

Kesan Penggunaan RHA Terhadap Kekuatan Dan Kebolehtelapan Gunita

Abdul Karim Mirasa, Ph.D
Mohd. Irwan bin Juki, Pelajar Sarjana

Jabatan Struktur dan Bahan
Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia

ABSTRAK

Kertas kerja ini membincangkan suatu kajian makmal mengenai kesan penggunaan Abu Padi Sekam (RHA) dalam gunita. Dalam kajian ini, empat ujian telah dijalankan untuk membandingkan keputusan penggunaan RHA dalam gunita dengan gunita biasa. Ujian-ujian tersebut adalah ujian kekuatan mampatan, kekuatan belahan tegangan, kekuatan lenturan dan ujian kebolehtelapan.

Keputusan daripada ujian tersebut menunjukkan penggunaan RHA dalam gunita memberikan kekuatan mampatan yang lebih tinggi berbanding gunita biasa. Begitu juga dengan kekuatan belahan tegangan dan kekuatan lenturan. Bagi ujian kebolehtelapan pula didapati kebolehtelapan gunita dengan penambahan RHA adalah rendah, manakala gunita biasa mempunyai kebolehtelapan sederhana.

PENGENALAN

Gunita adalah mortar atau konkrit yang dipancutkan keluar melalui satu muncung pada kelajuan yang tinggi ke atas suatu permukaan. Bahan-bahan untuk menghasilkan gunita telah dicampurkan samada melalui proses basah atau proses kering, dan ia adalah kukuh untuk menyokong dirinya daripada jatuh ('sagging'). Abu Sekam Padi (RHA) pula adalah sejenis bahan buangan pertanian yang mempunyai kandungan silika yang tinggi. Kandungan silika yang tinggi yang tinggi ini menyebabkan ia sangat sesuai dijadikan bahan tambah dalam konkrit atau simen.

Dalam kajian ini, 10 % RHA yang telah dikisarkan kepada satu kehalusan purata 95 % melepasi ayak 45 μm , telah dicampurkan dalam gunita proses kering. Oleh yang demikian objektif kajian ini adalah untuk mengetahui kesan penambahan 10 % RHA ke atas sifat-sifat gunita.

KAJIAN LITERATUR

Banyak kajian telah dijalankan untuk menggunakan bahan buangan pertanian seperti sisa-sisa padi, kelapa dan kelapa sawit sebagai bahan binaan. Kajian-kajian ini dijalankan kerana sisa-sisa pertanian ini didapati mengandungi sifat-sifat pozzolana. Bahan-bahan pozzolana ialah bahan-bahan yang mengandungi kandungan silika yang amat sesuai untuk menjadi bahan tambah atau pengganti kepada simen. Walaupun bahan pozzolana sebenarnya tidak mempunyai sifat kejelekitan, namun dalam bentuk yang halus, ia akan membentuk sebatian yang mempunyai sifat jelekitan apabila bertindakbalas dengan air pada suhu yang normal. Bahan pozzolana boleh dikelaskan kepada dua kelas iaitu bahan pozzolana semulajadi seperti campuran tanah liat dan syal dan batu gunung berapi dan pozzolana hasil buatan seperti abu sekam padi (RHA), abu terbang dan sanga relau bagas.

Penggunaan RHA belum begitu meluas khususnya di Malaysia dan penggunaannya juga belum begitu diketahui umum. Namun banyak kajian-kajian telah dijalankan di makmal-makmal seluruh dunia. Antaranya ialah di India yang telah dijalankan di Indian Institute of Technology (ITT), Cement Research Institute (CRI) dan Central Building Research Institute (CBRI). Di ITT, RHA telah digaul bersama kapur untuk menghasilkan simen hidraulik atau dikenali sebagai ASHMOH, begitu juga di CRI, dimana RHA telah dicampur dengan kapur dan dihancurkan kepada saiz yang halus. Di CBRI pula, RHA telah dicampur dengan tanah liat dan dibakar. Setelah itu dicampurkan pula dengan kapur untuk menghasilkan simen yang melekat. Selain itu simen Portland juga telah digunakan untuk menggantikan kapur dan menghasilkan simen Pozzolana-Portland.

