

Potensi Penggunaan Sisa Buangan Cat Industri Automobil Dalam Penghasilan Konkrit

Shahrom Md. Zain, Ng Foo Sun dan Roszilah Hamid

Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur
Fakulti Kejuruteraan,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor Darul Ehsan.
email: smz@vlsi.eng.ukm.my

Received Date: 5th May 2005 Accepted Date: 28th April 2006

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk menentukan kesesuaian sisa buangan cat industri automobil dalam menggantikan bahan simen sebagai bahan pengikat konkrit. Sisa buangan cat yang digunakan adalah dalam bentuk abu dasar cat dan diperoleh dari loji insinerator Perodua Manufacturing Sdn. Bhd, Rawang Selangor. Ujian yang dilakukan terhadap abu dasar cat mencatatkan keputusan graviti tentu sebanyak 2.50 dan nilai permukaan spesifik 829.82 cm²/g. Barium mencatatkan kepekatan logam berat yang tertinggi dalam abu dasar cat iaitu 144.18 mg/L, diikuti dengan zink sebanyak 16.96 mg/L dan plumbum sebanyak 15.72 mg/L. Di samping itu, kandungan oksida CaO dan SiO₂ bagi abu dasar cat adalah rendah masing-masing mencatatkan 1.82% berat dan 7.68% berat. Dalam ujian terhadap konkrit basah, bancuhan yang mengandungi 10%, 20% dan 40% abu dasar cat telah menunjukkan turunan yang meningkat apabila peratus penggantian meningkat. Sebaliknya, bagi ujian kekuatan mampatan, nilai kekuatan mampatan adalah semakin menurun apabila penggantian dengan abu dasar cat semakin bertambah. Hasil keputusan menunjukkan bahawa penyusutan maksimum kekuatan mampatan konkrit pada hari ke 28 adalah melebihi 50% bagi jenis pengawetan kaedah rendaman dalam air dan kaedah pengeringan udara dalam penggantian sebahagian simen dengan abu dasar cat sebanyak 40%.

Katakunci: abu dasar cat, konkrit, logam berat, pengawetan, kekuatan mampatan

ABSTRACT

The objective of this study is to determine the effect of incorporating paint sludge bottom ash as cement replacement materials to the workability of fresh concrete and compressive strength of concrete. The paint sludge bottom ash is obtained from the incinerator plant of Perodua Manufacturing Sdn. Bhd, Sungai Choh, Rawang Selangor. Tests on the properties of the ash shows that the specific gravity is 2.50 and the specific surface of the ash particle is 829.82 cm²/g. The heavy metals test shows that the highest concentration of heavy metals is barium, which is 144.18 mg/L followed by zinc, 16.96 mg/L and lead, 15.72 mg/L. Meanwhile, the content of CaO and SiO₂ found in the bottom ash are small. There are only 1.82% and 7.68% (weight in percent). The test on the properties of fresh concrete incorporating 10%, 20% and 40% of the paint sludge

bottom ash by weight shows that the slump of the concrete increases as the bottom ash percentage increases. Consequently, test on strength shows that compressive strength decreases as the percentage of bottom ash replacing the amount of cement increases. The compressive strength (28th days) of the concrete incorporating 40% bottom ash experienced the maximum reduction (more than 50%) both for samples undergone wet or air-dry curing.

Keywords: paint sludge bottom ash, concrete, heavy metals, curing, compressive strength

PENGENALAN

Sisa buangan cat adalah salah satu jenis sisa berbahaya yang banyak dihasilkan daripada industri automobil dan pembinaan. Dianggarkan sebanyak 555 ton sisa buangan cat dalam bentuk enap cemar dilaporkan terhasil oleh Syarikat Perodua Sdn Bhd pada tahun 2003 (Pairoz Bahaman 2004). Banyak kes-kes pembuangan secara haram dilaporkan berlaku yang melibatkan sisa buangan cat disebabkan masalah kos pelupusan yang terlalu tinggi. Kos rawatan dan pelupusan masa kini yang dikenakan oleh Kualiti Alam terhadap Syarikat Perodua Sdn Bhd adalah sebanyak RM1200/ton sisa (Mazlin et. al 2001). Oleh itu, langkah alternatif lain adalah perlu untuk menjadikan sisa buangan ini sesuatu yang bernilai dan boleh digunakan semula secara selamat. Kajian ini merupakan kajian awal untuk menentukan kesesuaian dan potensi penggunaan sisa buangan cat dalam penghasilan konkrit.

Walau bagaimanapun, kajian mendalam berkaitan pencirian sisa buangan secara komprehensif adalah perlu untuk memastikan penggunaannya benar-benar selamat dan berfaedah. Ini adalah untuk mengelakkan kejadian yang tidak diingini berlaku seperti yang berlaku di Brazil yang melibatkan penggunaan panel daripada bahan fosfogypsum (John & Zordan 2001). Keadaan cuaca yang tinggi tahap kelembapannya telah menyebabkan dinding yang diperbuat daripada bahan fosfogypsum ini telah dicemari oleh unsur fosforus dan pengeluaran bahan ini terpaksa dihentikan sebelum menjangkau setahun berada di pasaran. Kes seperti ini menunjukkan bahawa dalam kegairahan kita menggunakan semula sisa bahan buangan dalam apa jua kegunaan, aspek-aspek keselamatan adalah perlu diutamakan.

