

Pemanfaatan Mineral Tambahan Untuk Reduksi Ekspansi Akibat Reaksi Alkali Silika

Mohd Isneini

Staff akademik jurusan teknik sipil Universitas Lampung, jln.Prof.Soemantri Brojonegoro No.1, Gedung meneng
Bandar Lampung, 35145

*E-mail korespondensi: mohd.isneini@eng.unila.ac.id

Abstrak: Ekspansi pada mortar maupun beton terjadi akibat reaksi kimia didalamnya. Beberapa mineral tambahan digunakan oleh para peneliti untuk mereduksi ekspansi akibat reaksi alkali silika (alkali silika reaction, ASR). Kombinasi agregat reaktif dengan agregat non reaktif dilakukan untuk mendapatkan ekspansi maksimum. Pembuatan benda uji mortar dibuat berdasar Metode JIS A1146. Spesimen di lakukan perawatan pada kondisi ruang dengan temperatur 40°C dan Kelembaban relatifitas 100°C. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa saat mineral tambahan digunakan pada mortar maka ekspansi akan berkurang.

Kata kunci: Agregat, Kombinasi, Mortar, Ekspansi

PENDAHULUAN

Ekspansi pada mortar maupun beton terjadi akibat reaksi antara alkali dan silika didalamnya. Pembuatan mortar dilakukan dengan memberikan proporsi 30:70 terhadap agregat reaktif dan agregat non reaktif yang digabung untuk mendapatkan ekspansi maksimum. Istilah reaktif merujuk pada kecenderungan agregat untuk retak/*breakdown* dibawah kondisi akibat alkali yang sangat tinggi dalam pore larutan dan bereaksi dengan alkali-hidroksid (sodium-potasium) untuk membentuk gel. Gel menyerap air kemudian mengembang lalu akibat tekanan internal akhirnya timbullah retak. Ekspansi adalah proses peningkatan sesuatu dalam ukuran, panjang misalnya. Penentuan perubahan panjang dapat ditentukan berdasar standar ASTM, RILEM atau JIS dan aturan lainnya. Agregat reaktif dipakai dalam penelitian ini, agregatnya mengandung opal. Hanya satu tipe aggregate non reaktif yang dipakai, yaitu agregat yang mengandung limestone. Pembuatan benda uji mortar dibuat berdasar Metode JIS A1146 (Japan Industrial Standards). Perawatan spesimen mortar di lakukan pada kondisi ruang dengan temperatur 40°C dan Kelembaban relatif 100°C. Adapun sifat fisik mineral yang digunakan dalam eksperimen dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Mineral tambahan dan kandungan kimia didalamnya

Kandungan	OPC	FA	SF	EPP
MgO, %	0.92	1.30	0.56	0.14
SiO ₂ , %	20.89	54.96	95.5	65.85
SO ₃ , %	2.02	0.49	0.18	-
Na ₂ O, %	0.35	1.07	-	4.68
K ₂ O, %	0.36	1.30	-	4.07
Al ₂ O ₃ , %	-	-	-	9.96
CaO, %	64.25	3.18	0.00	0.75
LoI	1.87	2.37	1.22	-

Sebagian semen digantikan dengan mineral tambahan seperti: abu terbang (FA), slag (ground granulated blast-furnace slag, GGBFS) serta silica fume (SF) merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk menghambat laju ekspansi (Malvar et al, 2006). Tiga macam mineral tambahan yang digunakan untuk mereduksi ekspansi akibat reaksi alkali silika beserta kandungan kimia yang terdapat didalamnya, seperti abu terbang (Fly ash (FA)), Silica fume (SF), dan bubuk perlite yang mengembang (expanded perlite powder (EPP)) digunakan dalam penelitian ini. Bahan FA dan SF memenuhi spesifikasi dari japanenese industrial standards (JIS): JIS A 6201, and JIS A 6207. Abu terbang serta silica fume merupakan material yang berada di Jepang, sedangkan bubuk perlite berasal dari Turki. Indonesia memiliki mineral tambahan yang juga dapat dimanfaatkan pada mortar maupun pada beton. Pada Tabel 2. Dapat dilihat rincian tipe batuan dengan kandungan mineral reaktif nya (Folliard et al 2005, Kosmatka 2005).