Selain daripada India, Asian Institute of Technology (AIT) di Thailand juga telah menjalankan kajian berkenaan RHA. Kajian yang telah dijalankan di sini mendapati penggunaan RHA daripada pembakaran terbuka telah memberi kesan kepada bancuhan simen dan konkrit. Kajian AIT juga mendapati RHA mempunyai kelebihan kerana menggunakan bahan buangan utama, mengurangkan masalah pencemaran, teknologinya mudah untuk dilaksanakan, lasak daripada tindakan asid dan sulfat, mengurangkan pelepasan haba penghidratan dan mengurangkan penyusupan air. Selain itu ia juga murah dan mudah di dapati.

RHA dihasilkan melalui dua cara iaitu pembakaran secara terbuka dan juga pembakaran secara terkawal. Pembakaran secara terbuka merupakan cara pembakaran yang lama dan juga mengambil masa yang lama untuk melengkapkan pembakaran. Kadar masanya adalah bergantung kepada ketebalan dan juga ketinggian longgokan atau timbunan sekam padi yang hendak dibakar. Pembakaran secara terkawal pula ialah pembakaran yang menggunakan alat pembakaran khas iaitu Penunu Simenfero Khas yang dapat mengawal pembakaran sekam padi tersebut. Cara ini akan menghasilkan RHA yang bermutu dan boleh mendapat 10 % - 15 % daripada berat asal sekam padi. Ia juga boleh membakar sebanyak 35 kg sekam padi dalam masa 24 jam.

Setelah proses pembakaran dijalankan RHA yang dihasilkan perlu melalui proses penghancuran untuk menghasilkan RHA yang lebih halus. RHA yang halus ini adalah sesuai untuk menjadi bahan tambah. Ia juga mempunyai luas permukaan yang besar dan membolehkan ia bertindak balas dengan air dan simen dengan lebih berkesan. Bentuk hablur dan keluasan permukaan bandingan ini mempengaruhi kereaktifan RHA. Selain itu kereaktifan RHA juga dipengaruhi oleh kandungan silika yang armorfos. Menurut Cook (1979), sekam padi yang dibakar pada suhu 450 °C selama 4 jam akan menghasilkan RHA yang mengandungi silika armorfos yang aktif. Perkara lain seperti cara pembakaran, kaedah pengoksidaan dan morfologi sekam padi juga turut mempengaruhi keaktifan RHA ini.

Sifat fizikal yang baik bagi RHA ialah kehalusannya perlulah melepasi ayak bersaiz 45 µm kerana dengan kehalusan ini RHA boleh bertindakbalas dengan Ca(OH)_2 apabila bercampur dengan air. Selain itu RHA yang sesuai untuk menjadi bahan tambah ialah yang berwarna kelabu cerah.

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan oleh Zaimie Azuar (1995) penggunaan RHA akan meningkatkan kekuatan mampatan konkrit berbanding konkrit biasa selepas usia 7 hari. Pada usia sebelum 7 hari kekuatan mampatannya adalah rendah berbanding konkrit biasa kerana RHA lambat reaktif dan kadar kereaktifannya bertambah mengikut masa. Dalam kajiannya juga didapati penambahan 20 % RHA memberikan kesan yang optimum berbanding dengan penambahan sebanyak 10 %, 30 % dan 40 %.

Daripada kajian yang dijalankan terhadap penggunaan RHA dalam konkrit didapati kesannya adalah memuaskan dan banyak memberi kelebihan kepada sektor binaan. Columna (1974) telah membuat kesimpulan bahawa penggunaan sehingga 30 % RHA tidak menjejaskan kekuatan adunan simen dengan ketara pada umur matang. Ia juga mendapati penggunaan RHA dapat mengurangkan penjujukan ('bleeding'), menambahkan pengembangan dan pengecutan adunan simen dan penggunaan dalam konkrit yang melebihi 20 % akan mengurangkan kekuatan awal dan pada umur matang yang ketara.

Namun begitu, RHA juga mempunyai kelemahannya. Diantaranya ialah kekuatan awal sebelum usia 7 hari adalah rendah berbanding konkrit dengan 100 % simen dan ia juga mengurangkan keboleherjaan konkrit kerana penggunaan RHA akan mengakibatkan penyerapan air bebas yang banyak.

