

## **PENDAYAGUNAAN ABU TERBANG PADA BETON KINERJA TINGGI UNTUK RUMAH MURAH PRACETAK**

**Dicky R. Munaf\***

*dicky\_munaf@yahoo.com*

### **ABSTRAK**

Perkembangan industri beton terus mengalami peningkatan kualitas. Peningkatan kualitas Beton menjadi hal yang niscaya mengingat pesatnya tuntutan akan konstruksi beton yang *higher strength, more durable, fire resistance, water retention, sound insulation, thermal insulation, electric resistivity*, serta *abrasion resistance*. Tulisan ini mengulas perkembangan dampak kegiatan yang terkait dengan teknologi beton ringan kinerja tinggi yang terbuat dari substitusi parsial semen oleh abu terbang (hasil pembakaran batu bara di PLTU) terhadap masyarakat. Abu terbang memiliki unsur kimia ( $\text{SiO}_2$ ) yang mampu membantu meningkatkan kinerja material beton serta dampak positif kepada masyarakat dengan terdayagunakannya limbah (bahan yang tercampur udara) untuk material beton. Terdayagunakannya deposit abu terbang secara langsung akan berperan serta dalam kebersihan lingkungan sekitar fasilitas sistem produksi yang mengeluarkan limbah tersebut.

Kata kunci: Beton, Konstruksi, Teknologi, bahan bangunan

### **ABSTRACT**

*The development of concrete industry continues to increase the quality. The improvement of concrete quality becomes necessary due to the rapid demand for higher strength concrete construction, more durable, fire resistance, water retention, sound insulation, thermal insulation, electric resistivity, and abrasion resistance. This paper reviews the impact of development activities associated with the technology of high performance light weight concrete made from the partial substitution of cement by fly ash (from burning coal in power plant) to the community. Fly ash has a chemical element ( $\text{SiO}_2$ ), which can help to improve the performance of the concrete material and has positive impacts to the community with the efficacy of waste (material that mixed air) for the concrete material. The efficacy of fly ash deposit will directly participate in the environment clean production system facilities that emit waste.*

*Keywords: concrete, construction, technology. Material.*

### **PENDAHULUAN**

Pada akhir abad ke-19 dan pada abad 20, bahan beton (*concrete*) mulai lebih diperhitungkan sebagai bahan konstruksi yang penting, yang mampu menggantikan batu alam pada pembuatan struktur pelengkung. Hal ini terus berlanjut dengan mulai dipahaminya struktur beton bertulang yang memungkinkan beton dapat pula digunakan sebagai balok yang

lurus dan lengkung maupun elemen dari konstruksi.

Perkembangan teknologi beton seiring dengan tuntutan kebutuhan akan beton yang lebih kuat, yang mampu bersaing dengan baja dalam memikul beban dan membentangi jarak yang lebih jauh. Selain itu teknik beton harus mencakup peningkatan ketahanan yang lebih baik terhadap beban lingkungan. Kemajuan terbesar dari teknologi beton pada dekade terakhir adalah dalam perkembangan dari beton kinerja tinggi yang digunakan untuk struktur dan metode konstruksi. Kinerja dan sifat dari produk akhir beton kinerja tinggi dicirikan

---

\* Dikembangkan dari makalah penulis pada "Trend Teknik Sipil Era Milenium Baru"

