

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BETON KINERJA TINGGI YANG BERKELANJUTAN

Pinondang Simanjuntak ¹

¹ Universitas Kristen Indonesia

Email: pinondang.simanjuntak@uki.ac.id

Masuk: 28-04-2023, revisi: 30-04-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-04-2023

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan bahan konstruksi saat ini khususnya konstruksi bangunan beton telah menuntut perlunya inovasi pengembangan teknologi beton yang berkelanjutan. Untuk itu diperlukan inovasi teknologi beton sehingga diperoleh Beton yang berkinerja tinggi dan ramah lingkungan. Sampai saat ini Pengembangan inovasi Teknologi beton terus dilakukan para ahli guna memenuhi kebutuhan beton pada berbagai jenis konstruksi yang terus meningkat. Pengembangan Beton Kinerja Tinggi yang berkelanjutan adalah teknik pengembangan material konstruksi yang cukup tepat dan baik untuk memperoleh kekuatan dan daya tahan beton yang tinggi sehingga dapat mengurangi kebutuhan volume beton dan biaya konstruksinya. Tantangannya adalah bagaimana mengembangkan teknologi beton agar dapat menghasilkan beton berkinerja tinggi dan ramah lingkungan untuk dapat mengantisipasi kebutuhan permintaan volume beton yang terus meningkat pesat. Teknologi Beton Kinerja Tinggi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan adalah salah satu cara terbaik untuk menjawab tantangan tersebut.

Kata kunci: teknologi beton; berkinerja tinggi; konstruksi; ramah lingkungan.

ABSTRACT

The increasing need for construction materials today, especially concrete building construction, has demanded the need for innovation in the development of sustainable concrete technology. For this reason, concrete technology innovation is needed so that high-performance and environmentally friendly concrete is obtained. Until now, the development of concrete technology innovations continues to be carried out by experts to meet the increasing demand for concrete in various types of construction. Continuous development of high performance concrete is a technique for developing construction materials that are appropriate and good enough to obtain high strength and durability of concrete so as to reduce the volume requirement of concrete and its construction costs. The challenge is how to develop concrete technology so that it can produce high-performance and environmentally friendly concrete to be able to anticipate the demand for concrete volumes which continue to increase rapidly. Sustainable and environmentally friendly High Performance Concrete Technology is one of the best ways to address this challenge.

Keywords: *concrete technology; high performance; construction; environmentally friendly.*

1. PENDAHULUAN

Beton adalah bahan campuran hasil rekayasa teknologi yang terdiri dari *Portland Cement*, Agregate, *aditive* tambahan lain, dan air, (Tampubolon, S. P. 2022). Beton sejak dulu sudah menjadi bahan yang sangat penting pada kehidupan manusia karena pembuatannya mudah dan dapat di jadikan sesuai dengan bentuk yang di diharapkan. Umumnya dipergunakan pada berbagai macam bangunan seperti pada bangunan fasilitas infrastruktur dan bangunan gedung. Karena itu volume produksi beton terus meningkat untuk dapat menyuplai kebutuhan pembangunan. Pada pertemuan dan seminar nasional dan internasional, tdak jarang dibahas cara menghadapi masalah “*Global Worming*”. Masalah ini sedang mengancam peradaban manusia karena akibat terjadinya pemanasan global pada planet Bumi yang disebabkan

pengaruh peningkatan jumlah volume gas rumah kaca pada atmosfer bumi. Pemanasan ini menimbulkan perubahan perilaku yang ekstrim pada lingkungan alam.

Industri beton adalah salah satu dari industri yang mengkonsumsi bahan baku dari alam terbesar diantara industri lainnya, Selain itu beton juga pemberi kontribusi utama pada pembentukan gas rumah kaca pada atmosfer bumi. Menurut Kevin J, setiap tahun rata rata kebutuhan setiap satu orang penduduk diproduksi 1 (satu) ton beton, Jadi untuk sekitar enam miliar penduduk dunia telah diproduksi 6(enam) miliar ton beton tiap tahun. (Kevin J. Folliard). Kkarena itu dapat dikatakan bahwa pengaruh industri beton pada masalah keseimbangan lingkungan saat ini adalah cukup besar dan perlu perhatian yang lebih besar.