Kajian berkaitan penggunaan semula sisa buangan cat telah dilakukan oleh beberapa pengkaji yang menghasilkan bahan tambah atau bahan pengganti dalam asfalt, simen, konkrit dan mortar daripada cecair sisa buangan cat (Matheson et al. 2003). Selain itu Gerace & Gerace

(1992) turut menghasilkan bahan pengisi atau pengedap menggunakan sisa buangan cat. Terdapat beberapa penulisan yang melaporkan tentang penggunaan sisa buangan cat dalam penghasilan bahan binaan seperti Trost (1981), Narula et al. (1996) dan Kurple (2000). Jenis dan sumber penghasilan sisa buangan cat adalah berbeza mengikut kajian yang dilaporkan. Sisa buangan cat banyak dihasilkan melalui lebihan cat yang dikutip terutamanya dalam loji mengecat kenderaan motor. Oleh kerana kos untuk menggunakan bahan-bahan asli dalam penghasilan simen semakin mahal, maka penggantian sebahagian atau mencampurkan secara separa sisa buangan cat dilihat dapat menjimatkan kos dan mengurangkan pencemaran alam sekitar.

Konkrit merupakan bahan komposit yang terdiri daripada campuran simen, agregat halus dan kasar serta air. Kualiti konkrit sangat bergantung pada kualiti, kuantiti dan ciri-ciri bahan-bahan komponen, kaedah kerja dan peraturan membuatnya. Kualiti konkrit sangat penting kerana konkrit merupakan bahan komponen utama dalam membina anggota-anggota struktur binaan konkrit seperti tiang, rasuk, cerucuk dan sebagainya. Penggunaannya begitu meluas di seluruh dunia. Selain itu, satu kelebihan konkrit ialah ia mempunyai ciri-ciri yang agak fleksibel dalam penyesuaian kepada keadaan sekitaran. Ahli teknologi konkrit mempunyai kaedah-kaedah tertentu untuk mereka bentuk konkrit yang mempunyai kekuatan mampatan dan ketahanan lasakan yang bersesuaian dengan yang diperlukan. Atas sebab inilah konkrit merupakan salah satu bahan binaan yang amat penting dan popular dalam industri pembinaan.

METODOLOGI

Pencirian Fizikal Dan Kimia Abu Dasar Cat

Saiz zarah abu dasar cat yang digunakan adalah antara 75 µm dan 600 µm selepas dikisar. Ujian-ujian yang dijalankan untuk menentukan sifat abu dasar cat termasuklah ujian penentuan graviti tentu (BS

1377: Part 2: 1990), permukaan spesifik (ASTM C 20484), penentuan kandungan logam berat ($\text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{HF}$) menggunakan alat *Inductively Couple Plasma Mass Spectrometry* (ICPMS), Model Perkin-Elmer Elan 9000 dan kandungan oksida menggunakan alat spektrometer pendarflour sinar-X (XRF), Model Philips PW 1480. Ujian yang dijalankan terhadap abu dasar cat bertujuan untuk menentukan sifat-sifat fizikal dan kimianya. Sifat-sifat abu dasar cat merupakan faktor-faktor penting dalam reka bentuk bancuhan konkrit dan keputusan bagi setiap ujian yang dijalankan adalah berkait rapat dengannya.

Reka Bentuk Bancuhan Konkrit

Reka bentuk bancuhan konkrit yang dipilih dalam kajian ini menggunakan nisbah bancuhan air:simen pada 1:2 dan nisbah campuran nominal pada kadar 1:2:4 iaitu setiap bancuhan mengandungi satu bahagian simen, dua bahagian pasir dan empat bahagian agregat. Campuran 1:2:4 adalah merupakan campuran yang biasa digunakan untuk kerja struktur konkrit bertetulang dan juga untuk konkrit pra-tuang.

Bahan-bahan yang digunakan dalam bancuhan konkrit adalah air, simen, pasir, agregat dan abu dasar cat. Ketumpatan air dianggap sebagai 1000 kg/m^3 . Graviti tentu bagi abu dasar cat daripada ujian adalah 2.50. Manakala, graviti tentu bagi bahan-bahan campuran konkrit asas adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{Simen} &= 3.15 \\ \text{Agregat halus} &= 2.60 \\ \text{Agregat kasar} &= 2.70 \end{aligned}$$

Untuk menguji kesan penggantian abu dasar cat terhadap peratus berat simen ke dalam bancuhan konkrit, empat jenis sampel disediakan. Sampel A1 merupakan sampel kawalan yang terdiri daripada simen, agregat kasar, agregat halus dan air.

Manakala tiga sampel lain adalah terdiri daripada tambahan abu dasar cat dengan peratusan 10%, 20% dan 40% untuk menggantikan bahagian penggunaan simen. Sampel-sampel tersebut masing-masing dikenali sebagai A2, A3 dan A4. Jumlah jisim per meter padu yang diperlukan untuk semua jenis sampel bancuhan konkrit bahan ditunjukkan dalam Jadual 1.

Penyediaan Sampel-sampel Konkrit

Sampel yang berbentuk kiub 150mm telah disediakan. Kaedah bancuhan sampel yang digunakan adalah mengikut Piawaian British (BS1881:Part 125:1986) dan menggunakan mesin pembancuh berputar untuk membuat bancuhan konkrit. Kesemua sampel yang dimasukkan ke dalam acuan berbentuk kiub dipadatkan dengan meja penggetar 800mm x 800mm yang mampu meng-hasilkan 3000 getaran per minit. Sampel yang dimasukkan ke dalam acuan berbentuk kiub perlu dimasukkan ke dalam 3 lapisan dan setiap lapisan perlu digetarkan selama satu hingga dua minit.