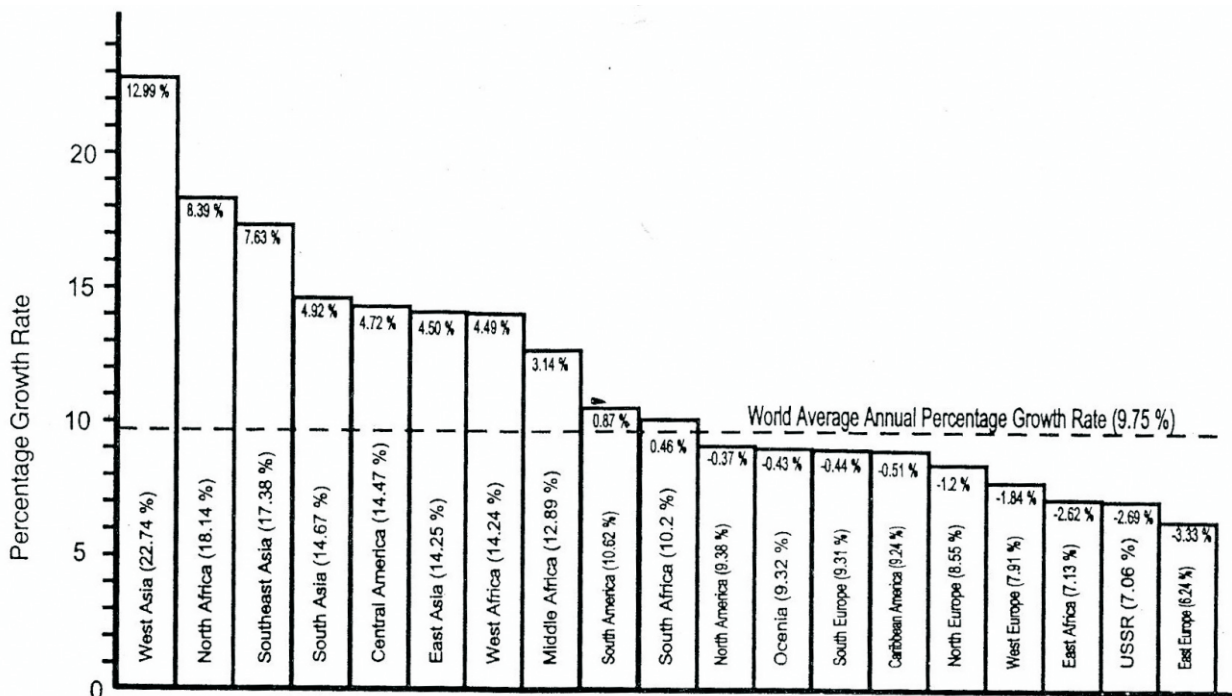
\*\* Dosen KK-Ilmu Kemanusiaan FSRD ITB

antara lain dari *higer strength, more durable, fire resistace, water retention, sound insulation, thermal insulation, electric resistivity, serta abrasion resistance*. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah teknologi produksi yang digunakan, untuk ini sebagai pendukung simulasi laboratorium harus berkaitan dengan kondisi pekerjaan di lapangan. Untuk mendukung hal tersebut diperlukan adanya petunjuk praktirs bagi industri untuk memproduksi dengan skala proyek dan sekaligus bertujuan bagi pencapaian keuntungan teknis dan komersil dari kegiatan lapangan.

Simulasi sistem pencampuran bahan beton harus disesuaikan dengan kondisi lapangan dan teknik produksi yang memungkinkan pihak industri agar dapat mencapai *cost-effective execution* dan *cost-effective structure* dari proyek fisik yang dikerjakannya.

Lebih lanjut dalam perkembangan aplikasi material beton, muncul prinsip beton prategang (*prestressed concrete*) menyebabkan dimensi balok prategang berbentuk panjang

dapat lebih kecil dari balok beton bertulang biasa, namun menyebabkan peningkatan kualitas parameter pada mekanisnya. Pada struktur beton prategang ternyata kekuatan yang tinggi saja kurang mencukupi karena dalam jangka panjang struktur beton prategang harus pula memiliki kinerja tinggi yang dinyatakan antara lain dengan niai susut, rangkak, dan deformasi jangka panjang yang kecil. Berdasarkan kebutuhan tersebut, sejak awal abad ke-20 teknologi beton menjadi pusat perhatian utama riset yang dilakukan oleh para ahli dalam bidang teknologi beton tujuannya adalah untuk peningkatan kinerjanya pada peningkatan kualitas materian pengikat (semen) yang dibuat manusia. Proses perkembangan tersebut harus juga diikuti oleh industri konstruksi Indonesia meningkat potensi pasar daerah Asia Tenggara yang relatif lebih besar dari nilai rata-rata pertumbuhan industri konstruksi dunia, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Laju Pertumbuhan Industri Konstruksi Dunia (1)

