

Deskripsi

SEMEN CEPAT GEOPOLIMER DAN METODA PEMBUATANNYA

5 **Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berhubungan dengan komposisi bahan, metode pembuatan dan produk semen cepat (*rapid-set high-strength*) geopolimer. Lebih khusus invensi ini tidak menggunakan akselerator dan berbahan baku abu terbang yang diaktivasi dengan
10 larutan natrium silikat.

Latar Belakang Invensi

Kebutuhan akan semen cepat (*rapid setting cement*), yaitu semen yang cepat keras (*matang*) dan dapat mencapai kekuatan tinggi
15 dalam waktu relatif singkat cukup mendesak, misalnya sebagai bahan semen untuk reparasi landas pacu pesawat, jalan raya yang sibuk, dan jalur busway yang padat. Semen yang memenuhi kebutuhan tersebut sudah dapat diperoleh di pasaran namun dengan harga yang sangat tinggi. Semen yang termasuk dalam kategori ini
20 berbahan dasar magnesium fosfat, Ca sulfoaluminat dan Ca fluoroaluminat. Selain itu, akselerator juga dapat ditambahkan pada semen konvensional (*Portland*) untuk mempercepat pencapaian kuat optimum. Akselerator yang murah dan umum dipakai adalah garam-garam klorida, namun tidak direkomendasi oleh American
25 Concrete Institute untuk aplikasi pada beton bertulang karena dapat menyebabkan korosi pada tulangan baja.

Geopolimer merupakan material polimer anorganik yang tersusun atas atom Si dan Al yang tersusun dalam jaringan 3 dimensi. Material ini memiliki sifat gabungan antara polimer anorganik (plastik) dan keramik. Geopolimer disintesa dari bahan
30 dasar yang berupa senyawa alumina - silika dengan aktivator yang berupa larutan alkali silikat. Pelarutan dari alumina - silika oleh alkali akan menghasilkan monomer Si(OH)_4 dan Al(OH)_4 yang kemudian akan terpolikondensasi menjadi polimer alkali

aluminosilikat yang memiliki struktur jaringan (*cross-link*) 3 dimensi.

Geopolimerisasi merupakan proses aktivasi bahan baku (prekursor) yang berupa silika-alumina dengan aktivator larutan alkali silikat. Prosesnya meliputi pelarutan prekursor dengan aktivator diikuti oleh pengerasan (*curing*) pada suhu ambien menjadi padatan yang disebut geopolimer. Proses pengerasan geopolimer berbeda dengan pengerasan pada semen Portland yang merupakan proses hidrasi yang bersifat eksotermis. Proses pengerasan pada geopolimer merupakan reaksi polikondensasi yang bersifat endotermis, yang oleh karenanya laju pengerasan dapat ditingkatkan dengan meningkatkan suhu *curing*.

Invensi sebelumnya yang dikemukakan oleh R.J. Schultz pada tahun 1980 pada paten bernomor US Patent 4,209,335 dengan judul : *Rapid setting accelerators for cementitious compositions*. Dalam paten tersebut diklaim bahwa suatu campuran yang terdiri dari kaarbonat logam alkali dan garam anorganik besi bermuatan 3+ (*ferric ion*)kecuali besi fosfat merupakan akselerator untuk ditambahkan pada semen untuk aplikasi sebagai shotcrete atau mortar yang diaplikasikan secara manual. Pada paten ini tidak diklaim kuat tekan yang dicapai produk pada interval waktu tertentu.

Pada tahun 1984 Richard Miller memperoleh hak paten bernomor US Patent 4,501,830 dengan judul: *Rapid-set lightweight cement*. Dalam paten tersebut diklaim bahwa suatu produk semen ringan dapat dibuat dari campuran semen konvensional, debu silika (*silica fume*), abu terbang cenosphere, partikel SiO₂ dan epoxy sebagai akselerator. Produk ini diklaim dapat mencapai kepadatan 90 pon/kaki³ dalam waktu 1 jam serta kuat tarik sebesar 600 psi dan kuat tekan sebesar 6000 psi dalam waktu 24 jam.

