

PAVING BLOK GEOPOLIMER DARI FLY ASH LIMBAH PABRIK

Aman¹, Amir Awaluddin², Adrianto Ahmad³, Monita Olivia⁴¹Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Riau²Dosen MIPA Universitas Riau^{1,3,4}Dosen Fakultas Teknik Universitas Riau

Email: aman_syam@yahoo.co.id

ABSTRAK

Produksi semen menghasilkan emisi gas rumah kaca di atmosfer yang menyebabkan pemanasan global. Oleh karena itu, para peneliti saat ini fokus pada penggunaan material limbah yang memiliki sifat semen, yang dapat ditambahkan dalam beton sebagai pengganti sebagian semen, tanpa mengorbankan kekuatan dan daya tahan. Hal ini akan mengakibatkan penurunan produksi semen sehingga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, selain itu dapat mengurangi jumlah limbah. Dengan demikian beton geopolimer adalah muncul sebagai beton inovatif yang dihasilkan dari reaksi bahan yang kaya sumber silika alumina dengan cairan alkali. Dalam penelitian ini dibuat paving block geopolimer dengan komposisi pasir : (fly ash+aktivator) = 3:1. Aktivator yang digunakan adalah NaOH dengan konsentrasi 14 M dan sodium silikat (Na_2SiO_3), rasio NaOH dan Na_2SiO_3 sebesar 2, variasi liquid aktivator terhadap fly ash 0,5, 0,7 dan 0,9. Temperatur curing (60-100°C). Hasil yang didapat menunjukkan kuat tekan paving blok tertinggi 18,18MPa pada rasio liquid to solid (L/S) 0,9 dan temperature optimum 80°C.

Kata kunci: fly ash, geopolimer, kuat tekan dan paving blok

ABSTRACT

The production of cement results in emission of many greenhouse gases in atmosphere, which are responsible for global warming. Hence, the researchers are currently focussed on use of waste material having cementing properties, which can be added in concrete as partial replacement of cement, without compromising on its strength and durability. This will result in decrease of cement production thus reduction in emission in greenhouse gases, in addition to sustainable management of the waste. Accordingly, geopolimer concrete is emerged as an innovative concrete which results from the reaction of source materials rich in silica alumina with alkaline liquid. In the present study fly ash based geopolimer was used as the source material to produce geopolimer concrete for paver blocks. Sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na_2SiO_3) were used as alkaline activators. The molarity of NaOH 14 M The ratio of Na_2SiO_3 to NaOH is chosen as 2 and the ratio of alkaline liquid to binder (0.5- 0.9), curing temperature (60-100 °C). Results showed that the compressive strength of paver block increased with maximum compressive strength at 18,18MPa ratio of alkaline liquid to binder 0,9 and temperature optimum 80°C

Keywords: Compressive Strength, Fly Ash, Geopolymer, and Paver block

PENDAHULUAN

Setiap tahun produksi semen Portland terus meningkat akibat tingginya permintaan industry konstruksi. Kenaikan produksi semen Portland di seluruh dunia setiap tahun sekitar 3%.Oleh karenanya semakin banyak gas CO₂ yang dilepas ke atmosfer selama produksi semen terus meningkat selain itu semen juga merupakan kebutuhan terbesar selain aluminium dan baja dalam sector industri konstruksi.(6).

Abu batubara (*fly ash*), adalah residu halus yang berasal dari pembakaran batubara pada stasiun pembangkit energy yang ada hampir diseluruh dunia. Di Indonesia produksi abu batubara(*fly ash*) pertahun sebesar 75 juta ton, dan hanya 17-20% yang telah dimanfaatkan dalam campuran bahan bangunan dan stabilisasi lapisan tanah (2). Terdapat keuntungan bagi lingkungan dalam mengurangi pemakaian semen Portland dalam beton/konstruksi, dan pemanfaatan produksi samping seperti abu batubara(*fly ash*) sebagai material pengganti. Silika dan alumina sebagai komponen utama dalam fly ash, menjadikan fly ash memiliki potensi besar sebagai pengganti semen dalam beton. Beton yang terbuat dari limbah industry yang ramah lingkungan ini dikenal dengan nama “beton hijau (*green concrete*). Secara relative material baru, penelitian yang ekstensif diperlukan untuk eksplorasi jenis beton ini sebagai material konstruksi. Dalam penelitian ini berkenaan dengan pengaruh curing temperature dan rasio liquid activator to solid terhadap kuat tekan dari paving blok geopolimer dengan bahan dasar *fly ash* telah dilakukan.

Davidovits memperkenalkan istilah “geopolimer” pada tahun 1978 mewakili mineral polimer hasil dari proses geochemistry (6) Geopolimer adalah polimer anorganik yang terbentuk dari reaksi antara larutan alkali, silika dan alumina dalam material asal. Geopolimer mempunyai struktur amorphous 3 dimensi yang mempunyai struktur kaca alumina silika.