Gambar agregat limestone (agregat halus dan agregat kasar) dan agregat andesite yang mengandung opal dapat dilihat pada Foto 1 dan Foto 2, seperti terlihat berikut ini:



FOTO 1. Agregat limestone



FOTO 2. Agregat andesite

Tabel 2. Tipe batuan dengan kandungan mineral reaktif

Tipe Batuan		Mineral Reaktif dan kaca
Andesite	Hornfels	Cristobalite
Arenite	Quartz-arenite	Cryptocrystalline (or microcrystalline) quartz Opal
Argillite	Quartzite	Strained quartz Tridymite
Arkose	Rhyolite	Volcanic glass
Basalt	Sandstone	
Chert Flint	Shale	
Gneiss	Silicified carbonate	
Granite	Siltstone	
Greywacke	Tuff	

METODE PENELITIAN

Pembuatan benda uji mortar maupun beton dapat dilakukan berdasarkan Standar Amerika, Jepang ataupun Eropa. Pembuatan benda uji mortar dilakukan berdasarkan Standar Industri Jepang (Japanese Industrial Standard-JIS): JIS A 1146. Berbagai macam proporsi campuran dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 3. Proporsi campuran mortar

No	Diskripsi	w/c (%)	Air+ NaOH (g)	Material Cementitious (g)				Aggregates (g)	NaOH (ml)
				OPC	SF	FA	EPP		
1	Mix 1 (Control)	0.5	300	600	-	-	-	1350	120
2	Mix 2 (FA15)	0.5	300	510	-	90	-	1350	102
3	Mix 3 (FA25)	0.5	300	450	-	150	-	1350	90
4	Mix 4 (SF5)	0.5	300	570	30	-	-	1350	114
5	Mix 5(SF10)	0.5	300	540	60	-	-	1350	108
6	Mix 6 (SF15)	0.5	300	510	90	-	-	1350	102
7	Mix 4 (EPP10)	0.5	300	540	-	-	60	1350	108
8	Mix 5 (EPP15)	0.5	300	510	-	-	90	1350	102
9	Mix 6 (EPP20)	0.5	300	480	-	-	120	1350	96

Rasio air terhadap semen ditentukan sebesar 0,5 dan kandungan alkali ditentukan sedemikian sehingga sodium oksida ekivalen (Na_2Oeq) dari semen sebesar 1,2% dengan menambahkan NaOH kedalam campuran air untuk mortar. Sebelum mortar dibuat, aggregate yang berukuran lebih dari 5 mm terlebih dahulu dihancurkan kemudian diayak berdasarkan presentasi tertentu untuk tiap gradasi. Kemudian, dapat disiapkan berbagai kombinasi antara aggregate reaktif dan non reaktif. Adapun ukuran benda uji adalah $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$.

PENGUJIAN EKSPANSI

Sebelum pengujian dilakukan, spesimen dikeluarkan dari ruang perawatan lalu disimpan di ruang pengujian dengan temperatur 20°C untuk diuji keesokan harinya. Pengujian dilakukan pada hari ke 1 (satu), minggu ke-2, minggu ke-4, minggu ke-8, minggu ke-12, minggu ke-24.

MEKANISME REAKSI ALKALI SILIKA

Beberapa teori tentang mekanisme ASR telah diajukan oleh banyak peneliti. Akan tetapi, ada perbedaan tentang teori tersebut. Berikut ini langkah demi langkah teori tentang mekanisme ASR yang dirangkum dan diterangkan dengan teori saat ini, sebagaimana diuraikan seperti berikut (George J.Z.Xu et al., E.G. Aydin et al., 1995):

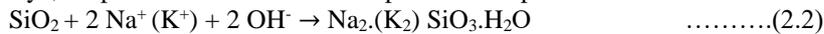
(1) Aggregate reaktif diserang oleh ion hydroxyl dan berhenti pembubarannya

- (2) Gel alkali-silika terbentuk saat alkalis (Na^+ or K^+) bereaksi dengan silica terlarut.
- (3) Kemudian, ekspansi terjadi karena tekanan osmotik yang ditimbulkan oleh gel alkali silika.
- (4) Retak dan retak yang semakin melebar ditimbulkan oleh tekanan mekanis dari kelanjutan ekspansi. Selanjutnya ekspansi tergantung pada tipe produk reaksi. Saat, gel alkali-silika yang mengembang terbentuk, kemudian ekspansi akan terjadi.

