedua macam agregat tersebut dapat dilihat pada Tabel 4. Gambar 1 memperlihatkan gradasi abu batu basalt Skoria dan Pasir Gunung Sugih dibandingkan dengan batas atas dan batas bawah zone 1. Zone 1 adalah zone pasir kasar menurut SK.SNI T-15-1990-03. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa abu batu basalt Skoria masuk di zone pasir kasar, sedangkan pasir Gunung Sugih lebih halus dari pada abu batu basalt Skoria. Bentuk abu batu basalt Sokria bersudut, untuk memperbaiki workability maka abu batu tersebut dicampur dengan pasir Gunung Sugih yang berbentuk bulat dan lebih halus. Hasil uji agregat halus yang lain dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Gradasi agregat abu batu Skoria dan

pasir Gunung Sugih.

Ukuran Ayakan ASTM	(mm)	% Berat Yang Lolos			
		Abu Batu Basalt Skoria	Pasir Gunung Sugih	Batas Bawah	Batas Atas
3/8	9,5	100	100	100	100
No.4	4,75	94	100	90	100
No.8	2,36	70,3	96,6	60	95
No.16	1,18	45,2	83,5	30	70
No.30	0,60	25,4	54,4	15	34
No.50	0,30	10,4	29,1	5	20
No.100	0,15	2,1	7	0	10
No.200	0,075	0	0,8	0	0
Pan	Pan	0	0	0	0



Gambar 1: Gradasi abu batu basalt Skoria dan pasir Gunung Sugih dibandingkan dengan batas atas dan batas bawah zone 1: Pasir Kasar menurut SK.SNI T-15-1990-

Tabel 5 : Hasil uji agregat halus.

No	Jenis Benda Uji	Berat jenis	Berat volume (gr/cm ³)	Keausan (Abration) (%)	Kadar air (%)	Kadar lumpur (%)
1	Abu batu basalt Skoria	2,48	1,88	26,65	1,62	1,05
2	Pasir Gunung Sugih	2,6	2,34	-	1,80	1,63

3.3. Air.

Air yang digunakan adalah air sumur yang dapat diminum. Tidak dilakukan pengetesan pada air.

3.4. Bahan Pencampur (Admixture)

Sebagai bahan admixture digunakan super plastiziser dari PT Fosroc Indonesia yaitu jenis Structuro 335. Structuro 335 berbeda dengan superplasticiser biasa, memiliki carboxylic ether polymer dengan rantai panjang. Ini sangat meningkatkan penyebaran (dispersion) butir semen. Pada

awal proses pencampuran, penyebaran electrostatis terjadi, tetapi kehadiran rantai lateral, terkait dengan polymer backbone, menghasilkan halangan sterik yang menstabilkan kapasitas partikel semen tetap terpisah dan tersebar. Mekanisme ini sangat mengurangi kebutuhan air dalam beton / mortar dapat mengalir (flowable concrete/flowable mortar).

Structuro 335 menggabungkan sifat pengurangan air dan dapat mempertahankan workability beton / mortar. Hal ini memungkinkan produksi beton / mortar kinerja tinggi dan / atau beton / mortar dengan workability yang tinggi.

