

PENGARUH PEMAKAIAN ABU INSINERATOR RUMAH SAKIT TERHADAP KUAT TEKAN, ABSORPSI, POROSITAS, DAN REMBESAN BETON

Lita Darmayanti, Alex Kurniawandy, dan Benny Nurzikri Rahim

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Subrantas Km 12,5 Panam, Pekanbaru 28293 Indonesia

E-mail : litlit98@yahoo.com

ABSTRAK

Kegiatan rumah sakit tidak terlepas dari masalah limbah, baik yang bersifat medis maupun non medis. Salah satu cara pengolahan limbah medis adalah dengan menggunakan pembakaran suhu tinggi yang dilakukan dalam insinerator. Pembakaran suhu tinggi sangat efektif mengurangi volume limbah dan tingkat bahaya limbah medis. Meskipun demikian insinerator tetap menghasilkan abu sisa pembakaran yang jumlahnya makin lama makin meningkat sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu diperlukan solusi untuk memanfaatkan abu hasil pembakaran insinerator tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh pemakaian abu insinerator terhadap kuat tekan, porositas, absorpsi, dan rembesan beton. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan abu insinerator rumah sakit untuk mensubstitusi sebagian pasir yang digunakan dalam pembuatan beton. Persentase abu yang digunakan 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat pasir. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm digunakan untuk pengujian kuat tekan, absorpsi, dan porositas dibuat sebanyak 60 buah. Untuk pengujian rembesan digunakan sampel berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm sebanyak 18 buah. Hasil pengujian kuat tekan beton setelah perawatan 28 hari menunjukkan terjadi penurunan seiring dengan meningkatnya persentase abu insinerator yang digunakan. Nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada pemakaian abu insinerator sebanyak 5% yaitu 21,4 MPa. Pada pemakaian abu insinerator dengan persentase 10-25%, kuat tekan yang didapatkan berkisar 6,4-14,3 MPa. Penurunan kuat tekan disebabkan pemakaian abu insinerator dapat meningkatkan absorpsi, porositas dan rembesan beton, selain itu abu insinerator mempunyai sifat menyerap air yang cukup tinggi.

Kata kunci: absorpsi, abu insinerator, beton, kuat tekan, porositas, rembesan.

ABSTRACT

Hospital activities can not be separated from the problem of wastes, both medical and non medical. One of medical waste treatments is using high temperature combustion in incinerator. High temperature combustion is very effective to reduce the volume and hazard of medical waste. Nevertheless incinerators still produce ash that potential to cause pollution. We need a solution to utilize the ash of incinerators. This study aim to know the effect of incinerator ash to compressive strength, porosity, absorption and permeability of concrete. The study utilized the hospital incinerator ash to substitute sand in the concrete. Percentage of ash was used 0%, 5%, 10%, 20% and 25% of the weight of the sand. Cylindrical samples with diameter of 15 cm and height 30 cm was used for testing compressive strength, absorption, and porosity were made 60 pieces. Samples that used for permeability cuboid with size 15 cm x 15 cm x 15 cm were made 18 pieces. Concrete compressive strength test results after 28 days or curing showed a decrease with the increase of percentage of incinerator ash used. Highest compressive strength values obtained 21.4 MPa, on the used of incinerator ash 5%. On the use of incinerator ash with percentage of 10-25%, the compressive strength ranged from 6.4 to 14.3 MPa. Decrease in compressive strength due to the use of incinerator ash can increase the absorption, porosity and permeability of concrete and the properties of the incinerator ash that is high enough to absorb the water.

Keywords: absorption, compressive strength, concrete, incinerators ash, permeability, porosity

PENDAHULUAN

Pembangunan di bidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung di berbagai bidang, misalnya gedung-

gedung, jembatan, tower, dan sebagainya. Seiring dengan hal tersebut, peningkatan mutu, efisiensi, dan produktivitas dari setiap kegiatan pembangunan terutama yang terkait dengan sektor fisik mutlak harus dilakukan, seperti halnya sektor

bangunan yang saat ini terus mengalami peningkatan. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan.

Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah dikerjakan (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan ganti atau bahan tambah (Murni, 2008). Bahan pengganti dan bahan tambah yang ada di antaranya adalah abu insinerator. Abu insinerator adalah sisa hasil proses pembakaran sampah yang keluar dari tungku pembakaran yang berada pada dasar tungku. Pada proses pembakaran sampah kuantitas dan konsentrasi residu pembakaran tergantung pada karakteristik sampah, perancangan dan pengoperasian peralatan sistem pembakaran. Residu padat yang dihasilkan pada pembakaran sampah mencapai 25-30% massa (Millarth et.al, 2004 dalam Naryono 2011) yang dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *bottom ash* dan *fly ash*. *Bottom ash* sebagian besar terdiri dari bahan anorganik yang tidak mudah terbakar. *Fly ash* merupakan campuran bahan organik dan anorganik yang mempunyai titik didih rendah sehingga pada saat terbakar dapat terbawa dalam aliran gas buang dalam bentuk *particulate matter*.

Residu pembakaran tersebut perlu diolah atau dimanfaatkan agar tidak mengganggu lingkungan, mengingat abu tersebut jumlahnya meningkat setiap harinya. Abu insinerator dapat mengakibatkan dampak lingkungan yang cukup membahayakan terutama polusi udara terhadap kehidupan sekitarnya. Prinsip utama pemanfaatan atau pengolahan residu insinerator adalah mengubah bahan tersebut menjadi stabil sehingga pada kondisi terpapar tidak berbahaya bagi lingkungan. Teknik pengolahan residu secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi tiga proses utama (Chandler et.al, 1997 dalam Naryono 2011) yaitu (1) proses pemisahan, (2) pemadatan atau stabilisasi, dan (3) proses termal.

Penelitian yang memanfaatkan fly ash untuk geopolimer dan bottom ash sebagai filler telah dilakukan oleh Hardjito dan Shen (2010) (dikutip

dari Naryono 2011). Penelitian tersebut bertujuan mempelajari berbagai parameter sifat mekanis mortar yang dibuat dari campuran *fly ash* sebagai bahan geopolimer dan *bottom ash* sebagai filler pengganti pasir. Hasil yang didapatkan menunjukkan semakin tinggi kandungan *bottom ash* kuat tekan mortar semakin turun. Tetapi penambahan *bottom ash* sebanyak 10% tidak menyebabkan penurunan kuat tekan yang signifikan.

Dari latar belakang di atas dapat dilihat, abu insinerator berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan *filler* pada beton. Secara visual bentuk fisik abu insinerator bergradasi seperti agregat halus, memungkinkan untuk digunakan sebagai agregat halus. Tujuan penelitian ini adalah menggunakan abu insinerator sebagai bahan campuran dalam beton sebagai pengganti agregat halus.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan abu insinerator dari RSUD Arifin Achmad Pekanbaru, abu yang digunakan adalah *bottom ash* yang tertahan pada saringan no. 200. Bentuk fisik abu menyerupai pasir, berwarna hitam dan bergradasi tidak seragam. Abu insinerator mempunyai specific gravity 0,79, kadar air 16,45%, dan modulus kehalusan 2,18. Komposisi kimia abu insinerator dapat dilihat pada Tabel 1. Pasir yang digunakan berasal dari Kabupaten Kampar dengan specific gravity 2,66, kadar air 3,3%, dan modulus kehalusan 2,94. Kerikil juga berasal dari Kabupaten Kampar, dengan specific gravity 2,59, kadar air 3,8%, dan modulus kehalusan 7,46. Air yang digunakan adalah air yang ada di Laboratorium Teknologi Bahan, semen yang digunakan adalah semen tipe I.

Tabel 1 Kandungan kimia abu insinerator

Jenis unsur oksida	Persentase
SiO ₂	16.21
Al ₂ O ₃	6.47
Fe ₂ O ₃	0.95
CaO	15.36
MgO	1.91
Na ₂ O	3.62
K ₂ O	1.12
TiO ₂	7.57
P ₂ O ₅	5.37
H ₂ O	7.87
HD	33 46

Benda uji beton dibuat sebanyak 78 benda uji dengan dua bentuk benda uji. Benda uji berbentuk silinder sebanyak 60 benda uji digunakan untuk uji kuat tekan beton, penyerapan, dan porositas, sedangkan benda uji yang berbentuk kubus berjumlah 18 benda uji digunakan pada pengujian rembesan air beton.