Djiwantoro Hardjito,et al.(4,5) dalam peneltiannya pengaruh curing temperature, curing time dan rasio larutan alkali -fly ash terhadap kuat tekan. Dilaporkan bahwa baik curing temperature dan curing time berpengaruh terhadap kuat tekan, peneliti menyatakan curing temperature dan curing time meningkatkan kuat tekan, meskipun peningkatan tidak signifikan bagi perawatan temperature lebih dari 60°C.sebagai tambahan kuat tekan menurun bila rasio air terhadap solid geopolimer meningkat.

Van Jaarsveld,et al (7)telah meneliti hubungan antara parameter tertentu yang berpengaruh terhadap sifat *fly ash* geopolimer, mereka menemukan bahwa *kandungan air,curing time dan curing temperature* berpengaruh terhadap sifat-sifat geopolimer khususnya curing condition dan temperature kalsinasi mempunyai efek terhadap kuat tekan. Peneliti menyimpulkan bahwa rapid curing dan curing pada temperature lebih tinggi dapat menurunkan kuat tekan dan berefek negative terhadap sifat-sifat fisik geopolimer.

Pavel Rovnanik (8)dalam risetnya tentang pengaruh curing temperature terhadap perkembangan hard structure dari metakaolin geopolimer menyatakan bahwa curing temperature berpengaruh signifikan terhadap setting dan hardening metakaolin geopolimer, kesimpulannya curing temperature yang lebih tinggi dan curing time lebih lama mulanya menaikkan kuat tekan dan flexural strength tetapi kenaikan temperature selama tahap awal proses hardening juga membentuk pori-pori yang lebih luas sehingga makin lama makin banyak jumlah pori, yang berefek negative terhadap sifat mekanik material geopolimer.

Penelitian ini bertujuan menganalisa pengaruh curing temperature dan rasio liquid activator-solid terhadap kuat tekan pada paving blok geopolimer dengan fly ash sebagai bahan utamanya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kenaikan temperature sampai 80°C memiliki kuat tekan paling tinggi dan absorpsivitas terendah.

Material dan Metodologi

Material

Paving blok geopolimer dalam penelitian ini terdiri dari material utama yaitu fly ash, pasir, larutan alkali dan superplastisizer. Fly Ash yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari limbah PLTU Paiton. Fly ash diklasifikasi rendah Calcium(<10%) atau kelas F. Komposisi kimia Fly ash dapat dilihat pada Tabel 1. Aggregates dalam kondisi saturated surface dry(SSD) dan pasir diperoleh dari sungai Kampar dengan spesifik gravity 2,64 dan kadar air 2,27%.

Tabel.1 Komposisi Kimia Fly ash

| Senyawa | Jumlah(%) |
|--|-----------|
| Aluminium oksida (Al ₂ O ₃) | 28.47 |
| Silika oksida (SiO ₂) | 53.616 |
| Ferry oksida (Fe ₂ O ₃) | 5.525 |
| Total SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ | 87.611 |
| Kalsium oksida (CaO) | 4.974 |
| Phosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅) | 0.569 |
| Sulfur trioksida (SO ₃) | 0.584 |
| Kalium oksida (K ₂ O) | 0.857 |
| Titanium oksida (TiO ₂) | 0.724 |

Larutan alkali aktivator terdiri dari Natrium hidroksida dan Natrium silikat, diperoleh dari distributor bahan kimia lokal dengan density 1,67 dan modulus ratio sampai dengan 2,3 (SiO₂/Na₂O, SiO₂ = 37.80% dan Na₂O = 16.35%). Larutan Natrium hidroksida dipreparasi pada konsentrasi 14 M dari NaOH solid dan air distilat.

Metodologi (Mix Design)

Dalam penelitian ini, proporsi campuran terdiri dari 460 kg/m² fly ash digunakan untuk mempelajari pengaruh curing temperature dan rasio liquid activator to solid terhadap kuat tekan pada paving blok geopolimer. Ada tiga variasi curing temperature yaitu 60,80 dan 100°C dan tiga variasi liquid activator to solid 0,5 ,0,7 dab 0,9. Detail proporsi campuran masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 2. Selanjutnya untuk menjaga karakteristik workability paving blok geopolimer kandungan air 25%, dan dosis superplastisizer 6,9% dari massa fly ash yang digunakan. Konsentrasi larutan aktivator 14 M, rasio Natrium silikat to Natrium Hidroksida 2,0