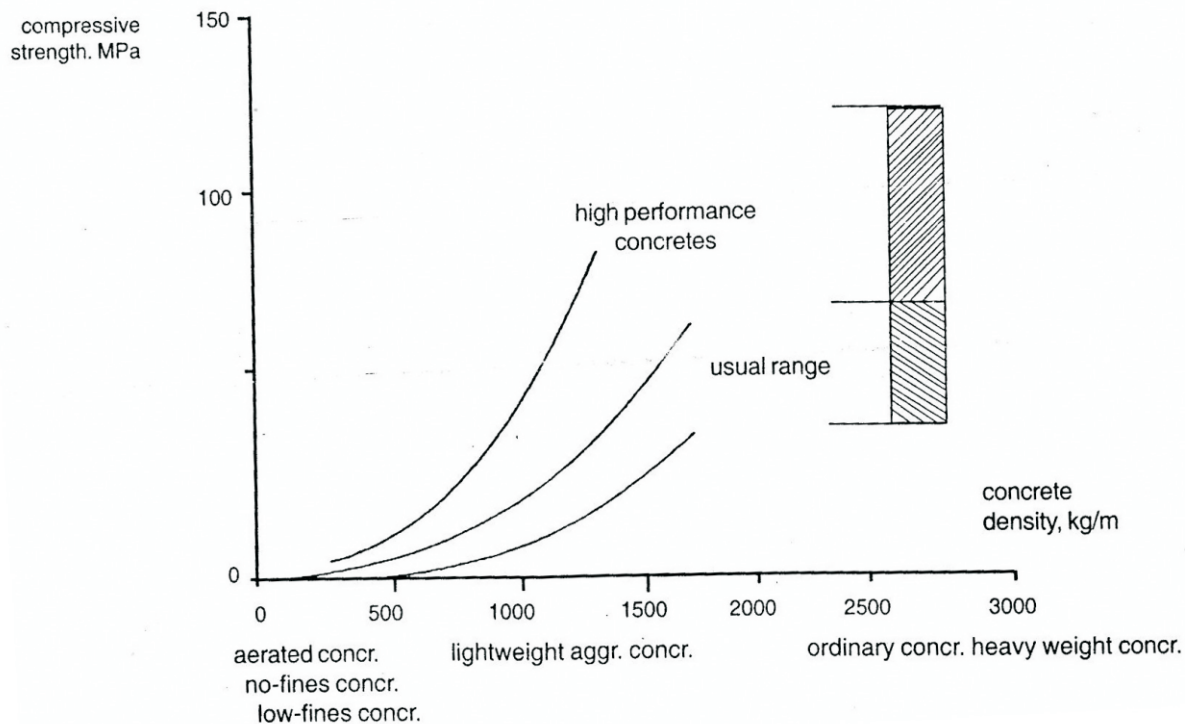
Tulisan ini akan mengulas perkembangan dampak kepada masyarakat dari kegiatan yang terkait dengan teknologi beton ringan kinerja tinggi yang terbuat dari substitusi parsial semen oleh abu terbang (hasil pembakaran batu bara di PLTU). Hal ini disebabkan abu terbang memiliki unsur kimia ( $\text{SiO}_2$ ) yang mampu membantu meningkatkan kinerja material beton serta dampak positif kepada masyarakat dengan terdayagunakannya limbah (bahan yang tercampur udara) untuk material beton.