Proses Pengawetan

Setelah proses pengerasan selama 24 jam, sampel-sampel konkrit dikeluarkan daripada acuan untuk menjalani proses pengawetan. Tujuan pengawetan dilakukan adalah untuk memastikan konkrit baru yang sedang mengset dan mengeras mempunyai air yang secukupnya untuk digunakan dalam proses penghidratan. Dua kaedah pengawetan telah dijalankan iaitu kaedah rendaman dalam air dan kaedah pengeringan udara.

Ujian-ujian Terhadap Konkrit

Ujian konkrit baru dan ujian konkrit keras dijalankan untuk menentukan kesesuaian abu dasar cat sebagai bahan pengikat dalam

Bahan	Sampel Bancuhan			
	A1 (kg/m^3)	A2 (kg/m^3)	A3 (kg/m^3)	A4 (kg/m^3)
Simen	16.60	14.90	13.21	9.85
Air	8.3	8.28	8.25	8.21
Agregat halus	33.20	33.11	33.02	32.84
Agregat kasar	66.40	66.21	66.04	65.69
Abu dasar cat	0	1.66	3.30	6.57

Jadual 1. Jumlah jisim per meter padu bahan yang diperlukan untuk penyediaan 4 jenis sampel bancuhan konkrit

bancuhan konkrit. Ujian konkrit baru dijalankan bertujuan untuk mengukur keboleherjaan bancuhan konkrit. Keboleherjaan merupakan suatu ukuran bagi kemudahan kerja bancuhan konkrit ketika diletakkan ke dalam acuan kerja. Tahap keboleherjaan ini berubah-ubah mengikut keperluan dan kemudahan atau kerumitan melakukan kerja penuangan supaya semua ruang dalam acuan kerja dapat dipenuhi. Oleh itu, dua ujian untuk mengukur keboleherjaan konkrit telah dijalankan iaitu ujian runtunan dan ujian faktor pemadatan.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Penentuan Graviti Tertentu Abu Dasar Cat

Daripada keputusan yang diperoleh, nilai graviti tentu abu dasar cat adalah 2.50. Simen Portland Biasa (SPB) mempunyai nilai graviti tentu sebanyak 3.15 (Naville 2005). Keputusan nilai graviti tentu yang diperoleh itu menunjukkan abu dasar cat yang digunakan adalah kurang tumpat jika dibandingkan dengan simen yang digunakan. Namun demikian, abu dasar cat yang kurang tumpat ini mempunyai nilai graviti tentu yang hampir sama dengan abu terbang. Ini menunjukkan bahawa sifat-sifat fizik yang ada pada abu dasar cat ada persamaan dengan abu terbang. Abu terbang mempunyai nilai graviti tentu antara 2.22.6 dan merupakan bahan yang mengandungi pozzolana yang tinggi. Dengan mengetahui graviti tentu abu dasar cat, reka bentuk bancuhan konkrit yang berdasarkan kepada campuran nisbah dapat ditentukan.

Abu dasar cat yang mempunyai nilai graviti tentu yang lebih rendah daripada simen akan memberi kesan terhadap keboleherjaan konkrit baru. Ini disebabkan apabila abu dasar cat menggantikan bahan simen sebagai bahan pengikat, ketumpatan relatif abu dasar cat akan menyebabkan peningkatan dalam isipadu bancuhan. Peningkatan isipadu bancuhan seterusnya akan meningkatkan tahap keboleherjaan konkrit dengan abu dasar cat yang menunjukkan sifat kurang tumpat.

Nilai Permukaan Spesifik Abu Dasar Cat

Kehalusan sampel abu dasar cat merupakan salah satu faktor yang penting dalam reka bentuk bancuhan konkrit terutamanya sebagai bahan ganti kepada sebahagian simen. Keputusan menunjukkan nilai permukaan spesifik bagi simen ialah 1285.89 cm^2/g dan abu dasar cat

ialah 829.82 cm^2/g . Daripada keputusan yang diperoleh, jelas menunjukkan saiz abu dasar cat adalah lebih kasar daripada saiz simen. Faktor kehalusan abu dasar cat merupakan faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan konkrit. Saiz abu dasar cat yang tidak sehalus saiz simen akan menghasilkan konkrit yang kurang padat berbanding konkrit kawalan. Akibatnya, konkrit tersebut menjadi lemah. Selain itu, semasa penghidratan simen berlaku, sisa air yang tertinggal dalam fasa pukal akan tersejat dan meninggalkan liang-liang. Hasilnya adalah ketulan konkrit yang berliang-liang. Semakin banyak liang, semakin kurang daya perlekatan dalam konkrit yang dihasilkan, yang akan melemahkan lagi ikatan dalam konkrit.

Kehalusan abu dasar cat juga dapat mempengaruhi penjujukan (*bleeding*) sesuatu konkrit. Penggantian simen dengan abu dasar cat menyebabkan proses penghidratan tidak berlaku dengan sempurna dan ini mengurangkan penggunaan air. Oleh itu, lebih air akan tersejat dan konkrit akan mengalami penjujukan dan seterusnya berlaku rekahan plastik pada permukaan konkrit. Kadar penjujukan konkrit juga dipengaruhi oleh nisbah luas permukaan pepejal kepada unit isipadu air. Oleh itu, semakin besar saiz abu dasar cat semakin meningkat kadar penjujukan.

Penentuan Kandungan Logam Berat Abu Dasar Cat

Daripada keputusan yang diperoleh seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2, jelas menunjukkan abu dasar cat mengandungi kepekatan logam berat yang tinggi terutamanya barium, plumbum dan zink. Kandungan logam berat ini berpunca daripada sistem peralapisan cat ataupun pertambahan bahan kimia semasa rawatan sisa buangan cat. Pada hakikatnya, abu dasar cat yang digunakan sebagai bahan pengikat bagi menggantikan bahan simen perlu diketahui ciri ketoksikannya. Oleh itu, kajian lanjut adalah perlu dilakukan terhadap ciri-ciri pengurusan logam berat yang berlaku melalui ujian *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) untuk memastikan tahap ketoksikannya apabila digunakan sebagai bahan ganti kepada simen.