Melihat perkembangan kecenderungan diatas maka sejak awal para ahli teknologi beton di Eropa, Amerika dan Jepang sudah mencoba meneliti pembuatan beton yang berkelanjutan yang disebut “*Sustainable Concrete*”. Diharapkan penemuan beton ini dapat memperkecil pembentukan gas rumah kaca di atmosfer bumi dengan sendirinya dapat mengurangi kerusakan kepada lingkungan alam. Dengan pengembangan teknologi beton berkinerja tinggi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan danpat menjai alternatif solusi pengurangan emisi gas CO₂ di bumi ini. Di Negara berkembang seperti Indonesia hal ini sudah seharusnya menjadi perhatian pemerintah, praktisi konstruksi beton dan para ahli, karena produksi semen terbesar adalah di daerah Asia dimana Indonesia adalah bagian didalamnya (Mohamed Lachemi, 2012).

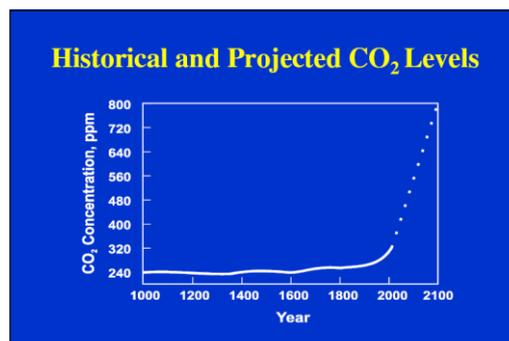
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan studi literatur yang merupakan rangkaian proses mulai dari pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian (Zed, 2008:3).Tujuan utamanya adalah mengembangkan aspek teoritis maupun aspek manfaat praktis sebagai dasar hipotesis penelitian. Dengan melakukan studi kepustakaan maka dilakukan pendalaman yang lebih luas dan mendalam terhadap masalah yang hendak diteliti (Darmadi, 2011). Pengumpulan Data Data yang digunakan berasal dari *textbook*, journal, artikel ilmiah, literature review yang berisikan tentang konsep yang diteliti, Materi hasil penelitian yang secara sekuensi menjadi fokus penelitian dengan melihat tahun penelitian diawali dari yang paling mutakhir, dan berangsur-angsur mundur ke tahun yang lebih lama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi peningkatan emisi gas CO₂

Emisi gas CO₂ adalah adalah bahan pembentuk utama gas rumah kaca yang membuat peningkatan pada tempratur permukaan bumi. Oleh karena itu perhatian pada pengurangan gas CO₂ ini menjadi sangat penting menjaga kelangsungan keseimbangan lingkungan alam. Ironisnya fakta yang terjadi adalah justru sebaliknya, volume CO₂ terus meningkat di permukaan bumi sejalan dengan pertambahan waktu (V.M Malhotra,2002).



Gambar 1. Kronologi dan proyeksi peningkatan gas CO₂ (Sumber : V.M Malhotra,2002)

World Cement Production to Year 2010

Year	World total (million tonnes)
1995	1,396
2000	1,662
2005	1,839
2010	1,946

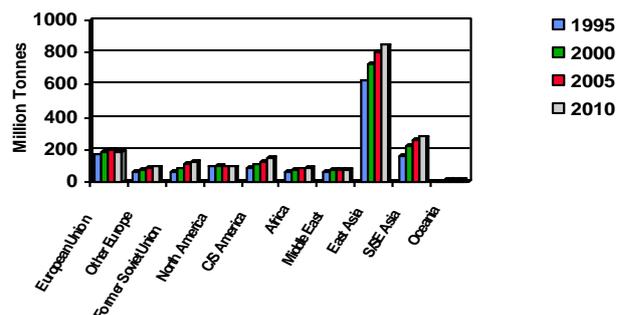
Gambar 2. Produksi Semen di dunia 1995-2010 (Sumber:V.M. Malhotra,2002)