Ashish Dubey dalam US Patent 6,641,658 dengan judul: *Rapid setting cementitious composition* mengklaim suatu komposisi campuran yang terdiri dari 35-90 % berat Portland cement ASTM type III; 0-55 % berat pozolan; 5-15 % berat semen alumina dan

1-8 % berat kalsium sulfat anhidrat dapat mengeras dalam waktu singkat untuk dipergunakan dalam pembuatan papan semen. Pada paten ini juga tidak diklaim kuat mekanis produk pada suatu interval waktu.

5 Marianela Perez-Pena dan rekan mengajukan permohonan paten dengan nomor EP 1532080 dan US 1,670,427 pada tanggal 6 Juni 2007 dengan judul: *Very fast setting cement composition*. Mereka mengklaim bahwa penambahan senyawa alkanolamine dan fosfat pada campuran / slurry semen Portland, abu terbang, gipsum dan air
10 dengan suhu minimal 90°F dapat mempercepat pengerasan (*setting*) dan meningkatkan kuat tekan mula. Metode ini diaplikasikan pada pembuatan papan semen. Pada paten ini tidak diklaim kuat tekan yang dicapai pada interval waktu tertentu.

 Invensi ini menyediakan pasta semen nonkonvensional (non-
15 Portland) geopolimer tanpa akselerator dan metode pembuatannya. Pasta semen sesuai invensi ini cepat keras dan mencapai kuat tekan sebesar 4 MPa sampai dengan 46 MPa bergantung suhu curing yang dari suhu ruang (28°C) sampai 150°C dan waktu curing antara 4 jam sampai dengan 24 jam. Secara umum, kuat tekan meningkat
20 dengan naiknya suhu dan waktu curing.

Uraian Singkat Invensi

 Sesuai invensi ini disediakan suatu komposisi bahan untuk pasta semen cepat non-Portland, metode pembuatan dan produk
25 pasta semen cepat non-Portland tanpa akselerator. Komposisi bahan sesuai invensi ini terdiri dari kombinasi abu terbang dan larutan natrium silikat, sedangkan metode sesuai invensi ini meliputi langkah-langkah berikut: membuat larutan natrium silikat; mencampurkan larutan natrium silikat dengan abu terbang
30 sampai terbentuk pasta; mencetak pasta dengan menuang pasta ke dalam cetakan dan menutup rapat cetakan dan mengeringkan serta mengerasakan pasta. Produk semen pasta yang dihasilkan dari komposisi dan metode pembuatan sesuai invensi ini memiliki kuat tekan sebesar 4 MPa sampai dengan 46 MPa bergantung suhu curing

yaitu dari suhu ruang (28°C) sampai 150°C dan waktu curing antara 4 jam sampai dengan 24 jam.

Uraian Lengkap Invensi

5 Bahan baku pasta semen geopolimer terdiri dari abu terbang ASTM kelas F dan C dan larutan natrium silikat. Abu terbang diperoleh dari limbah Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang menggunakan batu bara.

10 Larutan natrium silikat yang dipakai memiliki komposisi sedemikian sehingga pasta geopolimer memiliki rasio molar seperti dicantumkan pada tabel 1.

Proses pencampuran dilakukan sebagai berikut:

- 15 a) Membuat larutan aktivator alkali berupa larutan natrium silikat dalam wadah yang terbuat dari plastik. Setelah terjadi reaksi dalam larutan (ditandai dengan kenaikan suhu), masukkan larutan ini kedalam abu terbang dan kemudian aduk sampai rata sampai membentuk pasta yang plastis.
- 20 b) Tuang pasta kedalam cetakan, tutup cetakan dengan rapat.
- 25 c) Pasta dalam cetakan kemudian didiamkan dalam suhu ruang atau dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 40-150 selama 4-24 jam sesuai kuat tekan yang diinginkan. Untuk aplikasi di lapangan, panaskan pasta dengan bantuan blower.