Secara keseluruhannya penggunaan RHA dalam konkrit telah menunjukkan peningkatan mutu ciri-ciri konkrit. Ini beerti RHA berpotensi sebagai bahan ganti atau bahan tambah kepada simen memandangkan permintaan terhadap simen adalah melebihi pengeluarannya.

Di Barat, penggunaan wasap silika sebagai bahan tambah dalam gunita adalah begitu meluas sekali. Ternyata penggunaan wasap silika telah menunjukkan peningkatan kualiti gunita seperti meningkatkan kekuatan mampatan dan lenturan gunita pada usia awal dan akhir. Selain itu, ia juga dapat mengurangkan pantulan dan meningkatkan rintangan terhadap serangan kimia. Oleh kerana keberkesanan wasap silika itu, maka kajian perlu dilakukan terhadap penggunaan RHA dalam gunita kerana RHA terbukti berkesan penggunaannya dalam konkrit biasa dan RHA juga memiliki ciri seperti wasap silika iaitu merupakan bahan jenis pozzolana.

CIRI-CIRI GUNITE DAN RHA

Ciri-ciri Gunita

Ciri-ciri gunita adalah seperti berikut :

Ketumpatan : 2240 – 2320 kg/m³

Kekuatan mampatan : 20-30 N/mm² pada usia 28 hari

Kekuatan lenturan : 4 N/mm²

Modulus keanjalan : 31 x 10³ Mpa

Kecutan semasa pengeringan : 500 µm/m dengan 120 l/m³ iaitu 0.05 – 0.01 %

Ketelapan : Rendah seperti konkrit berkekuatan tinggi dan dapat dipadatkan dengan baik.

Pekali pengembangan suhu : 11 µm/m/°C

Kekuatan Tegangan / Lekatan ; Serupa dengan konkrit

Kelasakan : Keupayaan yang tinggi untuk menahan pembekuan dan pengembangan,tahan daripada kepekatan garam yang tinggi dan kebakaran.

Kandungan dalam campuran gunita adalah sama seperti kandungan campuran konkrit iaitu simen, batu baur, air dan juga bahan campuran gunita juga sama seperti konkrit kecuali batu baur. Batu baur yang sesuai adalah jenis pasir yang bersaiz kurang dari 5 mm kehalusannya.

Sifat-sifat RHA

Sifat fizikal yang baik bagi RHA ialah kehalusannya melepasi ayak bersaiz 45 μm seperti syarat yang terkandung dalam BS 3892 : Part 1 : 1982. Selain itu, Shah et al (1979) mendapati RHA yang sesuai adalah yang berwarna kelabu cerah.

RHA juga mempunyai unsur-unsur seperti yang terdapat dalam simen Portland biasa (OPC). Kandungan kimia yang terdapat dalam RHA dan OPC adalah seperti Jadual 1.

Jadual 1 Kandungan kimia yang terdapat dalam RHA dan OPC.

Kandungan	RHA (%)	OPC
SiO ₂	83.9	21.4
Al ₂ O ₃	2.6	5
Fe ₂ O ₃	2.5	4
CaO	1.9	63.4
MgO	0.6	0.6
SO ₃	0.7	2.3
LOI	4.8	1.4
K ₂ O	2.6	0.6
Na ₂ O	0.2	0.05

PROSEDUR KAJIAN

Penyediaan Sampel Panel Gunita

Dua jenis campuran gunita telah digunakan. Jenis pertama adalah campuran gunita gred 30 iaitu nisbah campuran simen dan pasir sebanyak 1:6. Jenis kedua pula ialah campuran yang sama tetapi ditambah RHA sebanyak 10 % daripada berat simen.