Seperti ditunjukkan pada gambar1. Setiap periode 200 tahun kecenderungan peningkatan konsentrasi gas CO₂ di atmosfer bumi adalah semakin tajam. Celaknya sejak tahun 2000an peningkatan tersebut meningkat tajam mencapai jumlah konsentrasi diatas 320 ppm. Pada tahun 2100 diproyeksikan akan terjadi 800 ppm konsentrasi CO₂ di permukaan bumi. Volume peningkatan produksi semen setipa 5 tahun terlihat pada gambar 2. Menurut penelitian para ahli, industri semen memberi kontribusi pada peningkatan konsentrasi CO₂ mencapai 7% dari total CO₂ yang ada di permukaan bumi (V.M Malhorta,2002). Pada Gambar 3 di tunjukkan bahwa pada tahun 1995 total konsentrasi emisi gas CO₂ di permukaan bumi mencapai 21,6 milliard ton, sekitar 7% atau 1,4 miliar ton adalah kontribusi dari Industri semen.

World-wide Cement Production and CO₂ Emissions

Year	Cement Production, billion tonnes	Total CO ₂ Emissions, billion tonnes	CO ₂ Contribution by cement Industry, %
1995	1.4	21.6	7
2010	1.9	28 - 30	7

Gambar 3. Proyeksi Emisi CO₂ di dunia 1995-2010 (Sumber: V.M.Malhotra,2002)



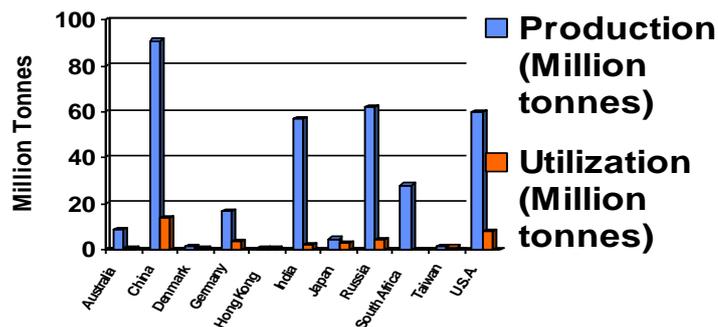
Gambar 4: Distribusi wilayah Pemakaian Semen di Dunia (Sumber :Lachemi Mohamed,2012)

Pada tahun 2010 di proyeksikan permukaan bumi akan menerima sebesar 28-30 miliar ton gas CO₂ dan sekitar 7 % nya adalah suplai dari industri semen atau sebesar 1,9 miliar ton. Selain itu penyediaan bahan baku pasir, kerikil dan air beton akan menimbulkan perubahan pada alam yang menimbulkan gangguan pada keseimbangan lingkungan. Sementara industri beton adalah pemakai utama bahan baku besumber dari alam untuk mengisi kebutuhan agregat pembentuknya. Sebagai contoh pada gambar 4 diperlihatkan kecenderungan di Amerika peningkatan eksplorasi alam untuk menyediakan kebutuhan batu pecah dan pasir pada pembuatan beton. (Kevin.J.Folliard) Indonesia dengan penduduk yang besar tentu akan mengalami hal yang sama membutuhkan jumlah volume beton yang besar.