Desain campuran (*mix design*) beton dengan menggunakan metode SNI T-15-1990-03 dengan kuat tekan rencana f'_c 22,5 MPa pada umur perawatan 28 dan 56 hari. Benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, absorpsi dan porositas. benda uji beton berbentuk kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm untuk pengujian rembesan.

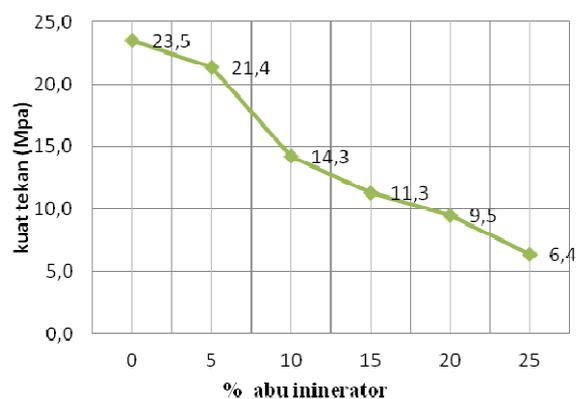
Sebelum dilakukan uji karakteristik, beton terlebih dahulu dirawat. Perawatan beton dilakukan dilakukan setelah benda uji mencapai *final setting* dan dibuka dari cetakan, dengan cara direndam dalam bak perendam pada suhu $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ sampai saat dilakukan pengujian pada umur 28 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

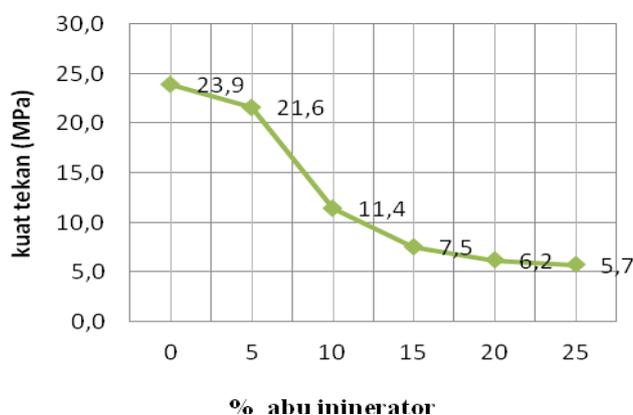
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 dan 56 Hari

Kuat tekan diperoleh dari rata-rata lima buah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan umur beton 28 dan 56 hari. Hasil uji kuat tekan beton dari rancangan campuran beton dengan abu insinerator sebagai bahan pengganti pasir dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Kuat tekan beton tertinggi didapat pada umur perawatan 28 hari yaitu 23,54 MPa yaitu pada kondisi beton normal tanpa pemakaian abu insinerator, sedangkan pada pemakaian abu insinerator sebesar 5% dari berat pasir kuat tekan mengalami penurunan sebesar 9,13% menjadi 21,39 MPa, pada pemakaian abu insinerator sebesar 10% kuat tekan mengalami penurunan sebesar 39,42% menjadi 14,26 MPa, pada pemakaian abu insinerator sebesar 15% kuat tekan mengalami penurunan sebesar 51,92% menjadi 11,32 MPa, pada pemakaian abu insinerator sebesar 20% kuat tekan mengalami penurunan sebesar 59,6% menjadi 9,51 MPa, dan pada pemakaian abu insinerator sebesar 25% kuat tekan mengalami penurunan sebesar 72,87% menjadi 6,39 MPa.