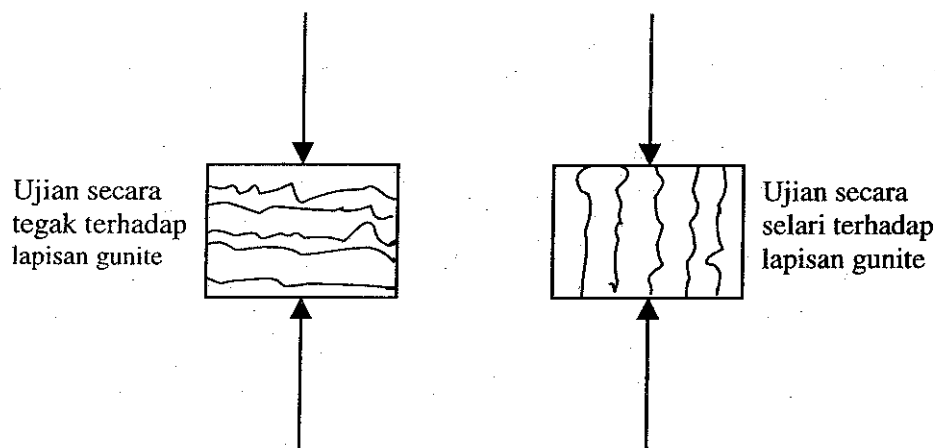
Sebanyak enam kotak acuan bersaiz 500 mm x 500 mm x 100 mm yang dibuat daripada papan lapis digunakan untuk setiap kerja gunita.

Campuran simen dan pasir dimasukkan ke dalam pembancuh sebelum ia dimasukkan ke dalam 'feeder' melalui 'hopper'. 'Nozzleman' bersiap sedia di bahagian muncung 'nozzle' dan mendapatkan campuran dengan nisbah air simen yang paling sesuai agar campuran mudah dipancarkan keluar serta mempunyai daya kelekatan yang baik. Kemudian campuran tersebut akan disemburkan ke arah kotak acuan. Semburan dihentikan setelah satu lapisan 25 - 35 mm diperolehi dan dibiarkan kering dalam masa lebih kurang satu jam sebelum lapisan yang seterusnya dilakukan. Permukaan lapisan terakhir perlu diratakan supaya mendapat permukaan sampel yang rata.

Ujian Kekuatan Mampatan

Ujian ini dijalankan dengan menggunakan mesin TONIPAC dan berdasarkan BS 1881 : Part 115 : 1983. Sebanyak enam (6) sampel dari setiap jenis gunita (gunita biasa dan gunita dengan penambahan 10 % RHA) diuji dalam ujian ini dengan menggunakan sampel bersaiz 100 mm x 100 mm x 100 mm. Sampel-sampel ini dihasilkan daripada panel bersaiz 500 mm x 500 mm x 100 mm yang dipotong dengan menggunakan mesin pemotong dan direndam semula sebelum ujian kekuatan mampatan dijalankan. Ujian ini dijalankan pada umur 7, 14 dan 28 hari.

Pada setiap ujian, tiga kiub sampel diuji dengan orientasi secara tegak terhadap lapisan gunita dan tiga lagi secara selari terhadap lapisannya (Rajah 1).

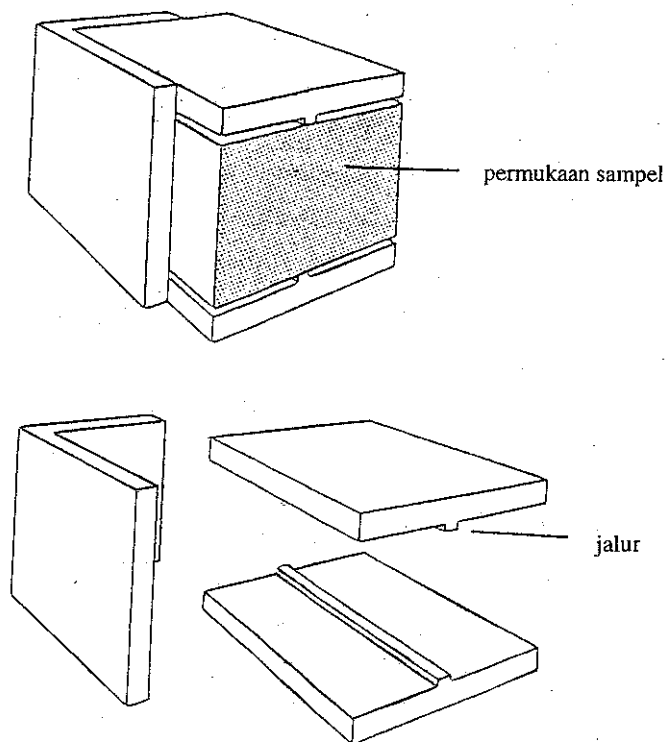


Rajah 1 Orientasi kiub semasa pembebanan.