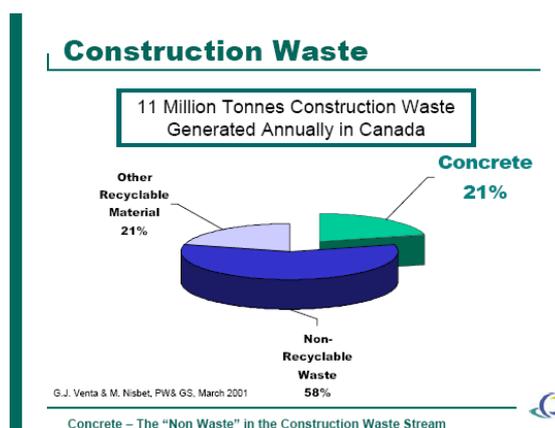
3.2 Kebutuhan Pengembangan Teknologi Beton

Kenyataan saat ini menunjukkan bahwa setiap tahun jumlah volume pemakaian beton semakin meningkat terus mengimbangi suplai kebutuhan pada berbagai pembangunan konstruksi. Untuk mencukupi kebutuhan pembangunan konstruksi di seluruh dunia telah diproduksi 13 (tiga belas)miliar ton beton setiap tahun (Lachemi Mohamed, 2012). Oleh karena itu sudah menjadi tantangan agar dapat mempertahankan pemakaian beton sejumlah volume tersebut dan sedikit menimbulkan gas CO₂. Untuk itu diperlukan pengembangan teknologi, yang dapat menyediakan beton yang sedikit menimbulkan emisi gas CO₂ sekaligus yang dapat mengurangi kerusakan pada lingkungan alam. Dengan perkembangan berbagai macam industri dewasa ini akan menimbulkan banyak limbah buangan melalui pengolahan industrinya. Sebagian dari limbah tersebut dapat dijadikan bahan baku yang baik meningkatkan mutu beton, misalnya abu terbang dari sisa pembakaran pembangkit tenaga listrik, mikrosilika sisa buangan dari industri bahan kimia, abu dari sisa pembuatan semen, *slag* dan bahan lainnya. Selain itu puing dari hasil pembongkaran konstruksi beton dan dari bahan batu bangunan yang roboh akibat gempa juga dapat dijadikan bahan agregat beton untuk menggantikan batu kerikil dan pasir.

Di negara berkembang seperti Indonesia dan negara maju seperti Canada dan Amerika telah banyak dilakukan pemakaian abu terbang pada pembuatan beton. Contohnya pembuatan bahan konstruksi. Gambar 4.menunjukkan bahwa sebagian besar pemakaian abuterbang di Amerika telah dilakukan pada bahan konstruksi beton yaitu 38.8 % di Canada dan 52,7%.Sedangkan pada Gambar 5 ditunjukkan bahwa hasil produksi dan pemakaian abu terbang di tiap Negara yang menghasilkan abuterbang jumlah produksinya jauh melebihi dari jumlah penggunaannya. Jadi dari segi jumlah volume penggunaan, abuterbang masih berpeluang besar untuk terus ditingkatkan sebagai bahan tambahan pada beton. Sementara pada Gambar 6 ditunjukkan bahwa setiap tahun produksi buangan bahan konstruksi setiap tahun adalah sebesar 11(sebelas) miliar ton, 42% nya adalah bahan yang dapat di olah ulang menjadi bahan bahan baku untuk beton.



Gambar 5. Produksi dan Pemakaian *Coal- Ash* di Dunia (Sumber: Lambrous and Androus, Ryerson University)



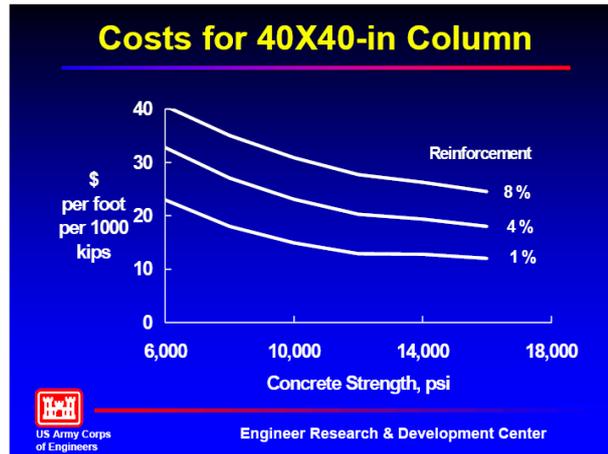
Gambar 6. Limbah Konstruksi (Sumber: Cement Association of Canada)