## ARAH PERKEMBANGAN TEKNOLOGI BETON

Teknologi yang diciptakan dalam era revolusi industri telah menghasilkan loncatan pertumbuhan ekonomi dunia yang sangat tinggi. Hal ini merangsang manusia untuk terus mewujudkan keinginan dalam menyempurnakan peradaban manusia. Keinginan tersebut terus berkembang dan khususnya pada abad yang akan datang telah diperoleh visi mengenai tujuh teknologi unggulan yang salah satunya adalah SUPER MATERIAL [2]. Arah supermaterial ini adalah dimulai dari proses optimasi skala molekul untuk mendapatkan material yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan (*whatever we needed*).

Mengacu pada hopotesis di atas, teknologi material beton dapat juga berkembang menjadi salah satu jenis dari supermaterial tersebut, yaitu dengan teknik optimasi dari skala mikro (*microstructure*). Perkembangan ini memang mendominasi kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi beton akhir-akhir ini. Secara ringkas jenis penelitian yang berkembang saat ini dalam teknologi beton antara lain berikut ini.

- a. Riset mengenai "karakteristik distribusi" bentuk dan ukuran agregat sampai saat ini masih terdapat dua pendapat mengenai jenis distribusi optimum, yaitu gradasi kontinu dan gradasi bercelah.
- b. Riset mengenai kehalusan butir semen yang sangat memengaruhi kecepatan pengikatan, perkembangan kekuatan, dan tingkat kekuatan yang dicapai. Kehalusan semen yang halus terkait dengan peningkatan kecepatan reaksi hidrasi, namun berkonsekuensi terhadap pelepasan panas hidrasi tersebut. Hal ini berdampak pada penemuan baru jenis semen seperti *reactive powder* dan *polymer resin* yang memberi harapan dalam hal perolehan beton dengan kekuatan tinggi, meskipun perlu ditelaah lebih lanjut.
- c. Riset mengenai bahan *superplasticizer* untuk mengeleminasi pengaruh rendahnya rasio air/semen (W/C) yang dibutuhkan pada beton kinerja tinggi. Bahan *superplasticizer* ini diperlukan untuk mendispersikan butiran semen sehingga tidak terjadi penggumpalan adukan.
- d. Riset penggunaan bahan limbah yang bersifat *pozzolanic*, misalnya abu terbang (*fly ash*), *silica fume*, dan abu sekam, yang ternyata dapat meningkatkan kekuatan akhir dari material beton secara signifikan karena dapat meningkatkan kepadatan di daerah perbatasan agregat dan matriks semen (*interface transitional zone*). Karena itu, material *pozzolanic* sebagaimana disebut di atas merupakan material pengganti semen (*cementitious materials*). Sebagian semen portland dapat digantikan oleh abu terbang atau *silica fume* atau abu sekam ini.
- e. Seiring dengan masih berjalannya beberapa riset tersebut di atas, upaya manusia untuk lebih menyempurnakan lagi material beton terus berlanjut. Dasarnya adalah keinginan untuk lebih mengembangkan lagi material beton yang memakai agregat yang lebih ringan sehingga diperoleh beton dengan berat jenis yang lebih kecil dengan kekuatan tinggi (beton ringan kinerja tinggi-BRKT). Sehingga spektrum terminologi dan evolusi klasifikasi beton dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektrum Berat dan Kekuatan Material Beton [3]

## ABU TERBANG SEBAGAI UNSUR PEMBENTUK BETON KINERJA TINGGI

Merujuk pada kecenderungan riset penggunaan bahan limbah yang bersifat *pozzolanic*, pada tulisan ini difokuskan pada material abu terbang yang karakteristik fisika, komposisi kimia serta warna sangat bervariasi tergantung pada asal batu bara yang menghasilkannya. Namun secara umum abu terbang secara visual tampak seperti berwarna abu sampai coklat serta memiliki kandungan silika yang cukup tinggi, mencapai rata-rata 45-60% dari berat total.

