

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia, namun beton memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu penyebabnya adalah produksi semen sebagai komponen utama beton, yang menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> dalam jumlah besar. Untuk mengurangi dampak ini, industri konstruksi terus berupaya mencari solusi dan mulai beralih ke material yang lebih ramah lingkungan, seperti semen hidraulis. Semen hidraulis adalah salah satu jenis material semen yang ramah lingkungan karena menggunakan jumlah klinker yang lebih sedikit sehingga dikatakan lebih ramah lingkungan.

Selain itu, limbah industri seperti *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (GGBFS) juga mulai dimanfaatkan sebagai pengganti semen karena memiliki komposisi kimia yang mirip dengan semen portland biasa. Namun, penggunaan GGBFS untuk beton umumnya mengalami keterlambatan dalam pengembangan kekuatan awal karena reaktifitasnya yang rendah terhadap air. Untuk mengatasinya, perlu penambahan alkali aktivator seperti NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>.

Perkembangan teknologi yang pesat juga mendorong berbagai permintaan dibidang konstruksi untuk mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan proyek. Salah satu cara mempercepat jalannya proyek adalah dengan menggunakan beton kekuatan awal yang tinggi (*high early strength concrete*). Penggunaan beton *high early strength* pada berbagai proyek konstruksi dapat mempercepat pelaksanaan proyek dan menekan biaya produksi. Namun penggunaan beton *high early strength* ini memerlukan semen dalam jumlah banyak yaitu 400-600 kg/m<sup>3</sup>, dimana jumlah semen yang banyak ini akan berdampak pada permasalahan lingkungan. Untuk mengatasi permasalahan ini, semen hidraulis dan GGBFS digunakan sebagai alternatif.

Permasalahan lain yang timbul dalam penggunaan semen hidraulis, GGBFS dan alkali aktivator pada beton *high early strength* adalah menurunnya workabilitas beton. Semen hidraulis mengandung pozolan yang dapat mempercepat pengerasan beton, begitupun GGBFS yang mengandung CaO dapat menurunkan workabilitas beton. Solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan penggunaan superplasticiser untuk meningkatkan workabilitas beton agar beton dapat lebih mudah dikerjakan. Superplasticiser yang digunakan adalah Sika® Viscocrete®-1050 HE.

Pada penelitian ini semen hidraulis yang digunakan adalah tipe HE (High Early). Dosis alkali aktivator divariasikan 0%, 2.5%, 5% dan 7.5% dari berat GGBFS dengan nilai *R* dan *A* ditetapkan yaitu 1.5 dan 0.45. Dosis superplasticiser yang digunakan adalah 0.75% dan jumlah substitusi GGBFS adalah 30% dari berat sementius yang merupakan hasil *trial* pada campuran pasta. Pengujian dilakukan untuk mengetahui workabilitas beton, nilai kuat tekan beton dan kuat lentur beton pada umur 3 hari dengan target kuat tekan 45 MPa dan kuat lentur 4.5 MPa pada umur 3 hari. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan dosis alkali aktivator dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 8% dan kuat lentur beton sebesar 6% dengan penggunaan dosis alkali aktivator 7.5% pada umur 3 hari. Beton dengan dosis alkali aktivator 7.5% mampu mencapai kuat tekan beton sebesar 48.91 Mpa dan kuat lentur beton sebesar 4.81 MPa dimana hasil ini telah melebihi target penelitian. Nilai slump pada penelitian ini mencapai 20 cm, sehingga hasil penelitian ini lebih disarankan untuk pada pekerjaan konstruksi dengan penggunaan nilai slump yang tinggi. Penelitian ini dapat menjadi solusi untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dan berguna bagi proyek konstruksi yang memerlukan nilai kuat tekan dan kuat lentur tinggi pada usia awal serta nilai slump yang tinggi.

**Kata kunci:** Semen hidraulis, GGBFS, Alkali Aktivator, Superplasticiser, *High early strength concrete*

Concrete is one of the most widely used construction materials in the world, but concrete has a negative impact on the environment. One of the reasons is the production of cement as the main component of concrete, which produces large amounts of CO<sub>2</sub> emissions. To reduce this impact, the construction industry is constantly looking for solutions and is starting to turn to more environmentally friendly materials, such as hydraulic cement. Hydraulic cement is a type of cement material that is environmentally friendly because it uses a smaller amount of clinker so it is said to be more environmentally friendly.

In addition, industrial waste such as Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) has also begun to be utilized as a cement substitute because it has a chemical composition similar to ordinary Portland cement. However, the use of GGBFS for concrete generally experiences a delay in early strength development due to its low reactivity to water. To overcome this, it is necessary to add alkaline activators such as NaOH and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>.

Rapid technological developments also encourage various requests in the construction sector to speed up the process of implementing project work. One way to speed up the project is to use high early strength concrete. The use of high early strength concrete in various construction projects can accelerate project implementation and reduce production costs. However, the use of high early strength concrete requires a large amount of cement, namely 400-600 kg/m<sup>3</sup>, where this large amount of cement will have an impact on environmental problems. To overcome this problem, hydraulic cement and GGBFS are used as alternatives.

Another problem that arises in the use of hydraulic cement, GGBFS and alkali activator in high early strength concrete is the decrease in concrete workability. Hydraulic cement contains pozzolan which can accelerate the hardening of concrete, as well as GGBFS which contains CaO can reduce the workability of concrete. The solution to overcome this problem is to use superplasticizers to increase the workability of concrete so that concrete can be more easily worked. The superplasticizer used was Sika® Viscocrete®-1050 HE.

In this study, the hydraulic cement used was HE (High Early) type. The dosage of alkali activator was varied at 0%, 2.5%, 5% and 7.5% by weight of GGBFS with *R* and *A* values set at 1.5 and 0.45. The dosage of superplasticizer used was 0.75% and the amount of GGBFS substitution was 30% by weight which was the result of trial on the paste mix. Tests were carried out to determine the workability of concrete, the value of concrete compressive strength and flexural strength of concrete at the age of 3 days with a target compressive strength of 45 MPa and flexural strength of 4.5 MPa at the age of 3 days. The results show that increasing the dosage of alkali activator can increase the compressive strength of concrete by 8% and the flexural strength of concrete by 6% with the use of alkali activator dosage of 7.5% at the age of 3 days. Concrete with 7.5% alkali activator dosage was able to achieve a concrete compressive strength of 48.91 Mpa and a concrete flexural strength of 4.81 MPa which exceeded the research target. The slump value in this study reached 20 cm, so the results of this study are more recommended for construction work with the use of high slump values. This research can be a solution to reduce CO<sub>2</sub> emissions and is useful for construction projects that require high compressive and flexural strength values at early ages and high slump values.

**Keywords:** Hydraulic cement, GGBFS, Alkali Activator, Superplasticizer, High early strength concrete