

PENGARUH PERAWATAN DAN UMUR TERHADAP KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBASIS ABU TERBANG

Steenie E. Wallah

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
email: wsteenie@yahoo.com

ABSTRAK

Pengembangan beton geopolimer berbasis abu terbang merupakan salah satu alternatif solusi yang dapat mengurangi pemakaian semen portland sebagai bahan pengikat utama yang digunakan untuk membuat beton saat ini yang memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap emisi gas karbon dioksida ke atmosfer. Pemakaian abu terbang yang merupakan limbah dari proses pembakaran batu bara sebagai material asal juga memberikan nilai tambah tersendiri terhadap beton geopolimer berbasis abu terbang.

Paper ini melaporkan hasil studi terhadap beton geopolimer berbasis abu terbang yang dibuat dengan menggunakan abu terbang sebagai material asal, sodium hidroksida dan sodium silikat sebagai aktivator dan agregat yang biasa digunakan dalam campuran beton, dengan fokusnya adalah untuk melihat pengaruh jenis perawatan serta umur beton terhadap salah satu sifat mekanis beton yaitu kuat tekannya. Tipe perawatan yang diterapkan adalah perawatan beton pada temperatur ruang, perawatan pada temperatur di atas temperatur ruang (elevated temperature) serta kombinasi antara perawatan pada elevated temperature dan perendaman dalam air. Umur beton yang diamati adalah sampai dengan jangka waktu maksimal 3 tahun.

Hasil-hasil yang didapat menunjukkan bahwa tipe perawatan sangat mempengaruhi perkembangan kekuatan tekan beton, dimana perawatan pada temperatur ruang menghasilkan beton dengan perkembangan kekuatan yang lebih lambat terutama pada umur-umur muda sampai dengan 3 bulan. Sedangkan perawatan pada elevated temperature yaitu pada temperatur 60°C selama 24 jam menunjukkan bahwa kekuatan tekan beton yang diharapkan dapat dicapai setelah proses perawatan selesai. Tidak terjadi peningkatan kekuatan tekan yang berarti setelah umur 3 bulan untuk beton geopolimer dengan perawatan pada temperatur ruang. Demikian juga untuk perawatan pada elevated temperature maupun kombinasi dengan perendaman dalam air tidak terjadi peningkatan kuat tekan yang berarti setelah proses perawatan pada elevated temperature selesai.

Kata kunci: abu terbang, umur, elevated temperature, geopolimer, perawatan

PENDAHULUAN

Beton geopolimer (*geopolymer concrete*) adalah suatu material konstruksi yang relatif baru dikembangkan tetapi menawarkan berbagai kelebihan dibandingkan dengan beton konvensional yang menggunakan semen portland. Beton geopolimer ini sama sekali tidak menggunakan semen portland. Terminologi '*geopolymer*' pertama kali diperkenalkan oleh Davidovits, seorang ilmuwan Perancis pada tahun 1978 untuk menggambarkan suatu bahan pengikat mineral dengan komposisi kimia serupa dengan ziolit tapi dengan mikrostruktur amorf (Davidovits, 1988a, 1988b).

Salah satu kelebihan dari material ini adalah dapat mengurangi emisi gas karbon dioksida yang merupakan salah satu gas rumah kaca ke atmosfer jika material ini digunakan untuk mengganti penggunaan semen portland.

Penggunaan teknologi geopolimer dapat mengurangi sekitar 80% emisi gas karbon dioksida ke atmosfer yang disebabkan oleh industri semen dan agregat (Davidovits, 1994).

Potensi dari material ini membuat banyak penelitian yang telah dilaksanakan berhubungan dengan material termasuk yang berhubungan dengan beton geopolimer sebagai material konstruksi. Penggunaan material asal yang berbeda serta mengalami mekanisme reaksi kimia yang berbeda membuat beton geopolimer yang dihasilkan memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan beton konvensional yang menggunakan semen portland.

Paper ini melaporkan studi tentang pengaruh perawatan (*curing*) serta umur terhadap kuat tekan beton geopolimer yang menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan dasar atau material asal untuk bahan pengikat geopolimer.

Perawatan beton yang dilakukan adalah perawatan pada temperatur ruang (*room temperature*), perawatan di atas temperatur ruang (*elevated temperature*) dan kombinasi perawatan diatas temperature ruangan dan perendaman dalam air. Sedangkan pengujian umur beton bervariasi mulai dari 7 hari untuk jangka pendek sampai dengan 3 tahun untuk pengujian jangka panjang.