Partikel silika tampak berbentuk bola (*spherical*) berukuran antara 0,1-30  $\mu\text{m}$ , serta memiliki permukaan spesifik (*specific surface*) antara 0,2-0,6  $\text{m}^2/\text{gr}$ , kandungan silika yang

cukup tinggi mencapai 56,30%. Pengamatan *scanning electron microscope* (SEM) menunjukkan bahwa silika berbentuk bola kecil yang amorph, bergerombol saling terkait dan berukuran antara 0,3-20  $\mu\text{m}$ , sedangkan analisis ayakan menghasilkan 77,15% lolos saringan 45  $\mu\text{m}$ . [4].

Peran abu terbang dalam beton kinerja tinggi adalah dalam proses hidrasi, yaitu tambahan  $\text{SiO}_2$  dari abu terbang, maka  $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$  yang dibebaskan proses hidrasi primer akan bereaksi di  $\text{SiO}_2$  membentuk pula CSH yang menambah kepadatan dan kekuatan produk beton. Reaksi kimia yang terakhir ini sering juga disebut reaksi sekunder untuk membedakan reaksi hidrasi yang terdahulu. Reaksi hidrasi sekunder berlangsung lebih lambat dan berlaku lebih lama.

Penelitian yang dilaksanakan penulis berhasil memproduksi beton kinerja (mutu) tinggi yang memiliki kekuatan 85,557 Mpa pada umur 28 hari dan meningkat menjadi 103,277 Mpa pada umur 180 hari, dengan menambahkan abu terbang dan *superplasticizer* pada beton segar. Beton yang sama tanpa tambahan abu terbang memberikan kuat tekan 72,190 Mpa pada umur 28 hari serta kuat tekan 88,030 Mpa pada umur 180 hari. Dengan demikian, tambahan abu terbang telah meningkatkan kekuatannya sebanyak 18,5% pada umur 28 hari dan 17,3% pada umur 180 hari. Pada penelitian tersebut telah didapatkan jumlah optimum abu terbang pengganti semen sebesar 15% berat total cementitious material (85% semen + 15% abu terbang). [4], [5]

Berlandaskan pertimbangan keandalan abu terbang sebagai unsur pembentukan beton kinerja tinggi, beton yang menggunakan abu terbang sebagai substitusi parsial semen merupakan konsep material yang tepat bagi Indonesia yang secara umum mempunyai potensi deposit abu terbang 700.000 ton per tahun dari PLTU selain itu, posisi geografis Indonesia terletak di daerah rawan gempa yang memerlukan struktur dengan gaya inersia minimal.

Terdayagunakannya deposit abu terbang secara langsung akan berperan serta dalam kebersihan lingkungan sekitar fasilitas sistem produksi yang mengeluarkan limbah tersebut.

### **MANFAAT UNTUK RUMAH MURAH DAN KONTRIBUSI SOSIAL UNTUK "GREEN CONSTRUCTION"**

Selain dari sisi lingkungan, salah satu manfaat beton kinerja tinggi adalah rumah murah [6]. Maksud murah adalah rumah yang dapat diproduksi massal dalam suatu pabrik, mudah transportasinya dalam arti tidak memerlukan peralatan berat dan dapat di "*setting*" dengan mudah oleh masyarakat tanpa sertifikasi khusus. Dalam pengertian ekonomi, "murah" harus diartikan sebagai "*relatively zero maintenance*".

Beton kinerja tinggi diterapkan pada rumah murah dalam berbagai jenis kinerja yang diharapkan dalam bentuk pracetak, seperti komponen struktur utama kolom dapat dibuat dalam dua bagian dengan sambungan di titik infleksi, panel dinding dengan menerapkan beton ringan kinerja tinggi baik dari segi bobot maupun ketahanan terhadap jamur, dan lantai dengan beton kinerja tinggi yang kedap air. Dari segi produksi, beton kinerja tinggi yang dapat diatur "*setting time*" nya menjadi efektif akan sangat menguntungkan *delivery* proses dalam pabrik.

