

STUDI EKSPERIMEN PENGGUNAAN ABU AMPAS KOPI SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI PARSIAL SEMEN PADA PEMBUATAN BETON

Yulius Rief Alkhaly, Meutia Syahfitri

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh

email: yr.alkhaly@gmail.com

Abstrak

Semen merupakan bahan pengikat agregat dalam pembuatan beton. Semen yang bereaksi dengan air, selain menghasilkan Calcium Silicate Hydrate (CSH) juga menghasilkan senyawa sampingan yaitu kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Senyawa Ca(OH)_2 memberi dampak buruk terhadap kualitas beton. Untuk mengatasinya, dalam adukan beton ditambahkan bahan posolan (pozzolanic material) yang mengandung silika (SiO_2) yang akan bereaksi dengan Ca(OH)_2 untuk menghasilkan CSH sekunder. Material posolan organik dapat berupa limbah industri pangan (agro waste). Salah satu limbah agro waste yang belum dimanfaatkan dengan baik adalah ampas kopi. Pada penelitian ini, abu ampas kopi digunakan sebagai material pengganti sebagian semen. Ampas kopi yang digunakan dibakar dalam furnace pada suhu 700°C dan kemudian diayak dengan saringan No. 200 ($75 \mu\text{m}$). Material lain yang digunakan adalah kerikil berasal dari desa Krueng Sawang dan semen Andalas Tipe I. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi $150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ dengan masing-masing variasi 5 buah benda uji. Kuat tekan rencana beton normal 20 MPa dengan faktor 0,484. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat umur beton 56 hari. Hasil pengujian berdasarkan persentase abu ampas kopi 5%, 10%, 15%, dan 25% terhadap volume semen didapat kuat tekan berturut-turut 26,085 MPa, 20,162 MPa, 20,080 MPa, dan 15,358 MPa. Sedangkan kuat tekan beton normal tanpa substitusi abu ampas kopi didapat sebesar 25,406 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa penggantian parsial abu ampas kopi sebesar 5% terhadap semen dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 2,67% dari beton normal. Selanjutnya, pada substitusi 10% dan 15%, hasil kuat tekan masih memenuhi kuat tekan rencana (f_c').

Kata kunci: Semen, Abu ampas kopi, Posolan, Kuat tekan beton

1 Pendahuluan

Reaksi kimia semen dan air selain menghasilkan Kalsium Silikat Hidrat (CSH), juga membentuk senyawa kimia lain yaitu Kalsium Hidroksida (Ca(OH)_2). Senyawa ini bersifat basa dan bereaksi hebat dengan berbagai asam sehingga dapat merugikan dan menurunkan kualitas atau mutu beton. Agar efek tersebut dapat dikurangi, maka dalam adukan beton ditambahkan bahan yang bersifat posolan (pozzolanic material).

Material posolan dapat berupa non organik maupun organik. Posolan non organik semisal abu terbang (fly ash), bottom ash, dan silica fume. Sedangkan posolan organik dapat berupa abu jerami padi, abu sekam padi, abu serbuk kayu, dan abu ampas tebu. Keseluruhan bahan organik ini merupakan hasil dari limbah industri pangan (agro waste).

Limbah industri pangan dapat menimbulkan masalah dalam penanganannya, karena mengandung karbohidrat, protein, lemak, garam-garam mineral dan juga sisa-sisa bahan kimia yang dipergunakan dalam proses pengolahan dan pembersihan. Limbah yang semakin banyak dan menumpuk akan berbau dan menjadi sumber berkembangnya mikroba yang pada akhirnya juga akan menimbulkan berbagai macam penyakit, sehingga limbah industri pangan perlu penanganan yang baik.

Salah satu limbah organik yang banyak di Aceh adalah ampas kopi. Ampas kopi juga merupakan limbah industri pangan yang dihasilkan dari pengolahan biji kopi. Dari 0,50 kg bubuk kopi yang siap digunakan menghasilkan $\pm 0,34$ kg Ampas kopi. Sebagaimana halnya limbah industri pangan yang lain, maka limbah ampas kopi mempunyai potensi dimanfaatkan sebagai material substitusi sebagian semen.