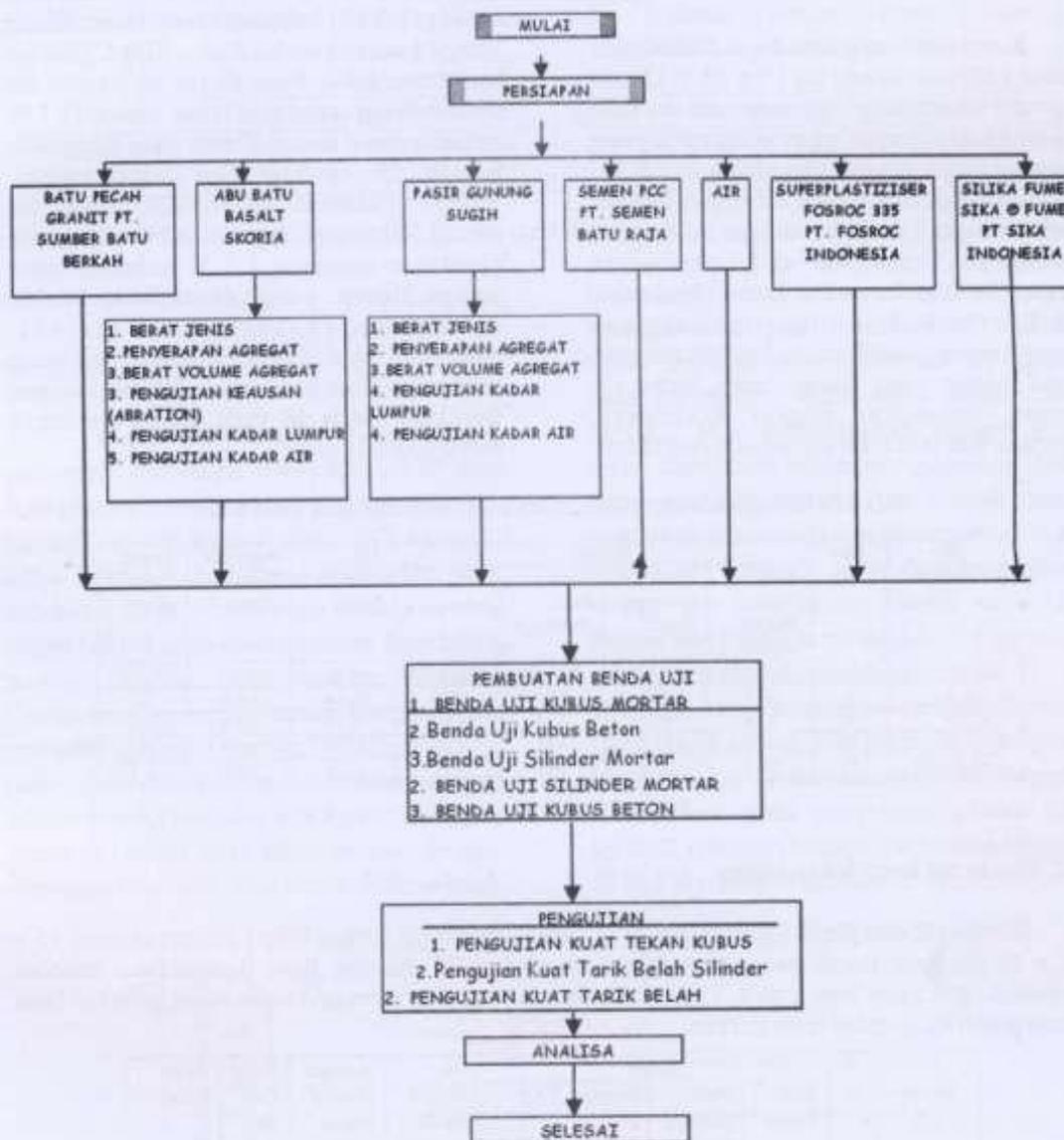
3.5 Bahan Pengisi (Additive)

Bahan Pengisi yang digunakan adalah silikafume dengan merk dagang Sika(R)Fume. Bahan ini berasal dari bubuk microsilika yang dipadatkan. Memenuhi persyaratan ASTM C 1240-00. Bahan ini

dilepaskan secara perlahan lahan untuk bereaksi dengan kapur bebas dalam proses hidrasi semen.

4. Alur Penelitian

Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Kegiatan

5. Pembuatan Benda Uji.

Benda uji yang dibuat adalah benda uji untuk :

- Uji kuat tekan mortar
- Uji kuat tarik belah mortar
- Uji kuat tekan beton

5.1. Benda uji kuat tekan mortar.

Komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 5. Ukuran benda uji 15 x 15 x 15 cm. Agregat halus merupakan campuran abu batu basalt Skoria dengan pasir alam yaitu pasir Gunung Sugih dengan perbandingan 1,5 : 1. Agregat halus dan semen dicampur dengan perbandingan 3,6. Perbandingan ini diambil berdasarkan kebiasaan pada pembuatan paving blok yaitu semen berbanding pasir adalah satu banding tiga sampai enam. Karena penelitian ini hendak mencari mutu mortar yang tinggi, maka faktor air semen berangsur angsur dikurangi. Berdasarkan faktor air semen ada empat tipe