BETON GEOPOLIMER BERBASIS ABU TERBANG

Material dasar atau material asal untuk bahan pengikat geopolimer yang digunakan untuk membuat beton geopolimer bisa didapat dari berbagai sumber, dimana material-material ini mempunyai kandungan silikon dan aluminium yang tinggi. Material-material tersebut diantaranya adalah abu terbang, metakaolin, slag, abu sekam padi dan abu vulkanik. Dalam penelitian ini material asal yang digunakan adalah abu terbang. Tidak seperti beton dengan bahan pengikat semen portland yang mengalami pengerasan atau mendapatkan kekuatannya karena reaksi hidrasi dan pembentukan kalsium-silikat-hidrat (CSHs-calcium-silica-hydrates), bahan pengikat geopolimer terbentuk melalui reaksi kimia dari oksida-oksida silikon dan aluminium dengan alkali polisilikat dan membentuk polimer dengan ikatan-ikatan Si – O – Al (Davidovits, 1991; van Jaarsveld, et. al., 2002)

Dalam beton geopolimer, silikon dan aluminium yang ada pada material asal bereaksi dengan aktivator alkali dan membentuk geopolimer gel. Geopolimer gel ini kemudian

mengikat agregat-agregat serta material lainnya dalam campuran yang tidak bereaksi untuk membentuk beton geopolimer. Dalam beton geopolimer berbasis abu terbang yang menjadi obyek dalam penelitian ini, abu terbang yang digunakan akan bereaksi dengan aktivator alkali untuk membentuk pasta geopolimer yang kemudian akan mengikat agregat kasar dan agregat halus dan membentuk beton. Silikon dan aluminium yang terkandung dalam abu terbang diaktivasi dengan menggunakan kombinasi dari dua aktivator yaitu larutan sodium hidroksida dan sodium silikat.

MATERIAL, KOMPOSISI CAMPURAN DAN VARIABEL PENELITIAN

Material yang digunakan untuk membuat beton geopolimer dalam penelitian ini adalah abu terbang (ASTM – Class F) sebagai material asal. Kemudian sebagai aktivator adalah kombinasi dari sodium hidroksida (NaOH) analytical grade dengan purity 98% yang dilarutkan dalam air dan sodium silikat dengan $\text{Na}_2\text{O}= 14.7\%$, $\text{SiO}_2=29.4\%$, dan air=55.9% dari masa larutan. Dan seperti pada beton konvensional, digunakan agregat kasar dan agregat halus, dimana agregat ini menempati proporsi terbesar dalam campuran. Untuk tujuan workabilitas, digunakan juga bahan campuran super plasticiser. Proporsi dari bahan-bahan tersebut adalah sesuai dengan desain campuran yang telah ditetapkan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Variabel penelitian yaitu tipe perawatan yang diterapkan serta umur beton adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Campuran Beton Geopolimer Berbasis Abu Terbang

Material	Berat (kg/m ³)
Abu Terbang	408
Sodium Silikat (larutan)	103
Sodium Hidroksida 8M (larutan)	41
Agregat Kasar	1294
Agregat Halus	554
Super Plasticiser	6

Tabel 2. Variabel Penelitian

No.	Perawatan	Jangka waktu pengujian
1.	Temperatur ruang	Sampai 6 bulan
2.	Elevated temperature	Sampai 3 tahun
3.	<i>Elevated temperature</i> dan perendaman dalam air	Sampai 1 tahun

Perawatan pada temperatur ruang adalah setelah dicetak benda uji dibiarkan pada temperatur ruang sampai dengan pengujian dilaksanakan. Perawatan pada elevated temperature adalah benda uji setelah dicetak dimasukkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam (Hardjito et.al, 2002, 2004; Wallah, et.al., 2003), setelah itu dibiarkan pada temperatur ruang sampai pengujian dilakukan. Sedangkan perawatan pada elevated temperatur dan perendaman, adalah benda uji setelah dicetak dimasukkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam dan dibiarkan pada temperatur ruang sampai umur 7 hari dan setelah itu direndam dalam air sampai sebelum pengujian selanjutnya.