Penelitian ini merupakan studi eksperimen penggunaan limbah ampas kopi yang dihaluskan hingga 75 μm . Abu ampas kopi dari limbah ini dipakai sebagai material substitusi semen dalam pembuatan beton normal. Besarnya proporsi abuampas kopi 5%, 10%, 15% dan 25% dari volume semen pada campuran beton dengan kuat tekan rencana (f_c') 20 MPa. Pengujian dalam penelitian ini hanya dilakukan terhadap kuat tekan pada umur 56 hari (2 x 28 hari).

2 Tinjauan Kepustakaan

2.1 Material Posolan Limbah Industri Pangan

2.1.1 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi diperoleh dari pembakaran kulit padi. Kulit padi yang telah mengalami proses pembakaran akan berwarna keabu-abuan pada kondisi alami. Menurut Kartini K, 2011, abu sekam padi mengandung silika (SiO_2) 90% - 95% setelah pembakaran 24 jam pada temperatur 600°C- 800°C. Komposisi kandungan abu sekam padi diperlihatkan pada **Tabel 1** berikut:

Tabel 1 Komposisi kandungan kimia abu sekam padi

Komposisi kimia	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	SO_3	LOI
%	96,70	1,01	0,05	0,19	0,49	0,26	0,91	-	4.81

Sumber: Kartini. K, 2011.

Abu sekam padi dalam campuran beton dapat meningkatkan kemudahan kerja (*workability*), menurunkan retak thermal, susut plastis, meningkatkan kekuatan, impermeabilitas dan durabilitas beton (Mishra, S., and Deodhar, S. V., 2011). Kartini K, 2011, menyatakan bahwa abu sekam padi dapat disubstitusikan sebesar 30%-40% dari berat semen. Selanjutnya, Van Tuan, et.al, 2011, menyatakan bahwa kuat tekan beton meningkat secara linier ketika partikel abu sekam padi semakin halus.

2.1.2 Abu Cangkang Kelapa Sawit

Sata, V., et. al, 2004, melaporkan bahwa abu cangkang kelapa sawit ukuran 7,4 μm dapat menjadi material pengganti parsial semen pada campuran beton sebesar 20%-30%. Hasil kuat tekan yang diperoleh setara dengan campuran beton tanpa abu cangkang kelapa sawit, sedang durabilitasnya menunjukkan peningkatan. **Tabel 2** memperlihatkan komposisi kandungan kimia abu cangkang kelapa sawit.

Tabel 2: Komposisi kandungan kimia abu cangkang kelapa sawit

Komposisi kimia	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	LOI
%	65,3	2,6	2	3,1	6,4	0,3	5,7	0,5	10,1

Sumber: Sata, V., et.al., 2004.

2.2 Kuat tekan

SNI 03-1974-1990 memberi definisi kuat tekan beton (f_c') sebagai besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. SNI 2847:2013 mensyaratkan bahwa f_c' ditentukan melalui pengujian silinder pada umur 28 hari.

Besarnya kuat tekan dari benda uji silinder (**Gambar 1**) diperhitungkan sebagai berikut:

$$f_c' = P/A \quad (2.1)$$

dalam hal ini:

f_c' = Kuat tekan (MPa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)



Gambar 1. Ilustrasi gaya pada pengujian kuat tekan

Penelitian Sata, V., et. al, 2004, memperlihatkan bahwa kuat tekan beton yang mengandung abu cangkang kelapa sawit sebesar 10% - 30% diuji umur 60 hari akan lebih tinggi dibandingkan pada umur 28 hari yaitu sebesar 21% - 24%. Reaksi kimia senyawa posolan terjadi seketika setelah reaksi semen dan air, reaksi posolan ini berlangsung lambat dibanding reaksi semen dan air.