Gambar 1. Hubungan kuat tekan dan persentase abu insinerator pada umur 28 hari



Gambar 2. Hubungan kuat tekan dan persentase abu insinerator pada umur 56 hari

Pada umur perawatan 56 kuat tekan beton tertinggi didapat 23,9 MPa yaitu pada kondisi beton normal tanpa pemakaian abu insinerator, sedangkan pada pemakaian abu insinerator sebesar 5% dari berat pasir kuat tekan mengalami penurunan sebesar 9,74% menjadi 21,6 MPa, pada pemakaian abu insinerator sebesar 10% kuat tekan mengalami penurunan sebesar 52,32% menjadi 11,4 MPa, pada pemakaian abu insinerator sebesar 15% kuat tekan mengalami penurunan sebesar 68% menjadi 7,5 MPa, pada pemakaian abu insinerator sebesar 20% kuat tekan mengalami penurunan sebesar 74,1% menjadi 6,2 MPa, dan pada pemakaian abu insinerator sebesar 25% kuat tekan mengalami penurunan sebesar 76,06% menjadi 5,7 MPa. Hal ini terjadi karena penambahan pemakaian abu insinerator kedalam campuran beton menyebabkan kepadatan berkurang, porositas dan penyerapan beton meningkat akibatnya kuat tekan beton semakin menurun.

Hasil penelitian ini mempunyai kesamaan dengan hasil penelitian Aramraks (2006) tentang beton normal dan yang menggunakan *bottom ash* batu

bara sebagai pengganti pasir dengan variasi 50% dan 100% pada umur perawatan 28 hari. Hasilnya terjadi penurunan kuat tekan sebesar 60%-80% dari kuat tekan beton normal yaitu 25,31 MPa pada kondisi beton normal menjadi 17,67 MPa pada pemakaian *bottom ash* sebanyak 50% dari berat pasir dan 14,02 MPa pada pemakaian *bottom ash* sebanyak 100% dari berat pasir, dan juga terjadi penurunan berat beton sebesar 30%-53% dari beton normal. sedangkan pada penelitian ini pada pemakaian abu insinerator 25% dari berat pasir beton mengakibatkan terjadinya penurunan kuat tekan sebesar 72,8%, dan terjadi penurunan berat beton sebesar 7,9%.

Menurut SNI 03-2847-2002 teloransi penurunan kuat tekan beton yang diijinkan sebesar 3,5 MPa, sehingga pemanfaatan abu insinerator insinerator sebesar 5% pada umur perendaman 28 dan 56 hari masih bisa digunakan untuk pembuatan beton, sedangkan untuk pemakaian abu insinerator sebanyak 10%-25% dari berat pasir sebaiknya digunakan untuk keperluan beton non struktural.

Hasil Pengujian Penyerapan (Absorpsi) dan Porositas Umur Perawatan 28 dan 56 Hari

Nilai absorpsi beton pada umur 28 dan 56 hari dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari tabel-tabel di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak persentase abu insinerator yang ditambahkan akan meningkatkan nilai absorpsi dan porositas beton. Hal ini terjadi baik pada waktu rendaman 28 hari maupun 56 hari. Pori terbanyak terdapat pada beton dengan pemakaian abu insinerator insinerator 25% dari berat pasir. Nilai porositas menunjukkan tingkat kepadatan beton, artinya beton dengan pemakaian abu insinerator besar mempunyai tingkat kepadatan yang rendah sehingga menyebabkan rongga atau ruang pori yang cukup besar pada beton, hal ini ditunjukkan oleh Gambar 3 dan Gambar 4.

Tabel 2 Nilai absorpsi beton

Umur beton (hari)	% abu insinerator	Absorpsi (%)
28	0	0,44
	5	0,65
	10	0,84
	15	1,00
	20	1,10
56	25	1,22
	0	0,52
	5	0,70
	10	0,99
	15	1,18
	20	1,30
	25	1,49

Nilai porositas beton pada umur 28 dan 56 hari dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai porositas beton

Umur beton (hari)	% abu insinerator	Porositas (%)
28	0	1,06
	5	1,50
	10	1,94
	15	2,25
	20	2,47
	25	2,69
56	0	1,22
	5	1,58
	10	2,21
	15	2,62
	20	2,88
	25	3,30