METODE PEMBUATAN

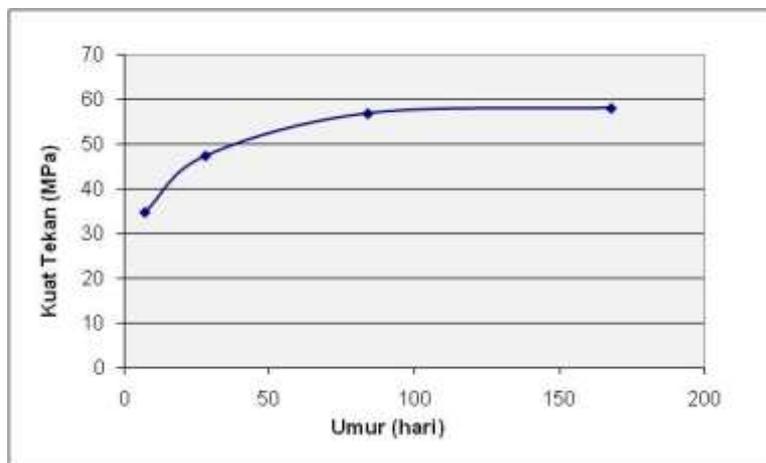
Untuk membuat beton geopolimer berbasis abu terbang ini, pertama-tama dipersiapkan dulu larutan aktivator khususnya sodium hidroksida yang dalam bentuk padat (*flakes* atau pelet) dilarutkan dalam air suling dengan konsentrasi yang telah ditetapkan paling kurang satu hari sebelum pembuatan campuran beton. Aktivator lainnya yaitu sodium silikat sudah dalam bentuk larutan. Sebelum pencampuran material, kedua aktivator ini dicampur bersama-sama dengan *super plasticiser* dalam suatu wadah tersendiri. Untuk proses pencampuran selanjutnya, pertama-tama agregat dan abu terbang dicampur dalam mesin pencampur (*mixer*) selama kurang lebih 3 menit. Kemudian larutan aktivator dan *super plasticiser* yang sudah dicampur bersama

dituangkan ke dalam mesin pencampur untuk dicampurkan dengan campuran kering (abu terbang dan agregat) dan proses pencampuran dilanjutkan selama kurang lebih 4 menit. Setelah tercampur, adukan beton tersebut kemudian dituang dalam cetakan-cetakan benda uji yang telah dipersiapkan dalam tiga lapisan dan dilakukan pemadatan secara manual dan menggunakan meja getar. Setelah dicetak, maka benda uji-benda uji tersebut melalui proses perawatan sesuai dengan proses perawatan yang direncanakan sampai pengujian dilakukan.

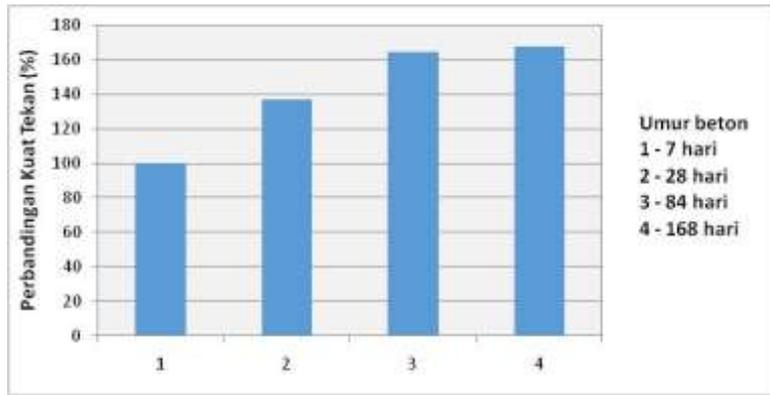
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa kecuali untuk beton geopolimer dengan perawatan pada temperatur ruang, kuat tekan beton yang dihasilkan untuk berbagai umur beton untuk komposisi campuran yang digunakan berkisar antara 60 – 70 MPa.