3 Metodologi Penelitian

3.1 Penyiapan ampas kopi

Ampas kopi hasil dari pengolahan minuman kopi dipisahkan dari material lain, kemudian dicuci sampai bersih lalu dikeringkan dengan cara dijemur. Setelah kering, ampas kopi dibakar pada oven dengan suhu stabil 200°C selama 4 jam untuk mendapatkan arang sekam dan kemudian dibakar kembali pada suhu 700°C pada *furnace* elektrik. Selanjutnya ampas kopi dihaluskan dan diayak dengan saringan No.200 sehingga menjadi abu (**Gambar 2**). Pada penelitian ini tidak dilakukan uji kandungan senyawa kimia dalam abu ampas kopi.



Gambar 2. Abu Ampas Kopi Lolos Saringan No. 200

3.2 Material

Jenis semen yang dipakai berupa semen portland tipe I produksi PT. Semen Andalas Indonesia dengan jaminan mutu sesuai SNI 15-2049-2004. Pasir dan kerikil yang digunakan berasal dari Krueng Mane. Air adukan beton berasal dari Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh.

Data material hasil pengujian di laboratorium dan parameter lain yang digunakan dalam rancangan beton diperlihatkan sebagaimana **Tabel 1** berikut:

Tabel 1. Parameter rancangan campuran beton

No.	Parameter	Data
1	Kuat tekan rencana, f_c' (MPa)	20
2	Tipe semen	Semen Portland, tipe I
3	Ukuran maksimum nominal agregat kasar (mm)	20

4	Jenis agregat halus	Pasir sungai	
5	Jenis agregat kasar	Kerikil sungai	
6	Berat jenis	Semen	3,028
		Ampas Kopi	1,527
		Pasir (SSD)	2,531
		Kerikil (SSD)	2,603
7	Berat volume (kg/m ³)	Pasir (padat)	1516
		Kerikil (padat)	1603
8	Modulus halus butir	Pasir	2,465
		Kerikil	2,073
9	Kadar kelembaban (%)	Pasir	1,283
		Kerikil	1,297
10	Absorpsi (%)	Pasir	4,131
		Kerikil	1,850
11	Slump rencana (mm)	25-125	
12	Bahan tambah kimia	Tidak ada	

3.3 Analisa Saringan Agregat

Hasil analisa saringan terhadap agregat halus dan agregat kasar diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Analisa saringan agregat

Ukuran saringan (mm)	% Loloskomulatif	
	Pasir	Kerikil
38,10	-	100.000
19,00	-	100.000
12,7	-	58.747
9,50	100,000	32.447
4,75	100,000	1.500
2,36	94,670	
1,18	80,581	-
0,6	51,006	-
0,3	22,308	-
0,15	4,925	-
Modulus halus butir	2,465	2,073

3.4 Benda Uji Beton

3.4.1 Komposisi Campuran

Hasil rancangan komposisi campuran beton (*mix design*) mengacu pada SNI 03-2834-2000 (volume absolut) diperlihatkan pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3: Proporsi campuran beton 1m³

No.	Jenis Beton	% Ampas Kopi	Benda Uji (bh)	Proporsi per m ³ beton (kg)				
				Air	Semen	Pasir	Kerikil	Ampas Kopi
1	BN	0%	5	221,13	403,00	698,10	1017,77	0,00
2	BAK5	5%	5	221,13	383,39	698,10	1017,77	10,65
3	BAK10	10%	5	221,13	362,26	698,10	1017,77	19,81
4	BAK15	15%	5	221,13	341,13	698,10	1017,77	30,45
5	BAK25	25%	5	221,13	301,90	698,10	1017,77	50,23

3.4.2 Penyiapan dan Perawatan Benda Uji

Pengadukan dilakukan menggunakan molen laboratorium kapasitas kecil bertipe *drum*. Benda uji dicor menggunakan cetakan silinder baja standar berukuran 150 mm x 300 mm sebanyak 5 benda uji untuk masing-masing jenis beton. Pemasangan dilakukan dengan batang penumbuk pada 3 lapisan, yang masing-masing lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali. Setelah berumur 4 jam, permukaan benda uji diberi lapisan kaping pasta semen agar menjadi rata dan halus. Pada saat umur benda uji mencapai 24 jam, cetakan baja dilepas, kemudian dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air pada suhu ruangan selama 56 hari.