Kandungan Oksida

Ujian ini adalah untuk membandingkan peratusan kandungan oksida abu dasar cat dengan simen. Keputusan yang diperoleh adalah

Jadual 2. Kepekatan logam berat abu dasar cat

Logam Berat	Kepekatan (mg/L)
Barium (Ba)	144.200
Kadmium (Cd)	0.011
Kromium (Cr)	0.046
Raksa (Hg)	0.006
Nikel (Ni)	4.089
Plumbum (Pb)	15.700
Zink (Zn)	17.000

Jadual 3. Kepekatan sebatian oksida (peratus berat) dalam sampel simen dan abu dasar cat

Sebatian Oksida	Kandungan (%)	
	Simen	Abu Dasar Cat
SiO ₂	20.24	7.68
TiO ₂	0.33	41.74
Al ₂ O ₃	5.22	14.45
Fe ₂ O ₃	2.58	13.55
MnO	0.05	0.15
MgO	0.87	0.34
CaO	55.46	1.82
Na ₂ O	0.70	1.59
K ₂ O	0.68	0.19
P ₂ O ₅	0.13	2.19

seperti dalam Jadual 3. Komposisi sebatian kimia dalam simen Portland biasa merupakan faktor penting dalam mengawal ciri simen. Ini disebabkan sebatian kimia seperti sebatian-sebatian oksida akan mempengaruhi peratus kandungan sebatian-sebatian silikat yang akan terbentuk. Kepelbagaian kandungan oksida dan sebatian utama simen akan memberikan sifat-sifat simen yang berbeza (Zakaria Mohd Amin 2002). Sebatian utama yang terkandung dalam simen adalah CaO dan SiO₂. Daripada keputusan yang diperolehi, sebatian oksida CaO dan SiO₂ bagi simen masing-masing adalah sebanyak 55.46% dan 20.24%. Berbanding dengan abu dasar cat yang mencatatkan bacaan sebanyak 1.82% dan 7.68% sahaja. Untuk menggantikan bahan simen sebagai bahan pengikat, abu dasar cat seharusnya memperoleh keputusan yang hampir sama bagi kedua-dua sebatian oksida kerana punca utama kekuatan ciri simen adalah berasal daripada sebatian-sebatian oksida tersebut. Sebatian silikat akan bergabung dengan sebatian-sebatian oksida

dalam proses penghidratan untuk memberikan kekuatan kepada simen. Perbezaan ketara antara kandungan kedua-dua sebatian oksida tersebut akan memberikan kesan kepada hasil sebatian silikat yang terbentuk. Hasil utama penghidratan ialah suatu struktur sebatian terhidrat yang kukuh dan kuat. Kepelbagaian kandungan oksida dan sebatian akan memberikan sifat-sifat abu dasar cat yang berbeza berbanding simen. Oleh itu, kandungan sebatian oksida CaO dan SiO₂ yang rendah bagi abu dasar cat tidak dapat menyumbang dari segi kekuatan kepada konkrit. Dicadangkan CaO dan SiO₂ ditambah terlebih dahulu kepada abu dasar cat sebelum digunakan.

Jika dibandingkan kandungan Al₂O₃ dalam simen dan abu dasar cat, nilai Al₂O₃ di dalam abu dasar cat adalah tinggi iaitu 14.45%. Peranan Al₂O₃ dilihat tidak membantu dalam kekuatan konkrit yang dihasilkan. Penghidratan simen dengan kehadiran sebatian oksida adalah sangat kompleks (Zakaria Mohd Amin 2002). Empat sebatian utama yang penting di dalam

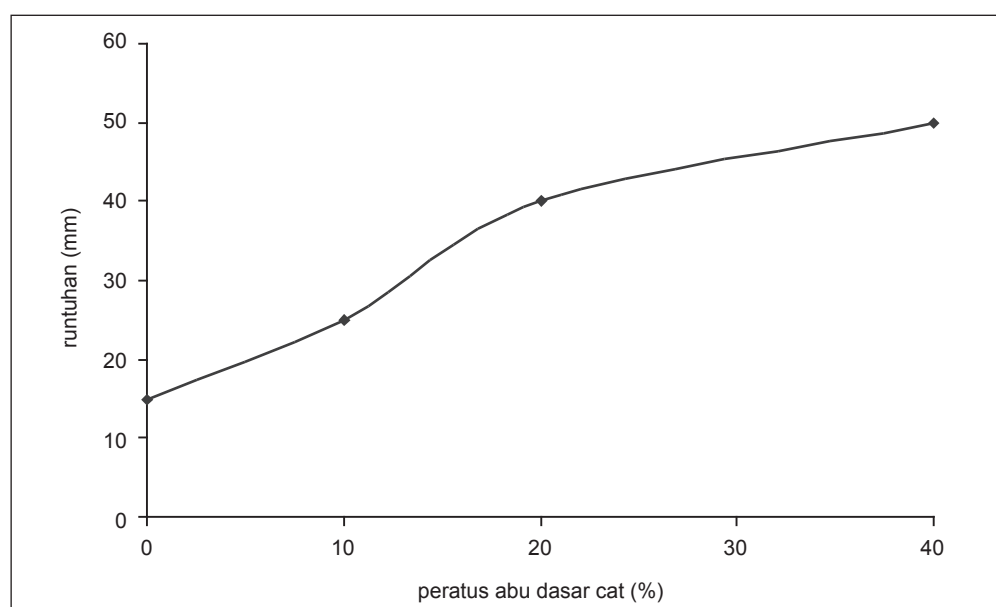
simen Portland ialah trikalsium silikat (C_3S), dikalsium silikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A) dan tetrakalsium aluminoforit (C_4AF). Hasil kajian oleh Bogue (1955) menunjukkan C_3S memainkan peranan utama memberikan kekuatan awal simen Portland diikuti oleh C_2S manakala C_3A dan C_4AF hanya menyumbang sejumlah kecil kekuatan. Oleh itu, kehadiran Al_2O_3 yang berlebihan tidak dapat menyumbang kepada kekuatan konkrit. Sebatian oksida TiO_2 dalam sampel abudasar cat mencatatkan nilai yang tinggi iaitu sebanyak 41.74%.