Sebelum ujian dijalankan permukaan mampatan kiub-kiub gunité perlu diratakan dahulu menggunakan mesin pengisar permukaan supaya keseluruhan luas permukaan kiub dapat dikenakan beban. Kadar kelajuan mampatan pada mesin 'TONIPAC' ditetapkan pada 3.0 kN/s.

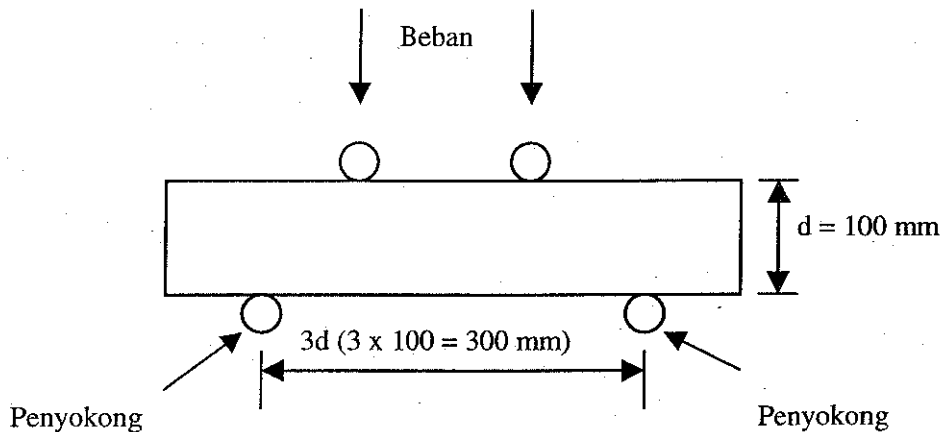
Ujian Kekuatan Belahan Tegangan

Ujian kekuatan belahan tegangan ini juga dijalankan menggunakan mesin 'TONIPAC' dan merujuk kepada BS 1881 : Part 117 : 1983. Tiga (3) kiub sampel dari setiap jenis gunité iaitu gunité biasa dan gunité dengan 10 % RHA bersaiz 100 mm x 100 mm x 100 mm digunakan dalam ujian ini dan dimampatkan dengan plat besi diletakkan di bahagian atas dan bawah kiub (Rajah 2). Dimensi bagi plat yang digunakan ialah lebar jalur, $a = 4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ dan tebal jalur, $t = 4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$. Sampel-sampel ini diuji pada umur 28 hari dengan orientasi tegak terhadap lapisan gunité. Kelajuan beban mesin juga ditetapkan seperti untuk ujian mampatan iaitu sebanyak 3.0 kN/s.



Rajah 2 Plat besi yang digunakan dalam ujian belahan tegangan.
Ujian Kekuatan Lenturan

Mengikut BS 1881 : Part 118 : 1983 'Testing Concrete – Method for Determination of Flexural Strength', panel gunité dipotong untuk menghasilkan rasuk bersaiz 100 mm x 100 mm x 500 mm. Sebanyak enam sampel rasuk disediakan untuk setiap jenis gunité (gunité biasa dan gunité 10 % RHA) iaitu 3 untuk orientasi tegak dan 3 untuk orientasi selari terhadap lapisan gunité. Sampel disokong pada bahagian bawahnya dengan jarak antara sokong ialah $3d$ ($3 \times 100 = 300$ mm) (Rajah 3). Setiap sampel diuji pada usia 28 hari dengan menggunakan beban sebanyak 0.5 kN.



Rajah 3 Susunatur ujian kekuatan lenturan.