benda uji yaitu: Tipe A : Faktor air semen 0,44. Faktor air semen ini dipilih karena pada faktor air semen ini mortar dapat dikerjakan tanpa tambahan super plastiziser. Slump yang dihasilkan adalah 6 cm. Tipe B : Faktor air semen 0,34. Pada faktor air semen ini adonan agak kering dan agak sulit dikerjakan tanpa tambahan super plastiziser. Oleh karena itu, maka ditambahkan super plastiziser sebanyak 0,5% terhadap berat semen. Slump yang dihasilkan adalah 8 cm. Tipe C : Faktor air semen 0,30. Pada faktor air semen ini ditambahkan super plastiziser sebanyak 1 % terhadap berat semen. Slump yang dihasilkan adalah 29 cm. Segregasi tidak terjadi. Tipe D : Faktor air semen 0,28. Faktor air semen dikurangi lagi. Ditambahkan super plastiziser sebanyak 1,5 % terhadap berat semen. Slump yang dihasilkan adalah 29 cm. Segregasi tidak terjadi. Pada tiap tipe dibuat 3 benda uji yang semuanya diuji pada umur 28 hari. Dengan demikian benda uji yang dibuat semuanya berjumlah 12 buah.

Tabel 5. Komposisi campuran mortar untuk pengujian kuat tekan

No Benda Uji	Tipe	Bahan				Air /Semen Rasio	Agregat /Semen Rasio	Super Plasti ciser
		Abu Batu Basalt Skoria	Pasir Gunung Sugih	Semen PCC Baturaja	Air			
		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	(-)	(-)	% *)
1,2,3	A	988	658	454	200	0,44	3,63	0
4,5,6	B	988	658	454	154	0,34	3,63	0,5
7,8,9	C	988	658	454	136	0,30	3,63	1
10,11,12	D	988	658	454	127	0,28	3,63	1,5

*) Persen terhadap semen

5.2. Benda uji kuat tekan beton

Komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 6. Benda uji berupa kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm. Batu pecah yang digunakan berasal dari PT Sumber Batu Berkah. Batu tersebut termasuk golongan batu granit. Tabel 6. Komposisi campuran beton dengan menggunakan batu pecah granit PT Sumber Batu Berkah.

No Benda Uji	Tipe	Bahan				Air /Semen Rasio	Agregat /Semen Rasio	Super Plasti ziser	Silika fume
		Batu Pecah	Pasir Gunung Sugih	Semen PCC Baturaja	Air				
		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	(-)	(-)	% *)	% *)
13,14,15	E	988	658	454	200	0,44	3,63	0	0
16,17,18	F	988	658	454	154	0,34	3,63	1,1	10

*) Persen terhadap semen

5.3. Benda uji kuat tarik belah mortar

Komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 6. Benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Komposisi

campuran sama dengan benda uji kubus tipe A, ditambah dengan super plasticiser sebanyak 1,5 % dan silikafume 10%, masing masing terhadap berat semen. Lihat Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi campuran mortar untuk pengujian kuat tarik belah.

No Benda Uji	Tipe	Bahan				Air /Semen Rasio	Agregat /Semen Rasio	Super Plasti ciser	Silika fume
		Abu Batu Basalt Skoria	Pasir Gunung Sugih	Semen PCC Baturaja	Air				
		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³				
19,20,21, 22	G	988	658	454	200	0,44	3,63	1	10

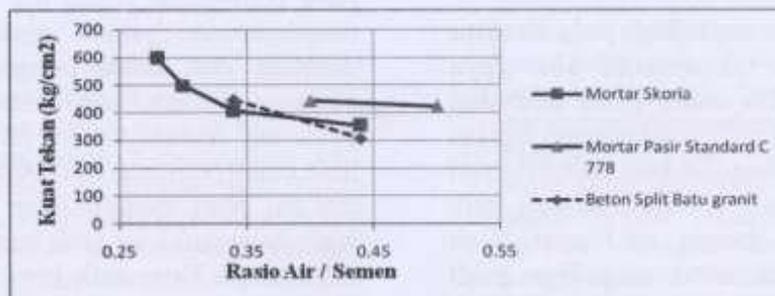
*) Persen terhadap semen

6. Hasil uji dan diskusi.

6. 1. Kuat Tekan Mortar.