Dalam studinya, George J.Z. Xu et al. mengatakan bahwa, ekspansi dari ASR direduksi oleh mineral tambahan oleh dua reaksi, yaitu: reaksi pozzolan dan reaksi alkali silika. Selanjutnya, permeabilitas dari beton direduksi oleh reaksi pozzolan antara mineral tambahan dan hidrasi semen, lalu beberapa fraksi dari ion alkali terperangkap. Kemudian, banyak peneliti setuju bahwa reaksi pozzolan dapat ditulis seperti berikut:



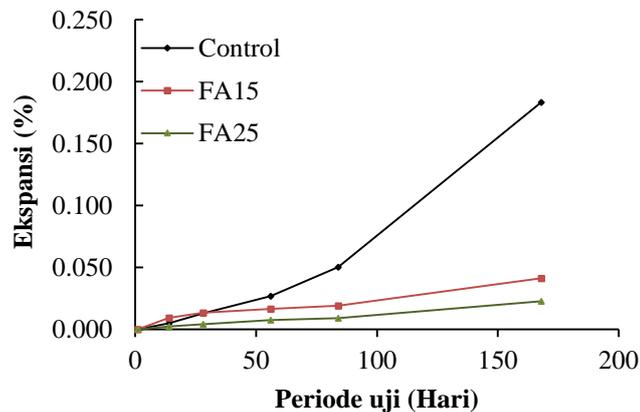
Dalam makalahnya, George J.Z. Xu et al. menambahkan penjelasan bahwa ketersediaan ion alkali dikonsumsi oleh reaksi alkali silika. Karena itu, mencegah reaksi antara alkalis dan aggregate. Sebagaimana ditulis dalam studinya, ekspresi reaksi alkali silika dapat ditulis seperti berikut:



George J.Z. Xu et al. juga menerangkan bahwa kedua reaksi menunjukkan kesamaan, ada kesamaan dalam reaksi pertama, beberapa ion besi alkali dimasukkan kedalam hidrasi CSH kedua, gel alkali silika terbentuk kedalam reaksi kedua saat ion Ca^{++} dimasukkan. Kemudian, property beton diperbaiki oleh hidrasi CSH yang kedua. Jika menghasilkan dalam jumlah yang banyak saat gel alkali silika mengembang maka akan merusak beton. Di bawah lingkungan alkali, dan dengan kehadiran mineral tambahan, kedua reaksi dapat terjadi bersamaan. Reaksi alkali silika terjadi tidak hanya antara alkali dan aggregate, tetapi juga antara alkali dan mineral karena kehadiran mineral tsb. Maka, gel yang dihasilkan dapat diakomodasi oleh beton dan terdistribusi dalam beton. Kosekuensinya, kandungan alkali dalam beton dapat dikurangi oleh reaksi pozzolan dan reaksi alkali silika. Selanjutnya, permeabilitas beton juga tereduksi dan mereduksi gerakan ion bebas alkali. Sehingga, reaksi potensial antara alkali dan agregat dapat dicegah atau dikurangi. Akhirnya, George J.Z. Xu et al. menyimpulkan bahwa reaksi pozzolan dan reaksi alkali silika dapat terjadi secara bersamaan dan mengkonsumsi ion alkali, kemudian mengurangi permeabilitas beton.

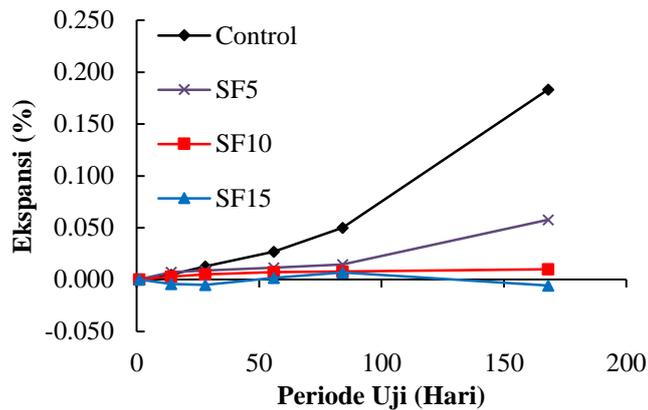
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini disajikan hasil pengujian ekspansi terhadap mortar dengan menggunakan mineral tambahan seperti abu terbang (FA), silica fume (SF) serta bubuk perlit (EPP) seperti terlihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3:



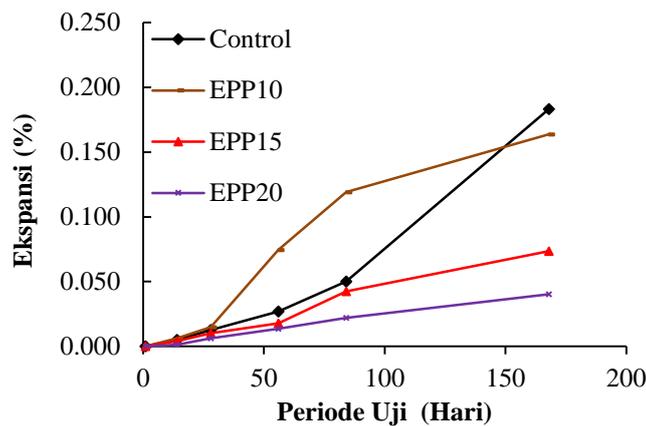
Gambar 1. Mortar menggunakan abu terbang (FA)