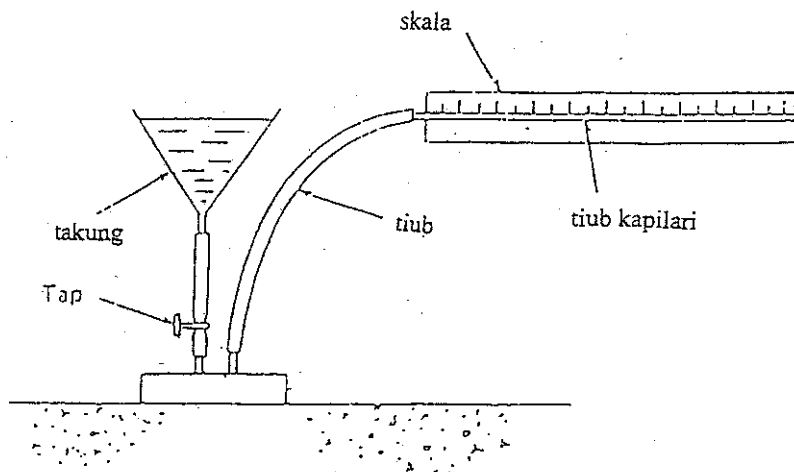
Ujian Resapan Permukaan Awal

Rajah 4 menunjukkan peralatan yang digunakan dalam Ujian Resapan Permukaan Awal atau ISAT ('Initial Surface Absorption Test'). Ujikaji ISAT ini dijalankan berdasarkan kepada BS 1881 : Part 5 : 1970. Secara amnya terdapat tiga kaedah yang boleh digunakan untuk penyediaan sampel. Kaedah-kaedah tersebut adalah:

- i) Sampel dimasukkan ke dalam oven pada suhu $105 \pm 5^\circ\text{C}$ sehingga mencapai berat malar iaitu perubahan berat sampel tidak melebihi 0.1% untuk mana-mana tempoh pengeringan selama 24 jam.
- ii) Sampel disimpan di dalam makmal dengan tempoh minima yang diperlukan selama 48 jam. Suhu bilik makmal perlu dikekalkan pada $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

- iii) Sampel ditempatkan pada keadaan biasa (di situ) dan permukaan sampel tidak boleh terkena air sekurang-kurangnya dalam tempoh 48 jam.

Dalam ujikaji ini, kaedah (i) telah dipilih kerana kaedah ini dapat memberikan kadar pengeringan paling maksimum. Sebanyak tiga sampel perlu disediakan dalam ujikaji ini yang mana setiap satu bersaiz 150 mm x 150 mm x 100 mm. Sampel-sampel ini perlu diawet dengan guni basah selama tujuh hari dan setelah itu baru dimasukkan ke dalam oven untuk proses pengeringan sehinggalah berat malarnya diperolehi. Berat sampel diambil setiap 24 jam sehinggalah perubahan berat sampel yang berlaku tidak melebihi 0.1 % dan seterusnya sampel dikeluarkan dari oven dan diletakkan di dalam bilik kawalan suhu. Perbezaan suhu bilik kawalan hendaklah tidak melebihi 2°C dan sampel-sampel tadi diuji pada usia 28 hari.



Rajah 4 Peralatan Ujikaji ISAT.

ANALISIS KEPUTUSAN

Kekuatan Mampatan

Jadual 2 dan 3 di bawah menunjukkan keputusan yang diperolehi untuk gunita biasa dan gunita dengan penambahan 10 % RHA.

Jadual 2 Keputusan kekuatan mampatan kiub gunita biasa.

Orientasi kiub terhadap lapisan gunita	Kekuatan mampatan (N/mm ²)					
	7 hari	Purata	14 hari	Purata	28 hari	Purata
Tegak	20.9		27.2		29.8	
	18.0	18.7	24.5	26.9	24.9	26.0
	17.3		28.8		23.3	
Selari	23.2		20.6		27.6	
	19.9	22.4	27.7	23.6	24.8	26.1
	24.0		22.5		25.9	