Tabel.2 Mix design Komposisi Paving Blok Geopolimer

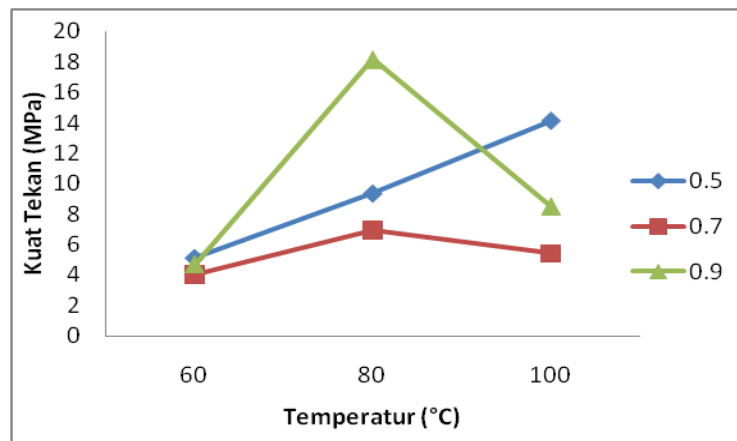
| | |
|---|--------------------|
| Fly Ash (Kg/m ²) | 460 |
| Aggregat halus/Pasir (Kg/m ²) | 1610 |
| Natrium Hidroksida(Kg/m ²) | 76,67 |
| Konsentrasi Natrium Hidroksida | 14 M |
| Natrium Silikat(Kg/m ²) | 153,33 |
| Super Platisizer (%) | 6,9 |
| Extra Water(%) | 25 |
| Natrium Silikat/Natrium Hidroksida | 2,0 |
| Parameter variabel | |
| Ratio Liquid alkali/fly ash | 0,5 ;0,7 dan 0,9 |
| Curing Temperatur | 60, 80, dan 100 °C |

Prosedur Pencampuran

Pencampuran dilakukan dalam 2 tahap. Pertama-tama fly ash, aggregate halus /pasir dalam kondisi kering dicampur dalam pan mixer selama 2,5 menit. Kemudian larutan alkali, super plastisizer, dan air (extra water) ditambahkan kedalam campuran partikel solid sambil terus dilakukan pengadukan selama 3 menit sampai campuran benar-benar homogen. Setelah itu campuran atau pasta geopolimer dimasukan ke dalam cetakan paving blok lalu paving blok yang sudah dicetak didiamkan selama 3 hari pada suhu kamar, setelah itu dilakukan perawatan pada variasi temperature 60,80 dan 100°C selama 24 jam. Kemudian dilakukan uji kuat tekan, dan absorpsivitas setelah 28 hari.

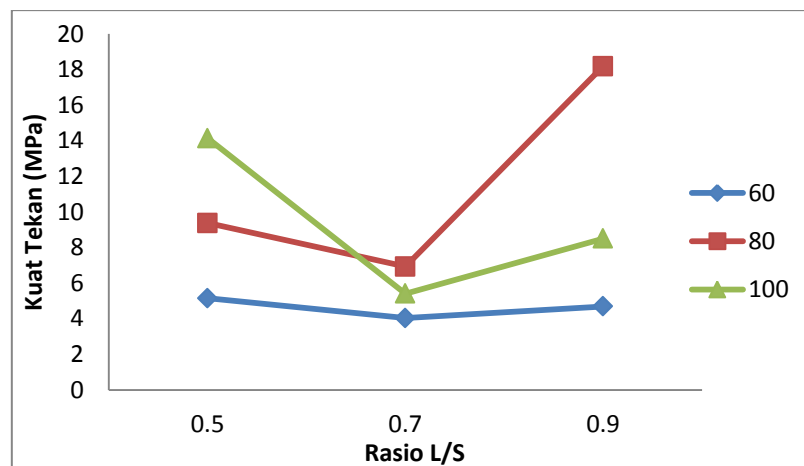
HASIL DAN PEMBAHASAN**Tabel 1. Pengaruh rasio liquid activator to solid dan Temperatur terhadap Kuat Tekan**

| Sampel | Rasio LA/FA | Temperatur °C | Kuat Tekan rata-rata (MPa) |
|--------|-------------|---------------|----------------------------|
| A1 | 0,5 | 60 | 5,15 |
| A2 | | 80 | 9,37 |
| A3 | | 100 | 14,14 |
| B1 | 0,7 | 60 | 4,03 |
| B2 | | 80 | 6,93 |
| B3 | | 100 | 5,41 |
| C1 | 0,9 | 60 | 4,69 |
| C2 | | 80 | 18,18 |
| C3 | | 100 | 8,5 |