30 Produk pasta semen geopolimer yang dibuat dengan proses seperti diterangkan diatas dapat mencapai kuat tekan rata-rata dengan rentang sebesar 4 sampai dengan 46 dalam rentang waktu 4 sampai 24 jam setelah dicor. Uji tekan dilakukan sesuai standar ASTM C109. Hasil uji tekan pasta dengan komposisi seperti diterangkan diatas ditampilkan dalam tabel 2.

35 Contoh perhitungan komposisi sebagai berikut:
Abu terbang sebagai bahan baku akan memiliki komposisi kimia yang bervariasi bergantung pada batubara dan proses pembakarannya di PLTU. Sebagai contoh abu terbang yang dipakai disini memiliki komposisi kimia sesuai tabel 3. Uji komposisi

kimia abu terbang menggunakan teknik fluoresensi sinar-x. Untuk membuat pasta geopolimer dengan rasio molar sesuai dengan tabel 1, rasio abu terbang 57-67 dan larutan natrium silikat adalah 43-33 persen berat, bergantung pada komposisi abu terbang yang digunakan. Sedangkan komposisi larutan natrium silikat dalam persen berat sebagai berikut: NaOH : SiO₂ : H₂O = 27 : 8-10 : 65-63.

Tabel 1. Rasio molar pasta geopolimer

Atom / senyawa	Rasio molar
Na/Al	0,50-2,29
Si/Al	2,05-9,20
H ₂ O / Na ₂ O	23,33-18,55
SiO ₂ / Na ₂ O	1.8-1.33

10

Tabel 2. Hasil uji tekan kubus pasta geopolimer (5cm x 5cm x 5cm) abu terbang untuk tiap kombinasi suhu dan waktu curing

suhu °C	waktu jam	Sam pel no	Kuat tekan MPa	Kuat tekan rata-rata MPa
Ruang (28)	4	1	4.312	4.442
		2	4.702	
		3	4.312	
	8	1	9.016	9.147
		2	9.408	
		3	9.016	
	24	1	12.152	12.021
		2	12.152	
		3	11.76	
40	4	1	4.5	5.057
		2	4.5	
		3	4.9	
		4	4.66	
		5	6.86	
		6	5.88	
		7	4.9	
		8	4.41	
		9	4.9	
	24	1	13.17	13.033
		2	14.77	
		3	14.03	

		4	12.74	
		5	13.72	
		6	13.72	
		7	12.42	
		8	11.76	
		9	10.97	
50	4	1	10.38	6.816
		2	10.78	
		3	4.9	
		4	4.508	
		5	5.88	
		6	4.9	
		7	7.252	
		8	5.88	
		9	6.86	
	18	1	20.58	19.927
		2	16.66	
		3	17.64	
		4	24.50	
		5	18.62	
		6	22.54	
		7	20.58	
		8	17.64	
		9	20.58	
	24	1	15.68	21.048
		2	18.914	
		3	21.56	
		4	22.54	
		5	22.54	
		6	18.62	
7		23.52		
8		24.5		
9		21.56		
60	4	1	11.76	11.891
		2	12.152	
		3	11.76	
	8	1	13.72	14.831
		2	15.484	
		3	15.288	
	24	1	37.436	36.325
		2	30.38	
		3	41.16	
90	4	1	23.91	26.393
		2	27.44	
		3	27.83	
	8	1	40.76	34.620
		2	34.88	
		3	28.22	
	24	1	43.12	43.773
		2	45.08	

		3	43.12	
150	4	1	38.22	39.590
		2	40.18	
		3	40.37	
	8	1	41.16	46.387
		2	43.12	
		3	54.88	