3.4.3 Prosedur uji tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin uji tekan hidrololik berkapasitas 2000 kN merek Tatonas (**Gambar 3**) yang telah dikalibrasi oleh KAN (Komite Akreditasi Nasional) Indonesia. Pengujian ini dilakukan pada umur benda uji 56 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan sesuai dengan ketentuan dalam SNI 03-1974-1990.

**Gambar 3.** Mesin uji tekan

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Perbandingan Tinggi Slump Campuran

Pengukuran *slump* dilakukan menggunakan kerucut Abram. Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui kekentalan (konsistensi dan kohesi) dan kemudahan kerja (*workability*) dari adukan beton basah dengan yang ditunjukkan oleh nilai

slump. Hasil pengukuran tinggi *slump* untuk masing-masing jenis beton adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai *slump* adukan beton

No.	Jenis Beton	Slump (mm)
1	BN	60
2	BAK5	62
3	BAK10	56
4	BAK15	60
5	BAK25	58

Dari **Tabel 4** memperlihatkan bahwa nilai *slump* untuk kedua jenis beton basah memenuhi syarat *slump* rencana 25 mm-125 mm, dengan demikian kekentalan (konsistensi dan kohesi) dan kemudahan kerja (*workability*) cukup baik untuk semua campuran.

4.2 Perbandingan Berat Sampel dan Kuat Tekan

Tabel 5 memperlihatkan hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata untuk 5 benda uji silinder beton untuk masing-masing jenis beton.

Tabel 5. Berat dan kuat tekan masing-masing sampel beton

Jenis Beton	No Sample	Berat Sample (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Rerata (MPa)	Std Deviasi	Koef Variasi
BN	1	12524,3	23,938	25,406	1,210	4,760
	2	12318,2	24,844			
	3	12540,2	27,233			
	4	12545,0	25,619			
	5	12463,8	25,398			
BAK5	1	12228,5	27,046	26,085	0,680	2,610
	2	12422,2	25,149			
	3	12468,5	26,050			
	4	12372,1	25,942			
	5	12543,4	26,236			
BAK10	1	12240,4	20,807	20,162	0,910	4,510
	2	12351,8	20,603			
	3	12457,2	21,005			
	4	12483,8	18,933			
	5	12264,3	19,465			
BAK15	1	12095,3	20,716	20,080	0,710	3,540
	2	12118,5	19,074			
	3	11990,0	20,541			
	4	12087,2	19,601			
	5	11974,8	20,467			

BAK25	1	12024,2	15,672	15,358	0,410	2,670
	2	11825,7	14,998			
	3	11956,2	14,845			
	4	11720,0	15,745			
	5	11980,6	15,530			

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 56 hari (2 x 28 hari) hal ini dikarenakan proses hidrasi semen berlangsung hingga 28 hari dan senyawa Ca(OH)_2 yang dihasilkan mencapai optimum pada umur tersebut. Selanjutnya karena reaksi posolanik antara material posolan dengan Ca(OH)_2 berlangsung lambat untuk menghasilkan Kalsium Silikat Hidrat (CSH) sekunder, maka diberikan waktu tambahan selama 28 hari lagi agar reaksi dapat berlangsung. Secara visual, tipikal hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton abu ampas kopi diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 4. Tampak Visual Beton Normal dan Beton Ampas Kopi