Di negara berkembang seperti Indonesia tentu akan banyak bahan buangan sisa konstruksi seperti itu. Walaupun belum ada penelitian tentang jumlah bahan ini di Indonesia dengan kasat mata dapat dilihat contoh kasus kejadian pada Gempa Jogja-Jateng pada bulan Mei 2006 yang lalu. Banyak bangunan rumah penduduk yang terbuat dari batu bata dan beton yang memiliki perekat semen kurang baik roboh dan hancur, sehingga meninggalkan volume puing bangunan sangat besar yang menimbulkan kesulitan pada penampungannya. Sementara pembangunan kembali konstruksi rumah yang roboh membutuhkan waktu cepat dan biaya hemat. Bahan puing bangunan seharusnya dapat dijadikan sebagai bahan baku pada beton selain bahan lokal lainnya. Bahan ini memerlukan penelitian dan pengolahan produksi yang baik seperti yang sudah dilakukan di Amerika dan Canada.

3.3 Kebutuhan Inovasi Penelitian

Sebagai kontribusi pada solusi masalah maka yang pertama perlu dilakukan adalah mengembangkan penelitian pada bahan Beton Berkinerja Tinggi (“High Performance Concrete”). Ada tiga kriteria yang harus dipenuhi oleh beton berkinerja tinggi yaitu pertama kuat tekan besar, kedua mudah dikerjakan dan terakhir durabilitasnya baik. Semakin tinggi tingkat kualitas kriteria tersebut terpenuhi maka produksi CO₂ yang ditimbulkan oleh beton akan semakin berkurang. Beberapa penelitian membuktikan dengan penambahan Abu terbang dan *mikrosilika* pada campuran beton maka kinerjanya akan menjadi meningkat. Bahan aditif ini mempunyai diameter yang lebih kecil dari diameter semen sehingga dapat mengisi pori yang belum ditempati semen pada campuran beton sekaligus mengganti sebagian posisi semen. Sifat aditif ini akan menambah kekuatan dan keawetan pada beton walaupun volume penggunaan semen berkurang.

Persoalan lainnya adalah pemakaian air pada waktu pengadukan. Semakin besar pemakaian air akan semakin mengurangi kekuatan beton sementara semakin sedikit air akan semakin sulit untuk mengerjakan beton tersebut. Karena itu penambahan “Superplasticizer” dapat mengganti penggunaan sebagian air pada saat pencampuran sehingga kemudahan pengerjaan dapat dipertahankan walaupun jumlah air sudah berkurang. Menurut V.M Malhotra, 2002, ditunjukkan pada gambar 7 bahwa biaya pembuatan kolom beton mutu tinggi dengan ukuran 100 cm x100 cm akan semakin menurun jika kuat tekan beton tersebut meningkat. Artinya semakin tinggi kuat tekan betonnya maka biaya pembuatan kolom dengan ukuran tersebut akan semakin murah. Penurunan biaya ini akan mendorong para peneliti untuk mengembangkan penelitian beton mutu tinggi.



Gambar 7: Hubungan Biaya dan Kuat tekan beton mutu Tinggi pada kolom
(Sumber : V.M Malhotra, 2002)

Bahan tambahan *aditive* mineral atau “*Supplementary Cement Materials*”(SCMs) seperti abuterbang, mikrosilika, slag dan bahan pozzolan alam lainnya akan membantu . Jika penambahan SCMs dapat mengurangi penggunaan semen mencapai 15% dari total pemakaian semen di dunia maka akan dapat mengurangi jumlah gas CO₂ yang ditimbulkan di atmosfer sebesar 227 miliar ton. Jika pengurangan semen mencapai 50% maka akan mengurangi jumlah gas CO₂ yang ditimbulkan di bumi sebesar 750 miliar ton. Jumlah ini sama dengan emisi CO₂ yang di hasilkan oleh ¼ dari total jumlah kendaraan di seluruh dunia.(V.M Malhotra). Ahli teknologi beton dan produser semen akan berinovasi untuk menekan jumlah buangan gas CO₂ ke permukaan bumi dengan cara mengembangkan penelitian cara pengurangan CO₂ pada industri semen dan pengurangan eksplorasi bahan alam untuk agregat. Di negara maju seperti Eropa dan Amerika penelitian ini sudah banyak dilakukan. (Steve Otto, LEED Ap).