Ujian Runtuhan dan Faktor Pematatan Konkrit

Ujian-ujian konkrit baru dijalankan bertujuan untuk mengukur keboleherjaan sesuatu bancuhan konkrit. Dua ujian terhadap konkrit baru telah dijalankan untuk mendapatkan maklumat yang berguna dalam julat kelainan keboleherjaan, iaitu ujian runtuhan dan ujian faktor pematatan. Kedua-dua ujian ini dijalankan bertujuan untuk membandingkan keboleherjaan konkrit kawalan dengan konkrit yang mengandungi abu dasar cat sebanyak 10%, 20% dan 40%. Daripada Rajah 1, didapati nilai runtuhan meningkat apabila peratus abu dasar cat meningkat. Walau bagaimanapun, nilai runtuhan yang diperoleh dalam julat 1050mm adalah dikategorikan sebagai darjah keboleherjaan yang rendah iaitu dengan merujuk kepada Jadual 4 yang menunjukkan

hubungan antara keboleherjaan, runtuhan dan faktor pematatan. Penambahan peratusan abu dasar cat yang menyebabkan peningkatan nilai runtuhan telah memperbaiki keboleherjaan konkrit. Hal ini disebabkan abu dasar cat tidak bersifat menyerap air dan tidak menjalankan proses penghidratan seperti bahan simen. Proses penghidratan adalah penting untuk menjadikan sesuatu struktur sebatian terhidrat mencapai kekuatan yang diinginkan. Apabila simen dihidrat atau bertindak balas dengan air, sebatian-sebatian yang dibentuk akan terhidrat atau mengambil molekul-molekul air membentuk suatu struktur lain yang berbeza bentuk dan keteguhan. Walau bagaimanapun, daripada keputusan yang diperoleh, didapati bahawa abu dasar cat yang ditambah tidak boleh menggantikan simen untuk menjalankan proses penghidratan. Kandungan simen yang dikurangkan untuk penggantian dengan abu dasar cat telah mengurangkan sifat kejelekitan konkrit yang dihasilkan. Selain itu, saiz abu dasar cat yang tidak sehalus saiz simen juga akan menghasilkan konkrit yang kurang padat tetapi dapat memperbaiki keboleherjaan konkrit. Oleh itu, sampel konkrit yang mengandungi abu dasar cat dalam peratusan tertentu menggantikan simen. Rajah 1 dan 2 menunjukkan keputusan yang diperoleh untuk kedua-dua ujian.

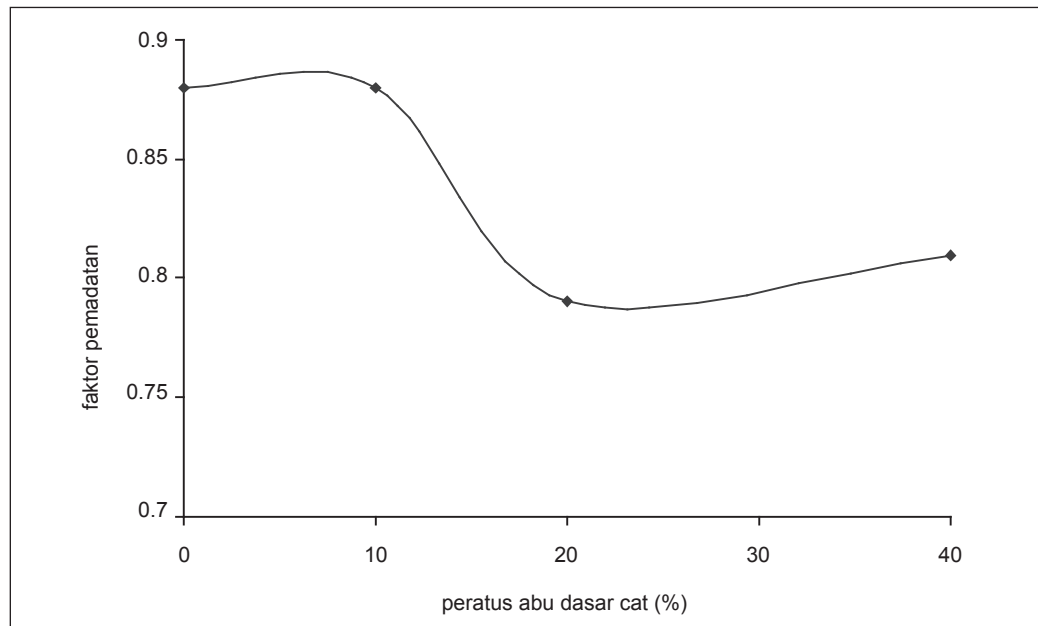
Daripada Rajah 1, didapati nilai runtuhan meningkat apabila peratus abu dasar cat meningkat. Walau bagaimanapun, nilai runtuhan yang diperoleh dalam julat 1050 mm adalah