Hasil pengujian yang ditampilkan pada **Tabel 3** didapat kuat tekan beton normal yaitu 25,406 MPa. Kemudian pada penggantian parsial semen sebesar 5% dengan ampas kopi kuat tekan meningkat 2,67% dari beton normal menjadi 26,085 MPa, sedangkan pada penggantian parsial semen sebesar 10% kuat tekan menurun 20,64% dari beton normal menjadi 20,162 MPa, begitu juga pada penggantian parsial semen sebesar 15% kuat tekan menurun 20,96% dari beton normal menjadi 20,080 MPa. Terakhir, pada penggantian parsial semen sebesar 25% kuat tekan mengalami penurunan drastis sebesar 39,55% dari beton normal menjadi 15,358 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 56 hari diatas, terlihat bahwa abu ampas kopi berukuran 75 μm dapat menjadi material pengganti parsial semen sebesar 5% dan mampu meningkatkan kuat tekan beton. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi antara silika dalam abu ampas kopi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) telah terjadi dan menghasilkan Kalsium Silikat

(CSH) sekunder. Adanya senyawa CSHsekunder tersebut, maka rongga-rongga yang ada pada beton akan terisi oleh CSHsekunder dan menjadi *binder* tambahan sehingga beton menjadi lebih padat. Sedangkan untuk penggantian parsial semen 10%, 15% dan 25% kuat tekan mengalami penurunan dari beton normal, hal ini diduga sebagian abu ampas kopi tidak bereaksi dengan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sehingga hanya berfungsi sebagai *filler*. Kurangnya reaksi abu ampas kopi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sangat terkait dengan kehalusan abu ampas kopi itu sendiri sebagaimana abu sekam padi pada penelitian Van Tuan, et. al, 2011 dan abu cangkang kelapa sawit pada penelitian Sata, V., et. al, 2004.

Pada penggantian parsial semen 10% dan 15% walau mengalami penurunan kuat tekan dari yang dicapai beton normal, kuat tekan yang didapat masih mampu mempertahankan kuat tekan rencana, f_c' sebesar 20 MPa. Secara keseluruhan, studi ini menunjukkan bahwa abu ampas kopi dapat digunakan sebagai material alternatif pengganti parsial semen dalam campuran beton.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari uraian di atas maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Keseluruhan jenis campuran beton memberikan nilai *slump* yang menunjukkan bahwa campuran beton memiliki kemudahan untuk: diaduk, dicor, dipadatkan, dan dilakukan penyelesaian akhir.
2. Studi ini menunjukkan bahwa abu ampas kopi 75 μm dapat menjadi material pengganti parsial semen hingga 15% dari volume semen, dan pada penggantian parsial 5% memberikan hasil terbaik.

5.2 Saran

Beberapa saran sebagai bentuk rekomendasi yang dapat disampaikan terkait dengan studi ini adalah:

1. Perlu adanya penelitian mengenai variasi suhu pembakaran ampas kopi untuk memperoleh suhu pembakaran yang menghasilkan abu ampas kopi dengan kandungan silikat yang lebih reaktif.
2. Perlu dilakukan analisa kandungan senyawa dalam abu ampas kopi dan penelitian lanjutan yang menggunakan ukuran partikel abu ampas kopi yang lebih halus.

Daftar Kepustakaan

- Anonim, 2000, SNI 03-2834-2000: *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*, Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta;
- Anonim, 2004, SNI 15-2049-2004: *Semen portland*, Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta;
- Kartini, K. 2011, **Rice Husk Ash - Pozzolanic Material for Sustainability**, International Journal of Applied Science and Technology, Vol. 1, No. 6, pp.169-178;

- Mishra, S., and Deodhar, S. V., 2011, **Effect of Rice Husk Ash on Cement Mortar and Concrete**, <http://www.nbmaw.com/articles/concrete/18708-effect-of-rice-husk-ash-on-cement-mortar-and-concrete.html>, diunduh 12 Januari 2013;
- Sata, V., et. al, 2004, **Utilization of Palm Oil Fuel Ash in High-Strength Concrete**, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 16, pp. 623-628;
- Van Tuan, N., et al., 2011, **The Study of Using Rice Husk Ash to Produce Ultra High Performance Concrete**, Construction and Building Materials, Vol. 25 (2011) pp. 2030-2035.