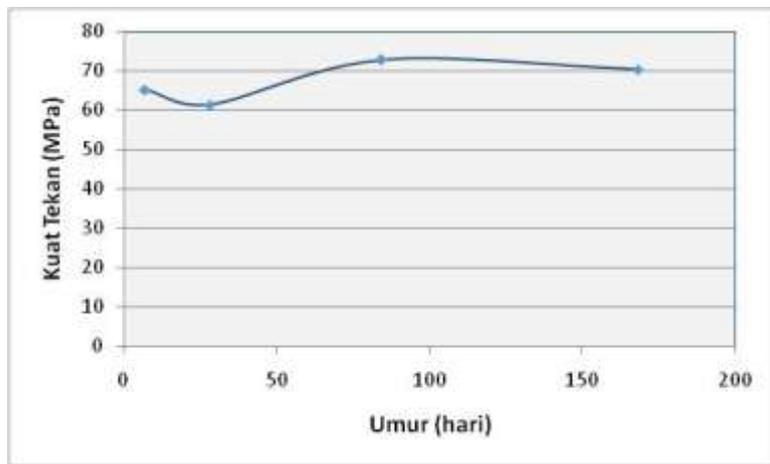
Gambar 1 menunjukkan bahwa untuk beton geopolimer dengan perawatan pada temperatur ruang, kuat tekan beton pada umur-umur muda relatif rendah tetapi kuat tekannya masih mengalami peningkatan yang cukup signifikan setidaknya sampai umur sekitar 3 bulan dan sesudah umur 3 bulan sampai pada umur 6 bulan peningkatannya tidak signifikan. Dibandingkan dengan kuat tekan pada umur 7 hari, kuat tekan beton pada umur sekitar 3 sampai 6 bulan mengalami peningkatan sekitar 60%, sementara pada umur 1 bulan (28 hari) peningkatannya sekitar 40% (Gambar 2).



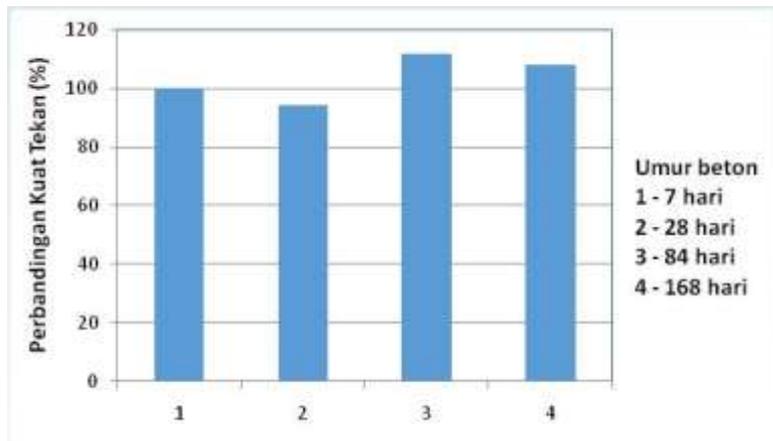
Gambar 1 Hubungan kuat tekan dan umur beton yang dirawat pada temperatur ruang



Gambar 2 Perbandingan kuat tekan beton menurut umur terhadap kuat tekan beton umur 7 hari untuk beton dengan perawatan pada temperatur ruang



Gambar 3 Hubungan kuat tekan dan umur beton dengan perawatan pada *elevated temperature*



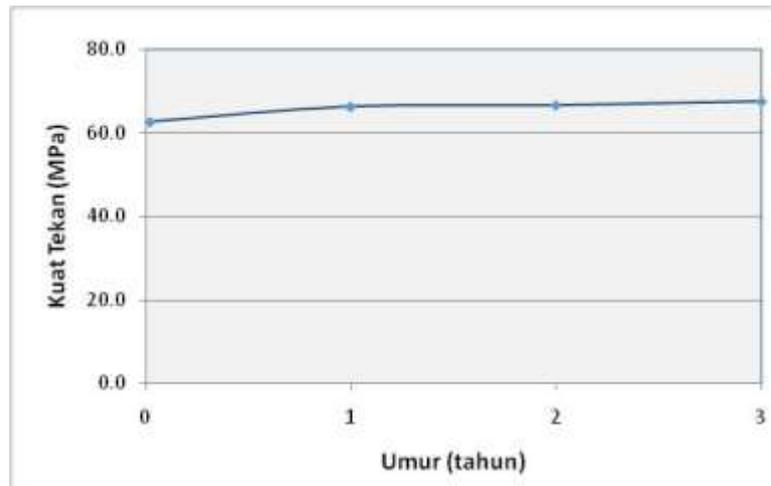
Gambar 4 Perbandingan kuat tekan beton menurut umur terhadap kuat tekan beton umur 7 hari untuk beton dengan perawatan pada *elevated temperature*