Kuat tekan mortar yang didapat pada rasio air/semen 0,44 ; 0,34 ; 0,30 dan 0,29 masing masing adalah 352 kg/cm²; 405 kg/cm² ; 497 kg/cm²; dan 597 kg/cm². Lihat Tabel 8. Sebagaimana disebutkan pada sub bab 2.2, penelitian yang dilakukan oleh Husni (2010) menyatakan bahwa kuat tekan mortar dengan menggunakan Portland Composite Cement PT Semen Baturaja pada perbandingan pasir standard C778/semen = 2, rasio Air/Semen 0,4 dan 0,5 masing masing adalah 444 kg/cm² dan 424 kg/cm². Dengan demikian maka kuat tekan mortar dengan menggunakan abu batu basalt Sokria tidak

berbeda jauh dengan kuat tekan mortar yang menggunakan pasir standard C778. Kuat tekan tertinggi pada percobaan ini adalah pada air/semen 0,29 yaitu sebesar 597 kg/cm². Bila dibandingkan dengan kuat tekan campuran beton menggunakan batu pecah granit PT Sumber Batu Berkah, maka kuat tekan beton pada Air/ Semen rasio 0,34 adalah 447 kg/cm², sedangkan kuat tekan mortar abu batu basalt Sokria pada Air/ Semen rasio yang sama adalah 405 kg/cm², sehingga terdapat perbedaan sebesar 10 %. Sedangkan kuat tekan beton pada Air/ Semen rasio 0,44 adalah 306 kg/cm², sedangkan kuat tekan mortar abu batu basalt Sokria pada Air/ Semen rasio yang sama adalah 352 kg/cm², sehingga terdapat perbedaan sebesar 13 %. Lihat Tabel 9 dan Gambar 3.



Gambar 3 : Perbandingan kuat tekan mortar dengan pasir abu batu Skoria, mortar pasir standard C 778 dan beton split batu granit

Tabel 8. Kuat tekan mortar dengan superplasticiser Structuro 335 pada umur 28 hari

No Benda Uji	Tipe	Berat Volume	Berat Volume Rata2.	Air /Semen Rasio	Slump	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata2
		ton/m3	ton/m3			kg/cm2	kg/cm2
1	A	2.28	2.27	0,44	6	351,1	352,6
2		2.25				360,0	
3		2.28				346,6	
4	B	2.22	2.25	0,34	8	400,0	405,9
5		2.28				391,1	
6		2.25				426,7	
7	C	2.37	2.34	0,3	29	515,6	497,8
8		2.31				480,0	
9		2.34				497,8	
10	D	2.31	2.34	0,28	29	631,1	597,0
11		2.37				546,6	
12		2.34				613,3	

Tabel 9 .Kuat tekan campuran beton menggunakan batu pecah granit PT Sumber Batu Berkah

No Benda Uji	Tipe	Berat Volume	Berat Volume Rata2.	Air /Semen Rasio	Slump	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata2
		ton/m3	ton/m3			Kg/cm2	Kg/cm2
13	E	2.49	2.49	0,44	12,5	297,8	306,67
14		2.52				311,1	
15		2.46				311,1	
16	F	2.49	2.50	0,34	6	462,2	447,40
17		2.55				466,7	
18		2.46				413,3	

6.2 Kuat tarik belah.

Gaya yang bekerja pada struktur selain gaya tekan juga ada gaya tarik. Karena itu maka perlu diketahui besarnya gaya tarik yang mampu dipikul oleh mortar. Pengujian kuat tarik belah ini dilakukan untuk mengetahui kuat tarik mortar pada benda uji. Empat buah silinder dibuat untuk diuji. Tiga buah diantaranya diuji tarik dan satu buah diuji tekan. Pengujian kuat tarik beton secara

langsung sulit dilakukan. Kesulitannya pada pembuatan benda uji, yaitu pada penangannan bagian ujung sampel. Karena itu maka pengujian tarik biasanya diadakan secara tidak langsung yaitu test lentur (*flexure test*) dan test tarik belah (*splitting test*). Kedua macam test ini akan menghasilkan nilai yang lebih kecil dari kuat tarik langsung yang sebenarnya. Kuat tarik beton bervariasi antara 8% sampai 15 % dari kuat tekannya. Faktor yang mempengaruhi