Di Indonesia pemakaian SCMs akan menarik untuk diteliti lebih jauh lagi sampai satu saat ditemukan industri beton yang ramah lingkungan. Sekarang sudah mulai banyak produksi beton yang memakai bahan tambahan Abuterbang yang besar yaitu “High Volume Fly Ash Concrete” (HVFA Concrete). Tahun 1980an pemakaian beton seperti ini telah dilakukan di Canada. Pemakaian “HVFA Concrete” akan mengurangi pemakaian semen dan akan mengurangi jumlah volume gas CO₂. Pemakaian bahan baku dari limbah batu buangan konstruksi dan bahan daur ulang lainnya akan menambah sustainabilitas beton untuk mengantisipasi efek gas rumah kaca. Untuk menambah keawetan dan kemudahan pada pengerjaan beton dapat ditambahkan bahan aditif “*Chemical Admixtures*”. Jadi Industri beton dimasa mendatang akan cenderung ingin menemukan bahan semen dengan sedikit kandungan CO₂. Bahan agregat yang diperoleh dari puing buangan konstruksi atau bahan yang dapat didaur ulang akan memberi kontribusi yang besar untuk menemukan beton yang sustainabilitasnya baik atau “*Sustainable Concrete*” Beberapa Industri semen Internasional telah mulai mengarahkan penelitiannya kearah ini.

4. KESIMPULAN

Dimasa mendatang dibutuhkan pengembangan Teknologi Beton yang intensif untuk menemukan beton yang ramah lingkungan “*Sustainable Concrete*” yang ideal. Selain itu dibutuhkan penelitian yang dapat menemukan produksi Semen yang makin sedikit menimbulkan eksese emisi gas CO₂.

Saat ini dan kedepan dibutuhkan inovasi penelitian teknologi beton dengan bahan tambahan aditif mineral (SCMs), “*Chemical Admixtures*” dan bahan agregat hasil limbah pecahan bongkahan Konstruksi dan bahan daur ulang lain untuk menemukan beton berkinerja tinggi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan

5. DAFTAR PUSTAKA

- A.J Clark 2004 “ Concrete: Producing Materials” School of Engineering Dept. of Civil and Environment Engineering Univ.of Maryland, Spring.
- Cement Association of Canada ”Concrete : The ‘Non Waste’ in the Construction Waste team”
- Darmadi, Hamid. 2011. Metode Penelitian Pendidikan. Bandung: Alfabeta.
- Mehta P.K 2014 “ Concrete : Microstructures, Properties and Materials”
- Lachemi,Mohamed 2012 “Sustainable Concrete Construction in the 21st Century: Challenges & Opportunities”
- Kevin J.Folliard 2007 “ACAA C2P2 Workshop: Concrete and Sustainability”
- Qin Weizu 2004 “ What role could concrete technology play for sustainability in China” Tsinghua University, Beijing PRC,
- Tampubolon, S. P. (2022). Struktur Beton I.
- Steve Otto 2006“ Better Concrete conference :Global issue, Local solution ,Cement Manufacture and Sustainability”.
- US Army Corps of Engineers “ Eng Research Development Center :Concrete the Material of Choice”
- V.M.Malhotra 2002 “ MTL CANMET LTM : Sustainability and Concrete Technology”
- Zed Mestika, 2004 Meyode Penelitian Kepustakaan Yayasan Pustaka Obor Indonesia