Hasil yang agak berbeda diperoleh untuk beton geopolimer dengan perawatan pada *elevated temperature*, dimana untuk hasil-hasil pengujian pada berbagai umur beton sampai sekitar 6 bulan (Gambar 3), kuat tekannya berfluktuasi pada kisaran 60 -70 MPa. Pada umur muda beton geopolimer telah mendapatkan kekuatan yang tinggi dan tidak lagi mengalami perkembangan kuat tekan yang berarti. Dibandingkan dengan kuat tekan pada umur 7 hari, kuat tekan pada umur 1 sampai 6 bulan bervariasi dalam kisaran sekitar 10% (Gambar 4). Hal ini sejalan dengan apa yang dilaporkan oleh Hardjito, et. al. (2004 dan 2005), dimana untuk beton geopolimer berbasis abu terbang dengan perawatan pada *elevated temperature*, tidak mengalami perkembangan kuat tekan lagi setelah proses perawatan selesai.

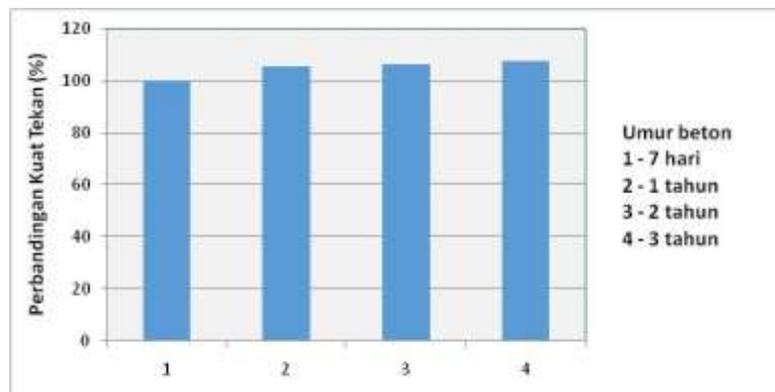
Kecenderungan perkembangan kuat tekan tersebut tersebut juga dipertegas dengan hasil-

hasil pengujian untuk jangka panjang sampai 3 tahun, dimana hasil-hasil tersebut menunjukkan tidak adanya perkembangan kuat tekan yang berarti dibandingkan dengan kuat tekan pada umur 7 hari untuk kuat tekan beton geopolimer pada umur 1, 2 maupun 3 tahun, dimana peningkatan kuat tekannya hanya pada kisaran 10% (Gambar 5 dan 6).

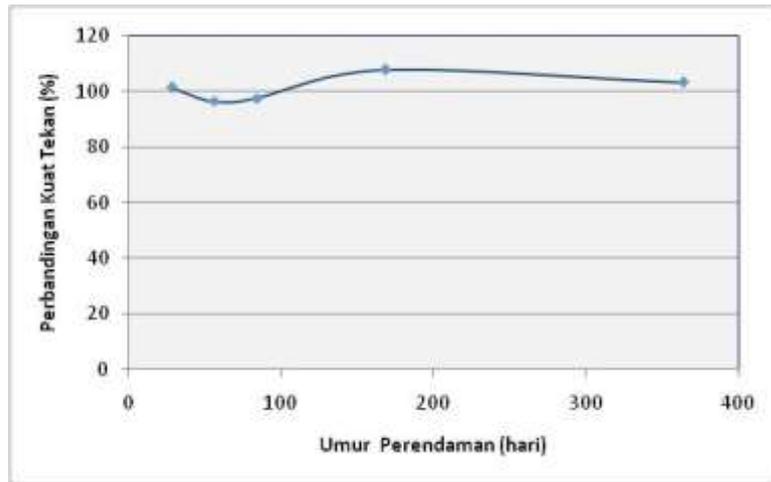
Hasil-hasil yang serupa juga diamati pada beton geopolimer dengan kombinasi perawatan pada *elevated temperature* dan perendaman dalam air, yaitu kekuatan tekan betonnya sudah dapat dicapai setelah perawatan pada *elevated temperature* selesai. Gambar 7 menunjukkan perbandingan kuat tekan beton menurut umur perendaman terhadap kuat tekan beton pada umur 7 hari tanpa perendaman, dimana untuk umur perendaman sampai 1 tahun, variasi perbandingan kuat tekannya berfluktuasi tetapi hanya pada kisaran sekitar 10%.