persentase tersebut adalah metode pengetesan tarik, ukuran benda uji, kekasaran permukaan agregat dan bentuk agregat, dan kelembaban benda uji. Bentuk agregat yang runcing akan menghasilkan persentase yang lebih tinggi. Alasan utama dari kuat tarik yang kecil ini adalah kenyataan bahwa beton dipenuhi oleh retak-retak halus. Retak-retak ini tidak berpengaruh besar bila beton menerima beban tekan karena beban tekan menyebabkan retak menutup sehingga memungkinkan terjadinya penyaluran tekanan. Jelas ini tidak terjadi bila balok menerima beban tarik. Meskipun biasanya diabaikan dalam perhitungan desain, kuat

tarik tetap merupakan sifat penting yang mempengaruhi ukuran beton dan seberapa besar retak yang terjadi. Selain itu, kuat tarik balok beton akan selalu mengurangi besar lendutan. Kuat tarik pada beton / mortar waktu mengalami lentur sangat penting ketika sedang meninjau retak dan lendutan pada balok. Pada uji ini, kuat tarik belah yang dihasilkan sebesar 129 kg/cm², sementara kuat tekannya sebesar 650 kg/cm². Dengan demikian maka besarnya kuat tarik adalah 19% terhadap kuat tekan. Persentase yang tinggi ini diduga disebabkan karena permukaan abu batu basalt Skoria kasar dan bersudut.

Tabel 10. Kuat tarik belah silinder mortar

No Benda Uji	Tipe	Berat Volume	Berat Volume Rata2.	Air /Semen Rasio	Slump	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik Belah Rata2
		ton/m ³	ton/m ³		cm	Kg/cm ²	Kg/cm ²
19	G	2,17	2,17	0,44	10	129,94	129,72
20		2,17				129,94	
21		2,17				129,29	

Tabel 11. Kuat tekan silinder mortar

No Benda Uji	Tipe	Berat Volume	Berat Volume Rata2.	Air /Semen Rasio	Slump	Kuat Tekan
		ton/m ³	ton/m ³		cm	Kg/cm ²
22	G	2,17	2,17	0,44	10	650

7. Kesimpulan

1. Kuat tekan tertinggi mortar pada percobaan ini adalah pada air/semen 0,29 yaitu sebesar 597 kg/cm².
2. Bila dibandingkan dengan Kuat tekan campuran beton menggunakan batu pecah granit PT Sumber Batu Berkah, maka kuat tekan beton pada Air/ Semen rasio 0,34 adalah 447 kg/cm², sedangkan kuat tekan mortar abu batu basalt Sokria pada Air/ Semen rasio yang sama adalah 405 kg/cm², sehingga terdapat perbedaan sebesar 10 %.
3. Pada uji ini kuat tarik belah yang dihasilkan sebesar 129 kg/cm², sementara kuat tekannya sebesar 650 kg/cm². Dengan demikian maka besarnya kuat tarik adalah 19% terhadap kuat tekan. Persentase yang tinggi ini diduga disebabkan karena permukaan abu batu basalt Skoria kasar dan

Ucapan Terima Kasih.

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Bapak. Maniso Budiawan, Bapak Marsidi Marsono, Bapak Ongki Purwanta dan Bapak Ali Muntaha dari PT Semen Baturaja (Persero), kepada Bapak Arifin dan Pak Djoko dari PT Fosroc Indonesia dan seluruh staf laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bandar Lampung untuk bantuannya dalam penyiapan dan pengumpulan data.

Daftar Pustaka.

1. Pane Nugraha dan Antoni 2007 dari Material, Pembuatan, ke Kinerja Tinggi
2. Ir. Tri Mulyono MT. 2004,2005 Teknologi Beton
3. Ir.Lilies Widodojoko, Analysis of the use of brackish sand for making mortar in

Mutun Beach, South Lampung regency, Konferensi Teknik Sipil 4, Sanur,Bali, 3 Juni 2010.

4. Dinas Pertambangan dan Energi Pemerintah Propinsi Lampung, Potensi sumber Daya Mineral Propinsi Lampung, 2005

5. Dr. Ir. Maulid M. Iqbal, MS. Study Ekspirimental Pengaruh Modulus Kehalusan Pasir sungai terhadap kuat tekan beton mortar. Seminar Teknologi Beton Kerja Sama LPJK Sumatera Selatan dan PT. Semen Batu Raja Palembang , 31 Maret 2010

6. Departemen Pekerjaan Umum 1991, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, SK.SNI 03-1974-1990, Yayasan