Gambar 3 beton dengan abu insinerator 25%

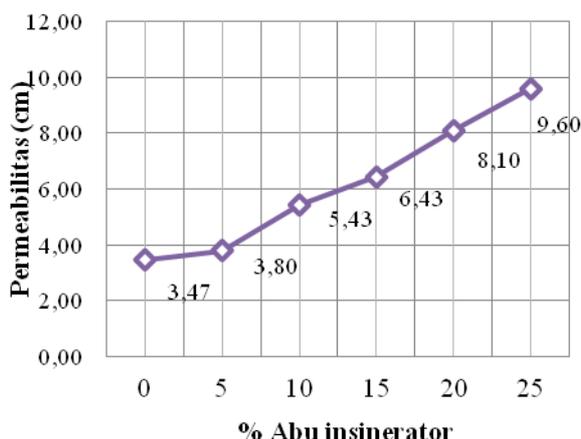


Gambar 4 beton tanpa abu insinerator

Hasil Pengujian Rembesan (*Permeabilitas*) pada umur 28 hari

Nilai rembesan beton diperoleh dari rata-rata tiga buah benda uji berbentuk kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan umur beton 28 hari. Hasil nilai rembesan pada beton normal tanpa pemakaian abu insinerator sebesar 3,47 cm, pada pemakaian abu insinerator sebesar 5% nilai rembesan meningkat menjadi 3,8 cm, pada pemakaian sebesar abu insinerator 10% nilai rembesan meningkat menjadi 5,43 cm, pada pemakaian sebesar abu insinerator 15% nilai rembesan juga meningkat menjadi 6,43

cm, sedangkan pada pemakaian sebesar abu insinerator 20% nilai rembesan meningkat cukup besar menjadi 8,1 cm. Nilai rembesan terbesar didapat pada penggunaan limbah sebesar 25% yaitu sebesar 9,6 cm atau meningkat 63,8% dari beton normal. Nilai permeabilitas cenderung meningkat sebanding dengan pemakaian abu insinerator dalam campuran beton. Hal ini dipengaruhi oleh angka pori di dalam beton. Berdasarkan nilai porositas beton yang cukup tinggi menunjukkan terdapat banyak pori pada beton sehingga menyebabkan kemampuan beton untuk menahan air semakin kecil. Hasil pengujian rembesan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Hubungan kedalaman rembesan dan pemakaian abu insinerator

Nilai rembesan beton diperoleh dari rata-rata tiga buah benda uji berbentuk kubus 15 cm x 15 cm dengan umur beton 28 hari. Hasil nilai rembesan pada beton normal tanpa pemakaian abu insinerator sebesar 3,47 cm, pada pemakaian abu insinerator sebesar 5% nilai rembesan meningkat menjadi 3,8 cm, pada pemakaian sebesar abu insinerator 10% nilai rembesan meningkat menjadi 5,43 cm, pada pemakaian sebesar abu insinerator 15% nilai rembesan juga meningkat menjadi 6,43 cm, sedangkan pada pemakaian sebesar abu insinerator 20% nilai rembesan meningkat cukup besar menjadi 8,1 cm. Nilai rembesan terbesar didapat pada penggunaan limbah sebesar 25% yaitu sebesar 9,6 cm atau meningkat 63,8% dari beton normal. Nilai permeabilitas cenderung meningkat sebanding dengan pemakaian abu insinerator dalam campuran beton. Hal ini dipengaruhi oleh angka pori di dalam beton.

Hasil pengujian berat beton umur 28 dan 56 hari

Dari hasil pengujian berat beton pada umur perawatan 28 hari pada kondisi beton normal tanpa pemakaian abu insinerator mempunyai berat 12,59 kg, sedangkan pada pemakaian abu sebesar 5%

dari berat pasir berat beton mengalami penurunan menjadi 12,27 kg, pada pemakaian abu sebesar 10% berat beton mengalami penurunan menjadi 12,03 kg, pada pemakaian abu sebesar 20% berat beton mengalami penurunan menjadi 11,75 kg, pada pemakaian abu sebesar 20% berat beton mengalami penurunan menjadi 11,73 kg, dan pada pemakaian abu sebesar 25% berat beton mengalami penurunan menjadi 11,60 kg.