Gambar 1. Pengaruh Temperatur terhadap Kuat tekan pada paving blok geopolimer

Pada gambar 1. Di atas menunjukkan pengaruh temperature terhadap kuat tekan dimana pada rasio liquid/solid (L/S) 0.5 dengan meningkatnya temperature curing maka kuat tekan juga makin meningkat, tetapi pada rasio L/S 0,7 dan 0,9 sampai dengan temperature 80°C kuat tekan bertambah setelah itu mengalami penurunan dan kuat tekan optimum didapat pada rasio 0.9 Kuat tekan paving block geopolimer dipengaruhi oleh kenaikan temperature Hal ini sesuai dengan peneliti terdahulu bahwa kenaikan temperature berpengaruh terhadap kekuatan mekanik fly ash geopolimer akan tetapi kenaikan temperature lebih tinggi dan curing time lebih lama dapat menurunkan kuat tekan karena kurangnya kadar air dalam struktur menyebabkan mudah terjadi keretakan(cracking) dan juga penyusutan/pengkerutan dari fly ash geopolimer dapat menurunkan kuat tekan .(Van Jaarsveld et.al,2002; Palomo et al,1999)



Gambar 2. Pengaruh rasio Liquid/solid (L/S) terhadap Kuat tekan pada paving blok geopolimer

Pada gambar 2. Menunjukkan pengaruh rasio Liquid/solid terhadap kuat tekan, dimana pada temperature 60-100°C kuat tekan menurun sampai rasio L/S 0,7 setelah itu kuat tekan meningkat pada rasio 0,9 dengan temperature optimum 80°C hal ini menunjukkan bahwa kenaikan ratio liquid to solid berpengaruh terhadap meningkatnya workability campuran sampai temperature

80°C kenaikan temperature setelah itu kuat tekan menurun dikarenakan workability makin berkurang dengan meningkatnya temperature.(Shatonsaowaphak A et.al, 2009)

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dilakukan pengaruh curing temperature dan rasio liquid activator to solid (L/S) terhadap kuat tekan dari paving blok geopolimer dari limbah fly ash adalah dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Temperatur Perawatan(curing) dan rasio liquid to solid (L/S) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan .
2. Curing Temperatur 60-100°C berbanding lurus dengan kenaikan kuat tekan pada rasio L/S 0,5 akan tetapi pada rasio L/S 0,7 dan 0,9 kenaikan kuat tekan didapat pada temperature optimum 80°C lebih dari itu kuat tekan menurun karena workability campuran menurun dengan meningkatnya temperatur.
3. Perbedaan kuat tekan yang optimum didapat pada rasio L/S 0,5 dan 0,9 cukup signifikan sehingga dipilih energy / temperature yang lebih rendah yaitu temperature 80°C dan kuat tekan paling tinggi 19,18 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Apha Sathonsaowaphak et al “ *Workability and Strength of lignite bottom ash geopolymer mortar*”, Journal of Hazardous Material 168(2009) 44-50.
- A.Palomo and A.Fernandes Jimenes,” *Alkaline Activation of Fly Ashes,Manufacture of Concrete Not Containing Portland Cement*”, Conference in Institute Eduardo Torraja (CSIC), Madrid, Spain,1999,pp1-8
- Budyanto H, “*Pemanfaatan abu sisa PLTU(Fly ash dan bottom ash) dan Pasir sisa Tambang (Tailing) untuk pembuatan bata beton pejal yang aman bagi lingkungan*”, Tesis UNDIP, 2012.
- Djiwantoro Hardjito,Steenie E,Wallah, D.M.J. Sunjouw and B.V.Rangan,: *Properties of Geopolymer Concrete with fly ash as Source Material: Effect of Mixture Composition*”, Seventh CANMET/ACI International Conference on Recent Advance in Concrete Technology, Las vegas, USA, 26-29 May, 2004
- Djiwantoro Hardjito,Steenie E,Wallah, D.M.J. Sunjouw and B.V.Rangan,: *Fly ash-Based Geopolymer Concrete Construction Material for Sustainable Development*”, invited paper , Concrete World : Engineering and Materials,American concrete Institute, India Chapter, Mumbai, India, 9-12 December 2004
- Joseph Davidovits “*Global Warming Impact on cement and aggregate Industries*,”World Resource Review,Vol.6,no.2 , 1995,pp263-278.
- J.G.S van Jaarsveld, J.S.J van Deventer, and G.C. Lukey,”*The effect of composition and temperature on the Properties of Fly Ash and Kaoline-based Geopolymer*”,Chemical Engineering Journal ,89(1-3) 2002,pp.63-73
- P.Rovnanik, ” *Effect of curing temperature on the development of hard structure of metakaolin-based geopolymer*”, Construction and Building Materials,24(2010),pp.1176-1183
- Silva SVA,Arachchi K,Wijewardena, “*Development of Fly ash based of Geopolymer Concrete*”, Cement and Concrete Research Vol. 37(2012) p. 933,2012.