Gambar 5 Hubungan kuat tekan dan umur beton dengan perawatan pada *elevated temperature* untuk pengujian jangka panjang



Gambar 6 Perbandingan kuat tekan beton menurut umur terhadap kuat tekan beton umur 7 hari untuk pengujian jangka panjang beton dengan perawatan pada *elevated temperature*



Gambar 7 Perbandingan kuat tekan beton menurut umur terhadap kuat tekan beton umur 7 hari untuk beton dengan perawatan pada *elevated temperature* dan perendaman dalam air

Hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa cara perawatan beton geopolimer berbasis abu terbang sangat menentukan kuat tekan yang dihasilkan. Untuk perawatan pada temperatur ruang, perkembangan kuat tekan beton lambat dan nanti mencapai kekuatan yang sebenarnya pada umur sekitar 6 bulan dan sesudah umur tersebut hampir tidak terjadi peningkatan kuat tekan yang berarti. Untuk perawatan pada *elevated temperature* dalam hal ini beton dirawat pada temperatur 60°C selama 24 jam, kuat tekannya yang diharapkan dapat dicapai setelah proses perawatan selesai, dan sesudah itu tidak ada perkembangan kekuatan tekan yang signifikan. Hal ini dapat diamati sampai jangka waktu yang lama sampai sekitar 3 tahun. Perawatan dengan perendaman dalam air sampai jangka waktu 1 tahun sesudah beton dirawat pada *elevated temperature* juga tidak memberikan pengaruh yang berarti pada kuat tekannya dibandingkan dengan kuat tekan beton pada umur 7 hari yang hanya dirawat pada *elevated temperature*.

KESIMPULAN

Dari hasil-hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan hal-hal berikut:

- Cara perawatan mempengaruhi kuat tekan beton geopolimer berbasis abu terbang
- Perawatan pada temperatur ruang menghasilkan perkembangan kuat tekan yang lebih lambat terutama pada umur-umur muda sampai dengan 6 bulan, dan sampai

- dengan umur tersebut, perkembangan umur beton sangat mempengaruhi perkembangan kuat tekannya, sedangkan setelah umur tersebut perkembangan umur beton tidak memberikan pengaruh yang berarti pada peningkatan kuat tekannya.
- Kuat tekan beton geopolimer berbasis abu terbang dengan perawatan pada temperatur ruang pada umur 6 bulan meningkat sekitar 60% dibandingkan kuat tekannya pada umur 7 hari
- Untuk perawatan pada *elevated temperature* (60°C selama 24 jam), kuat tekan yang diharapkan dapat dicapai sesudah proses perawatan selesai dan sesudah proses tersebut perkembangan umur beton tidak memberikan pengaruh pada peningkatan kuat tekannya termasuk jika mendapat tambahan perawatan dengan perendaman dalam air. Variasi serta fluktuasi nilai kuat tekannya hanya berada pada kisaran sampai dengan 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Davidovits, J. (1988a). *Soft Mineralurgy and Geopolymers*. Paper presented at the Geopolymer '88, First European Conference on Soft Mineralurgy, Compiègne, France.;
- Davidovits, J. (1988b). *Geopolymer Chemistry and Properties*. Paper presented at the Geopolymer '88, First European Conference on Soft Mineralurgy, Compiègne, France.

- Davidovits, J. (1991). Geopolymers: Inorganic Polymeric New Materials, *Journal of Thermal Analysis*, 37, 1633-1656.
- Davidovits, J. (1994). Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries, *World Resource Review*, 6(2), 263-278.
- Hardjito, D., Wallah, S. E., & Rangan, B. V. (2002). Study on Engineering Properties of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. *Journal of the Australasian Ceramic Society*, 38(1), 44-47.
- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J., & Rangan, B. V. (2004a). On the Development of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. *ACI Materials Journal*, 101(6), 467-472.
- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J., & Rangan, B. V. (2004b). Factors Influencing The Compressive Strength of Fly Ash-Based Geopolymer Concrete, *Dimensi Teknik Sipil*, 6(2), 88-93.
- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J., & Rangan, B. V. (2005). Fly Ash-Based Geopolymer Concrete, *Australian Journal of Structural Engineering*, 6(1), 77-85.
- van Jaarsveld, J.G.S., J.S.J. van Deventer, and G.C. Lukey. (2002). The effect of composition and temperature on the properties of fly ash- and kaolinite-based geopolymers, *Chemical Engineering Journal*, 89(1-3), 63-73.
- Wallah, S. E., Hardjito, D., Sumajouw, D. M. J., & Rangan, B. V. (2004). *Geopolymer Concrete: A Key for Better Long-Term Performance and Durability*. Paper presented at the ICFRC International Conference on Fibre Composites, High Performance Concretes and Smart Materials, Chennai, India.