Rajah 1. Graf ujian runtuhan melawan peratus abu dasar cat

Jadual 4. Hubungan antara keboleherjaan, runtuhan dan faktor pemadatan

Darjah Keboleherjaan	Runtuhan		Faktor Pemadatan (Radas Kecil)
	mm	in	
Sangat Rendah	0 - 25	0 - 1	0.78
Rendah	25 - 50	1 - 2	0.85
Sederhana	50 - 100	2 - 4	0.92
Tinggi	100 - 175	4 - 7	0.95



Rajah 2. Graf faktor pemadatan melawan peratus abu dasar cat

dikategorikan sebagai darjah keboleherjaan yang rendah iaitu dengan merujuk kepada Jadual 4 yang menunjukkan hubungan antara keboleherjaan, runtuhan dan faktor pemadatan. Penambahan peratusan abu dasar cat yang menyebabkan peningkatan nilai runtuhan telah memperbaiki keboleherjaan konkrit. Hal ini disebabkan abu dasar cat tidak bersifat menyerap air dan tidak menjalankan proses penghidratan seperti bahan simen.

Proses penghidratan adalah penting untuk menjadikan sesuatu struktur sebatian terhidrat mencapai kekuatan yang diinginkan. Apabila simen dihidrat atau bertindak balas dengan air, sebatian-sebatian yang dibentuk akan terhidrat atau mengambil molekul-molekul air membentuk suatu struktur lain yang berbeza bentuk dan keteguhan. Walau bagaimanapun, daripada keputusan yang diperolehi, didapati bahawa abu dasar cat yang ditambah tidak boleh menggantikan simen untuk menjalankan proses penghidratan. Kandungan simen yang

dikurangkan untuk penggantian dengan abu dasar cat telah mengurangkan sifat kejelekitan konkrit yang dihasilkan. Selain itu, saiz abu dasar cat yang tidak sehalus saiz simen juga akan menghasilkan konkrit yang kurang padat tetapi dapat memperbaiki keboleherjaan konkrit. Oleh itu, sampel konkrit yang mengandungi abu dasar cat dalam peratusan tertentu telah memperbaiki sifat keboleherjaan jika dibandingkan dengan sampel konkrit kawalan.

Ujian faktor pemadatan telah dijalankan semasa konkrit sedang dibancuh untuk menguji keboleherjaan konkrit. Nilai yang diperolehi dapat mengganggu dengan lebih tepat lagi sifat keboleherjaan sesuatu bancuhan konkrit yang berturutan rendah. Rajah 2 menunjukkan pertambahan abu dasar cat melebihi 10% telah mengurangkan nilai faktor pemadatan sehingga 0.79 berbanding 0.88 pada sampel kawalan. Keputusan ujian faktor pemadatan yang lebih peka dalam mengukur keboleherjaan konkrit yang berturutan rendah menunjukkan

penggantian abu dasar cat kepada berat simen hanya menyebabkan keboleherjaan yang lebih baik pada penggantian 10% sahaja. Pada penggantian 20% dan 40%, keboleherjaan tidak bertambah berbanding sampel kawalan.

Ujian Kekuatan Mampatan Konkrit Keras

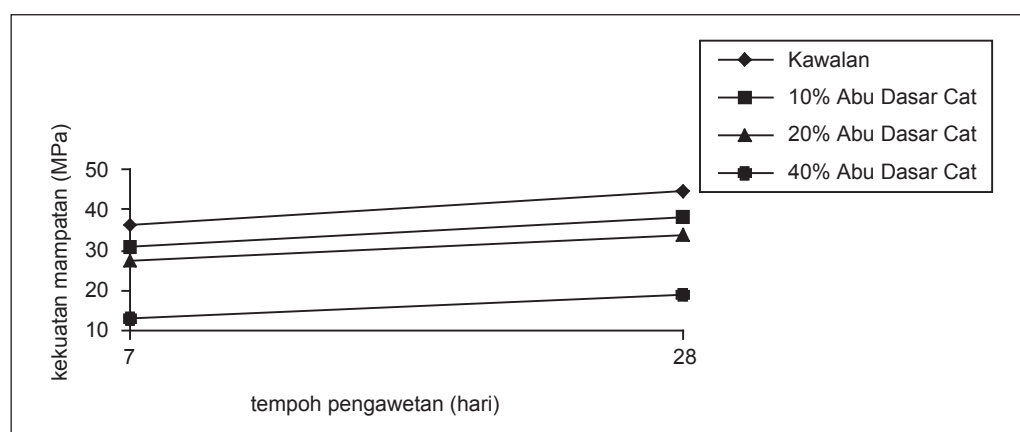
Ujian kekuatan mampatan telah dilakukan ke atas sampel kiub konkrit yang telah diawet selama 7 dan 28 hari dalam keadaan pengawetan yang berbeza, iaitu kaedah rendaman dalam air dan kaedah pengeringan udara. Keputusan kekuatan mampatan yang diperoleh boleh dihubungkan dengan ciri-ciri lain konkrit kerana kebanyakan ciri konkrit yang dikehendaki adalah berkait rapat dengan kekuatannya. Kesan penggunaan abu dasar cat sebagai sebahagian bahan pengikat memberikan keputusan ujian kekuatan mampatan yang dijangkakan. Terdapat dua parameter utama dalam ujian kekuatan mampatan bagi kajian ini, iaitu kesan penambahan abu dasar cat terhadap kekuatan mampatan konkrit dan kesan kaedah pengawetan terhadap kekuatan mampatan konkrit.