Tabel 3. Contoh Komposisi kimia abu terbang

Rumus kimia	% berat	
	Kelas F	Kelas C
Al_2O_3	25,26	4.5523
SiO_2	47,2992	40.6029
S	0,2969	0.8019
K_2O	0,7009	3.5263
CaO	5,1482	16.4963
TiO_2	1,7579	2.1928
MnO	0,1238	1.7687
Fe_2O_3	16,5277	29.8185
SrO_2	0,1743	-
MgO	2,7074	-
ZrO_2	-	0.2403

5

10

15

Klaim

1. Suatu komposisi bahan untuk pasta semen cepat non-Portland tanpa akselerator, dicirikan terdiri dari kombinasi abu terbang dan larutan natrium silikat.
2. Suatu komposisi bahan untuk pasta semen cepat non-Portland seperti pada klaim 1, dimana persentase masing-masing bahan terhadap campuran dalam persen berat adalah abu terbang sebesar 57-67 dan natrium silikat 43-33.
3. Suatu komposisi bahan untuk pasta semen cepat non-Portland seperti pada klaim 1, dimana abu terbang yang digunakan adalah abu terbang yang sesuai dengan standar ASTM kelas F dan C.
4. Suatu komposisi bahan untuk pasta semen cepat non-Portland seperti pada klaim 1, dimana komposisi bahan pada larutan natrium silikat dalam persen berat adalah NaOH sebesar 27%; SiO₂ sebesar 8-10% dan H₂O sebesar 65-63.
5. Suatu komposisi bahan untuk pasta semen cepat non-Portland seperti pada klaim 1, dimana komposisi molar atom dan senyama dari pasta semen adalah Na/Al sebesar 0,50-2,29; Si/Al sebesar 2,05-9,20; H₂O/Na₂O sebesar 23,33-18,55 dan SiO₂/Na₂O sebesar 1,8-1,33.
6. Suatu metode untuk membuat pasta semen cepat non Portland seperti pada klaim-klaim sebelumnya, dimana meliputi langkah-langkah berikut:
 - membuat larutan natrium silikat;
 - mencampurkan larutan natrium silikat dengan abu terbang sampai terbentuk pasta;
 - mencetak pasta dengan menuang pasta ke dalam cetakan dan menutup rapat cetakan;
 - mengeringkan dan mengeraskan pasta.
7. Suatu metode untuk membuat pasta semen cepat non Portland seperti pada klaim 7, dimana mengeringkan dan mengeraskan

dilakukan dalam suhu ruang atau dengan memanaskan di dalam oven dengan suhu 40-150°C selama 4-24 jam.

8. Suatu produk pasta semen cepat non Portland yang dibuat dengan komposisi dan metode seperti pada klaim-klaim sebelumnya, dimana memiliki kuat tekan sebesar 4 MPa sampai dengan 46 MPa bergantung suhu, yaitu antar suhu ruang sampai 150°C dan waktu curing antara 4 sampai 24 jam.

10

15

20

25

30

35

Abstrak**SEMEN CEPAT GEOPOLIMER DAN METODA PEMBUATANNYA**

5 Invensi ini berkaitan dengan komposisi bahan untuk pasta
semen cepat kering non-Portland, metode pembuatan dan produk
pasta semen cepat non-Portland tanpa akselerator. Komposisi
bahan sesuai invensi ini terdiri dari kombinasi abu terbang dan
larutan natrium silikat, sedangkan metode sesuai invensi
10 inimeliputi langkah-langkah berikut: membuat larutan natrium
silikat; mencampurkan larutan natrium silikat dengan abu terbang
sampai terbentuk pasta; mencetak pasta dengan menuang pasta ke
dalam cetakan dan menutup rapat cetakan dan mengeringkan serta
mengeraskan pasta. Produk semen pasta yang dihasilkan dari
15 komposisi dan metode pembuatan sesuai invensi ini memiliki kuat
tekan 4 MPa sampai dengan 46 MPa bergantung suhu curing yaitu
dari suhu ruang (28°C) sampai 150°C dan waktu curing antara 4 jam
sampai dengan 24 jam