Hasil pengujian berat beton pada umur perawatan 56 hari pada kondisi beton normal tanpa pemakaian abu insinerator mempunyai berat 12,41 kg, sedangkan pada pemakaian abu sebesar 5% dari berat pasir berat beton mengalami penurunan menjadi 12,27 kg, pada pemakaian abu sebesar 10% berat beton mengalami penurunan menjadi 11,94 kg, pada pemakaian abu sebesar 15% berat beton mengalami penurunan menjadi 11,80 kg, pada pemakaian abu sebesar 20% berat beton mengalami penurunan menjadi 11,50 kg, dan pada pemakaian limbah sebesar 25% berat beton mengalami penurunan menjadi 11,41 kg.

Dari hasil pengujian berat beton pada umur perawatan 28 dan 56 hari dapat dilihat, dengan pemakaian abu insinerator dalam campuran beton dapat mengurangi berat beton. Artinya dengan penggunaan abu insinerator dalam campuran beton maka beton akan semakin ringan karena kepadatan beton berkurang. Nilai berat volume abu insinerator pada kondisi padat yaitu 0,64 kg/l atau kurang dari setengah dari berat volume pasir pada kondisi padat yang mengakibatkan kepadatan beton berkurang. Selain itu berat jenis abu insinerator yang kecil yaitu sebesar 0,79 juga menyebabkan beton yang dihasilkan semakin ringan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemakaian abu insinerator menurunkan *workability* pada beton, hal ini karena abu insinerator mempunyai sifat menyerap air yang cukup tinggi sehingga campuran beton menjadi lebih kental dan kelecakan berkurang.
2. Berdasarkan pengujian kuat tekan, penggunaan abu insinerator pada beton dapat menurunkan kekuatan beton, kuat tekan tertinggi didapat pada beton dengan abu insinerator 0% yaitu sebesar 23,9 MPa, sedangkan pada pemakaian abu insinerator sebesar 5% dari berat pasir kuat tekan mengalami penurunan menjadi 21,39 MPa, pada pemakaian abu insinerator sebesar

10% kuat tekan mengalami penurunan menjadi 14,26 MPa, pada pemakaian abu insinerator sebesar 15% kuat tekan mengalami penurunan menjadi 11,32 MPa, pada pemakaian abu insinerator sebesar 20% kuat tekan mengalami penurunan menjadi 9,51 MPa, dan pada pemakaian abu insinerator sebesar 25% kuat tekan mengalami penurunan menjadi 6,39 MPa.

3. Pemakaian abu insinerator menyebabkan kenaikan nilai absorpsi dan porositas pada beton. Nilai absorpsi dan porositas tertinggi diperoleh sebesar 1,84% dan 4,04% pada saat pemakaian abu insinerator sebesar 25% dari berat pasir, hal ini disebabkan karena berkurangnya kepadatan beton akibat pemakaian abu insinerator.
4. Komposisi optimum abu insinerator yang dapat digunakan pada beton yaitu sebesar 5% dari berat pasir, karena masih memenuhi persyaratan penurunan yang diijinkan SNI 03-2847-2002, sedangkan pemakaian abu insinerator sebesar 10-25% sebaiknya dimanfaatkan untuk beton non struktural.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmadi, Ali, 2009. *Kajian Beton Mutu Tinggi Menggunakan Slag Sebagai Agregat Halus dan Agregat Kasar Dengan Aplikasi Superplasticizer dan Silicafume*.
- Amalia, 2009. *Perilaku Mekanik Beton Normal dengan Substitusi Limbah Debu Pengolahan Baja*. Tesis Jurusan Teknik Sipil. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Aramraks, Trakool, 2006. *Experimental Study Of Concrete Mix With Bottom Ash As Fine Aggregate*. Dilimann University of the Philippines.
- Hwang, W.H. 1989. *Effect Of Copper Slag as Replacement of Fine Aggregates In Concrete*. Singapore: Nanyang Technological University
- Murni, Eli. 2008. *Pengaruh Penambahan Styrofoam Terhadap Kuat Tekan dan Rembesan Beton*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru : Universitas Riau.
- Naryono, Eko dan Soemarno. 2011. *Pemanfaatan Residu Pembakaran Sampah Rumah Tangga*. JPAL Vol.2 No. 1:1-9.
- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standar Nasional.