Berdasarkan pada Rajah 3 didapati semakin lama tempoh pengawetan, semakin bertambah kekuatan mampatan. Namun, peningkatan kandungan peratusan abu dasar cat telah menurunkan nilai kekuatan mampatan. Keputusan menunjukkan sampel kawalan menunjukkan nilai kekuatan mampatan yang paling tinggi iaitu 36.26 MPa pada hari ke 7 dan 44.38 MPa hari ke 28. Ini diikuti dengan sampel 10%, 20% dan 40% abu dasar cat yang mempunyai kekuatan mampatan yang semakin menurun. Rajah 4 pula menunjukkan keputusan yang sama diperoleh

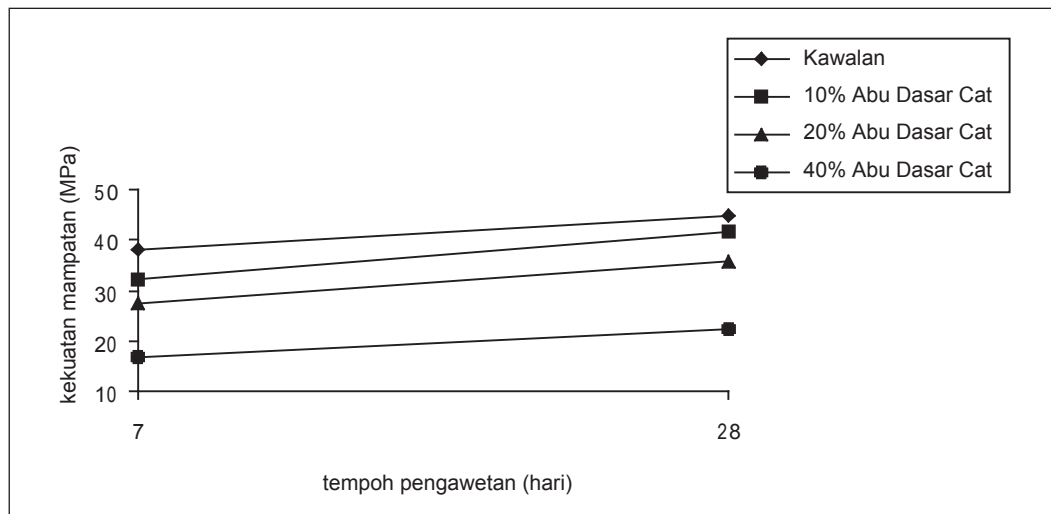
antara tempoh pengawetan dan kekuatan mampatan. Seperti juga kaedah rendaman dalam air, keputusan yang diperoleh menunjukkan sampel kawalan mempunyai nilai kekuatan mampatan yang paling tinggi, iaitu mencapai 37.94 MPa pada hari ke 7 dan 44.87 MPa pada hari ke 28. Ini diikuti dengan sampel 10%, 20% dan 40% abu dasar cat yang mempunyai kekuatan mampatan yang semakin menurun.

Peratus penyusutan kekuatan mampatan dibandingkan dengan sampel kawalan kedua-dua kaedah ditunjukkan dalam Jadual 5 dan 6. Keputusan menunjukkan penyusutan maksimum kekuatan mampatan konkrit pada hari ke 28 adalah melebihi 50% bagi jenis pengawetan kaedah rendaman dalam air dan kaedah pengeringan udara dalam penggantian simen dengan abu dasar cat sebanyak 40%. Jadual 6 menunjukkan kaedah awetan pengeringan udara adalah lebih baik (28 hari) berbanding kaedah awetan rendaman dalam air bagi konkrit jenis ini, terutama jika hanya 10% abu dasar cat digunakan yang mengalami 7.35% penyusutan dibandingkan dengan sampel kawalan.

Selain daripada kesan penambahan abu dasar cat terhadap kekuatan mampatan konkrit, kaedah pengawetan yang berlainan turut mempengaruhi nilai kekuatan mampatan yang dapat ditampung oleh sampel konkrit. Berdasarkan pada Rajah 5, didapati bahawa kaedah pengawetan pengeringan udara memberikan nilai kekuatan yang lebih tinggi daripada kaedah rendaman dalam air. Kajian ini mencadangkan kaedah pengeringan udara digunakan bagi konkrit jenis ini dengan peratus optimum penambahan abu dasar cat sebanyak 10%.



Rajah 3. Graf kekuatan mampatan melawan tempoh pengawetan untuk sampel rendaman air



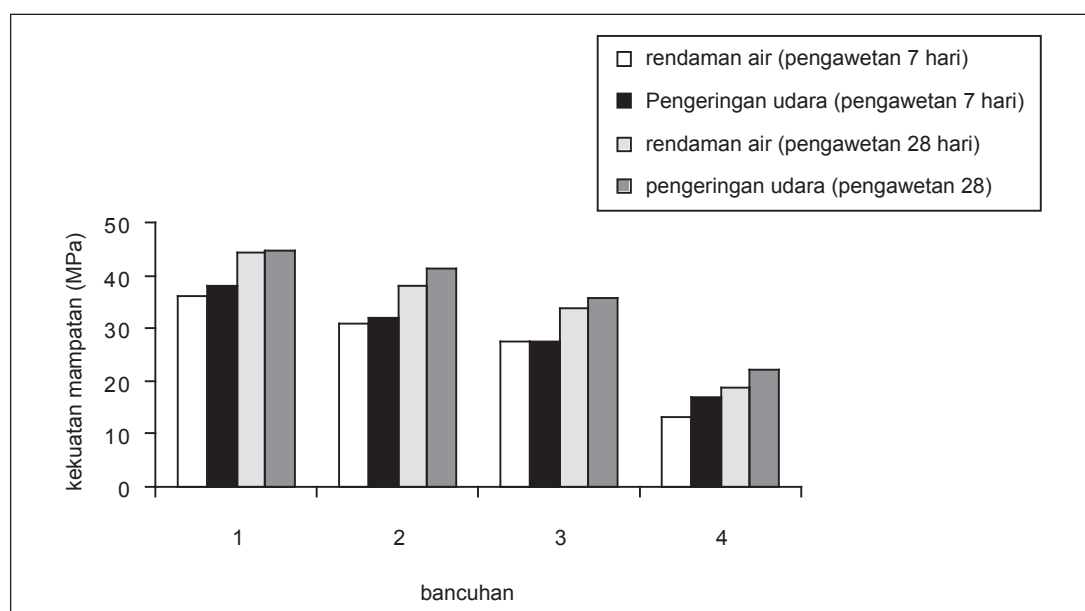
Rajah 4. Graf kekuatan mampatan melawan tempoh pengawetan untuk sampel pengeringan udara