Merujuk pada salah satu konsep yang dikemukakan risha tentang perumahan tumbuh, kebolehjadian penggunaannya untuk menjadi rumah tumbuh, baik horisontal dan vertikal, tentunya bergantung pada pengaturan dari fondasi. Dari keseluruhan potensi aplikasi struktural tersebut ada dua hal yang perlu mendapat perhatian, yaitu : 1) aspek sambungan antarakomponen struktur yang diupayakan tidak menggunakan sistem mekanik, tapi dengan sistem kait antar komponen struktur, 2) aspek sosioteknologi, yaitu perubahan pola penerima masyarakat terhadap bentuk dan material pembuat rumah yang relatif belum biasa dipakai.

Untuk kedua hal tersebut, pengkajian lanjut tentang sistem sambungan dan aspek desain visual komponen struktur perlu dikembangkan untuk meningkatkan adaptabilitas masyarakat melalui mekanisme difusi teknologi yang tepat. Selain aspek teknis tersebut, pendayagunaan beton kinerja tinggi yang menggunakan substitusi parsial pengganti semen, dapat juga berkontribusi sosial pada pencapaian upaya global dalam "*green construction*". Kriteria pencapaian tersebut karena penggunaan abu terbang dapat tergolong pada satu aspek dari enam aspek *green construction*, yaitu sumber dan siklus material.

Sumber dan siklus material yang dimaksud adalah definisi pemakaian material yang ada untuk mengurangi bahan mentah atau material baru serta melaksanakan proses produksi yang ramah lingkungan.[7]

## SIMPULAN

Perkembangan teknologi beton mengalami kemajuan seiring dengan perkembangan industri konstruksi. Berbagai penelitian dilakukan untuk menghasilkan beton kinerja tinggi salah satunya dengan menambahkan abu terbang yang memiliki unsur kimia ( $\text{SiO}_2$ ) hasil pembakaran batu bara di PLTU dan *superplasticizer*. Penambahan abu terbang pada beton, menghasilkan beton kinerja tinggi, memiliki kekuatan 85,557 Mpa pada umur 28 hari dan meningkat menjadi 103,277 Mpa pada umur 180 hari. Sedangkan beton yang sama tanpa bahan tambahan abu terbang memberikan kuat tekan 72,190 Mpa pada umur 28 hari dan kuat tekan 88,030 Mpa pada umur 180 hari.

Manfaat beton ini untuk manusia adalah untuk rumah murah dalam bentuk pracetak, tahan terhadap jamur dan kedap air. Selain itu, beton ini tepat bagi Indonesia yang secara umum mempunyai potensi deposit abu terbang 700.000 ton per tahun dari PLTU. Posisi Indonesia yang rawan gempa sangat memerlukan struktur dengan gaya inersia minimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hanafiah. 1996. "Persamaan Konstitutif Beton Kinerja Tinggi dengan Abu Terbang sebagai Substitusi Parsial Semen", Disertasi Doktor. Bandung : ITB.
- Marketing Research for Global Constuction Industry*, 1995.
- Mc. Cormich. "The Top 10 Technologies for the Next Decade". *Newsweek Magazine*. June 1995.
- Munaf, Dicky R., dkk., 1995. "*Constitutive Model of High Performance Fly Ash Concrete*", Competitive Research Grant, Labollatory of Structure and Materials-ITB. Bandung : ITB.
- Spitzner, J. *A Review of the Development of Lightweight Aggregates - History and Actual Survey*, Proceeding of International Symposium on Structural Lightweight Aggregate Concrete, 20-24 June 1995, Sandefjord, Norway, hlm. 13-21.
- Techno Konstruksi, Edisi 47, Tahun IV, Maret 2012, Hal 41.

<http://www.risha-knockdown>