Dari gambar di atas terlihat bahwa mortar tanpa abu terbang (FA), ekspansinya meningkat perlahan sampai minggu ke delapan, lalu membesar hingga akhir periode uji. Sementara itu, penggunaan abu terbang menunjukkan bahwa pada level 15% dan 25% dapat mengurangi ekspansi. Laju ekspansi mortar pada level abu terbang 25% lebih rendah dibandingkan dengan level 15%. Demikian juga penggunaan silica fume (SF) pada level 5%, 10% serta 15% dapat mengurangi laju ekspansi seperti terlihat pada Gambar 2 berikut ini. Penggunaan SF pada level 15% mengurangi ekspansi lebih rendah dibanding SF 10%, demikian pula laju ekspansi SF 10% lebih rendah dari SF 5%.



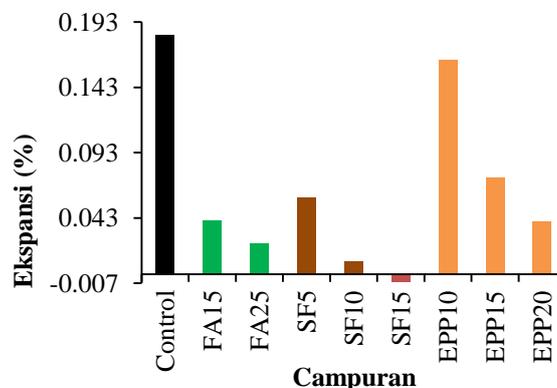
Gambar 2. Mortar menggunakan silika fume (SF)

Demikian halnya penggunaan bubuk perlitse seperti pada Gambar 3, pada level 10%, hampir tidak cukup untuk mengurangi laju ekspansi, yang mana akhirnya menjelang akhir periode, laju ekspansi sedikit dapat dihambat. Penggunaan EPP pada level 15% dan 20% dapat memperbesar laju hambatan ekspansi. Penggunaan mineral dikatakan cukup baik bilamana ekspansi umur 3 bulan kurang dari 0,05% atau pada 6 bulan berada dibawah nilai 0,1% diindikasikan sebagai tidak berbahaya.



Gambar 3. Mortar menggunakan bubuk perlitse (EPP)

Lalu pada Gambar 4 berikut ini disajikan perbandingan penggunaan mineral pada mortar. Disini dapai dilihat bahwa penggunaan silika fume (SF) lebih dapat mengurangi ekspansi dengan level pemakaian yang tidak terlaau besar, dibandingkan dengan pemakaian abu terbang (FA) serta bubuk perlitse (EPP).



Gambar. Perbandingan pemakaian mineral pada mortar



KESIMPULAN

Berdasar hasil pengujian yang dilakukan terhadap benda uji mortar, maka beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut: Semakin meningkat mineral tambah yang digunakan untuk mengganti semen, maka semakin banyak ekspansi yang dapat dikurangi. Bubuk perlite (EPP), abu terbang (FA) serta silica fume (SF) dapat mereduksi ekspansi, silica fume dapat mereduksi alkali lebih baik dibandingkan abu terbang serta bubuk perlite. Pemakaian abu terbang 15%, silica fume 10% serta bubuk perlite 20% dapat mereduksi ekspansi pada mortar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian penelitian serta kontribusi dalam penyelesaian penulisan makalah. Secara khusus ucapan terima kasih ditujukan pada Dirjen DIKTI yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan riset di Laboratorium Concrete Engineering, Universitas Kyushu.

DAFTAR PUSTAKA

- George J.Z.Xu., Daniel F. Watt., and Peter P. Hudec, (1995) Effectiveness of Mineral Admixtures in Reducing ASR-expansion”, *Cement and Concrete Research*, Vol.25, pp.1225-1236.
- L.J. Malvar, Lary R. Lenke,(2006) Efficiency of Fly Ash in Mitigating Alkali-Silica Reaction Based on Chemical Composition, *ACI Materials Journal*, September-October, pp.319-326.
- Marcus J. Millard, (2006) Effects of Lithium Nitrate Admixture on Early Age Concrete Behavior, *Thesis*, Georgia Institute of Technology, U.S.A.
- US. Department of Transportation, (2003) The Use of Lithium to Prevent or Mitigate Alkali-silica Reaction in Concrete Pavements and Structures Publication No. FHWA-RD-03-047.
- US. Department of Transportation,(2007) The Use of Lithium to Prevent or Mitigate Alkali-silica Reaction in Concrete Pavements and Structures Publication No. FHWA-HRT-06-133.