Jadual 5. Peratus penyusutan kekuatan mampatan dibandingkan dengan kawalan untuk sampel rendaman air

Jenis Sampel	Peratus Penyusutan Kekuatan Mampatan (Sampel Rendaman Air)	
	7 hari	28 hari
A1	0 %	0 %
A2	15.11 %	14.29 %
A3	24.60 %	24.06 %
A4	63.93 %	57.59 %

Jadual 6. Peratus penyusutan kekuatan mampatan dibandingkan dengan kawalan untuk sampel pengeringan udara

Jenis Sampel	Peratus Penyusutan Kekuatan Mampatan (Sampel Pengeringan Udara)	
	7 hari	28 hari
A1	0 %	0 %
A2	15.47 %	7.35 %
A3	27.41 %	20.10 %
A4	55.75 %	50.41 %



Rajah 5. Histogram kekuatan mampatan melawan bancuhan sampel bagi kaedah rendaman air dan pengeringan udara untuk tempoh pengawetan 7 hari dan 28 hari

KESIMPULAN

Saiz zarah abu dasar cat yang lebih besar daripada saiz zarah simen yang digunakan menghasilkan konkrit yang kurang padat dan menyebabkan kekuatan mampatan yang rendah berbanding sampel kawalan yang menggunakan 100% simen Portland biasa. Kandungan sebatian utama CaO dan SiO₂ dalam abu dasar cat yang rendah turut memengaruhi nilai kekuatan mampatan konkrit yang dihasilkan. Walau bagaimanapun tahap keboleh-kerjaan konkrit yang dihasilkan adalah lebih baik pada penggantian abu dasar cat 10%. Daripada dua jenis kaedah pengawetan

yang dijalankan, kaedah pengeringan udara adalah lebih sesuai digunakan bagi abu dasar cat untuk mendapatkan nilai kekuatan mampatan yang lebih tinggi. Kandungan logam berat yang tinggi dalam abu dasar cat memerlukan kajian lanjut terhadap tahap pengurusan yang mungkin berlaku serta kesan ketoksikan logam berat terhadap persekitaran. Sifat abu dasar cat dapat diolah dan berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan pengganti sebahagian simen dalam pembuatan konkrit.

RUJUKAN

- ASTM C204-84. *Standard Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by Air Permeability Apparatus*. Annual Book of ASTM Standards 04.02. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Bogue, R.H. 1955. *Chemistry of Portland Cement*. New York: Reinhold.
- BS 1377: Part 2 1990. *Determination of Density: Immersion in Water Method*. London. BSI Publication.
- BS1881: Part 116 1986. *Method for Determination of Compressive Strength of Concrete Cubes*. London: BSI Publication.
- Gerace, M. J. & Gerace, J. M. 1992. *Method of making a filler from automotive paint sludge, filler, and sealant containing a filler*. US Patent.
- Hamzah Mohamad. 2005. *Pengenalan Kepada Teknik Pendarflour Sinar-X (XRF)*. Jabatan Geologi. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- John, V.M. & Zordan, S.E. 2001. Research & development methodology for recycling residues as building materials- proposal. *Waste Management*, 21, 213-219.
- Kurple, K. R. 2000. *Process for making foam using paint sludge*. US Patent.
- Matheson, Robert, R., Dixon, Dennis, M., Moore, John, R. Fischer & David, A. 2003. *Process for producing building materials from paint sludge*. US Patent App.
- Matheson, Robert, R., Dixon, Dennis, M., Moore, John,

- R. Fischer & David, A. 2003. *Process for producing building materials from paint sludge*. US Patent App.
- Mazlin Mokhtar, Sarah Aziz Abdul Ghani Aziz & Ahmad Fariz Mohamed. 2001. *Approaches to managing and regulating hazardous and toxic substances*. Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI) Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Narula, C.K., Kim, Byung, R., Salmeen, I.T. 1996. *Pyrolytic conversion of paint sludge to useful materials*. US Patent.
- Neville, A.M. 1994. *Sifat Konkrit*. Terj. Abd Ghafar, Fatimah Othman, Zuber. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Neville, A.M. 2005. *Properties of Concrete. Fourth & Final Edition Standards updated to 2002*. Pearson Education Limited. England.
- Pairoz Bahaman. 2004. *Perodua Manufacturing Sdn. Bhd. Sungai Choh, Rawang. Temubual, 29 Nov.*
- Trost, Sergio. 1981. *Process for the reutilization of paint sludges*. US Patent.
- Zakaria Mohd. Amin. 2002. *Simen Portland Sebagai Bahan Pengikat*. Universiti Sains Malaysia