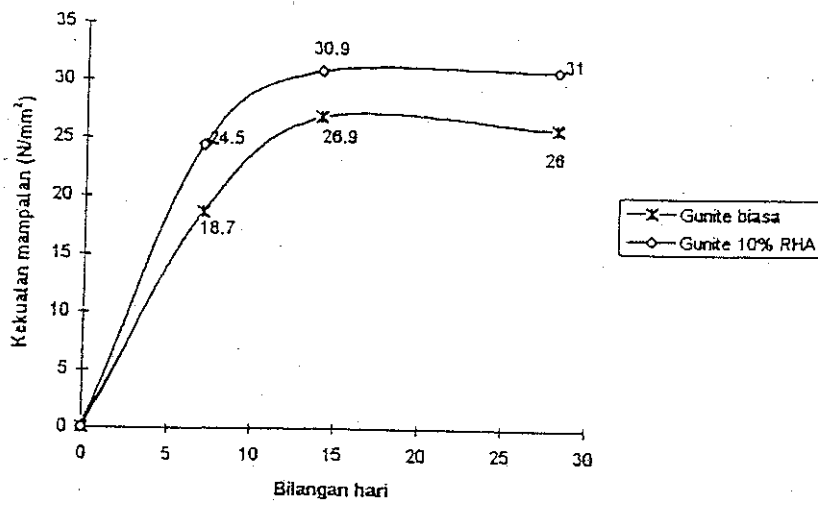
Jadual 3 Keputusan kekuatan mampatan kiub gunita 10 % RHA.

Orientasi kiub terhadap lapisan gunita	Kekuatan mampatan (N/mm ²)					
	7 hari	Purata	14 hari	Purata	28 hari	Purata
Tegak	24.6		31.0		33.1	
	27.0	24.5	29.7	30.9	30.1	31.0
	21.9		31.8		29.7	
Selari	22.5		26.2		25.9	
	23.3	23.9	27.7	27.4	28.5	27.7
	26.1		28.3		28.7	

Rajah 5 dan 6 pula merupakan graf perbandingan kekuatan mampatan melawan hari bagi kedua-dua jenis gunita. Manakala Rajah 7 dan 8 pula merupakan graf kekuatan mampatan melawan hari bagi kedua-dua jenis gunita berdasarkan kepada orientasi tegak dan selari terhadap lapisan gunita. Berdasarkan kepada Rajah 5 dan 6, jelas menunjukkan bahawa kekuatan gunita 10% RHA adalah lebih tinggi daripada gunita biasa. Ini berlaku kepada kedua-dua orientasi tegak dan selari terhadap lapisan gunita. Keadaan ini berlaku adalah kerana tindak balas antara RHA dengan Ca(OH)₂ telah menghasilkan lebih banyak gel CSH dan menghasilkan ikatan matriks yang lebih kuat.

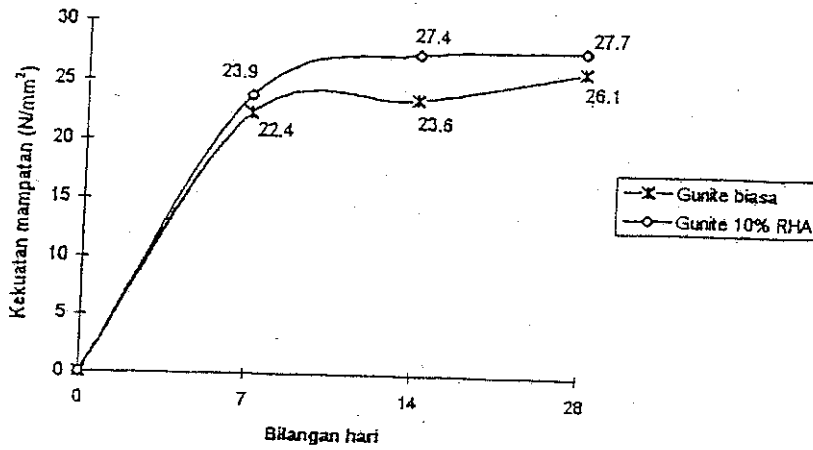
Merujuk kepada Rajah 7 dan 8 pula didapati orientasi tegak terhadap lapisan gunita adalah lebih tinggi kekuatan mampatannya daripada orientasi selari. Perkara ini berlaku kerana susunan lapisan gunita pada orientasi tegak dapat menahan daya dari luar, manakala ikatan antara lapisan untuk orientasi selari adalah lebih lemah dibandingkan dengan orientasi tegak kerana riceh yang tinggi berlaku di antara lapisan tersebut.

Kekuatan mampatan melawan bil. hari



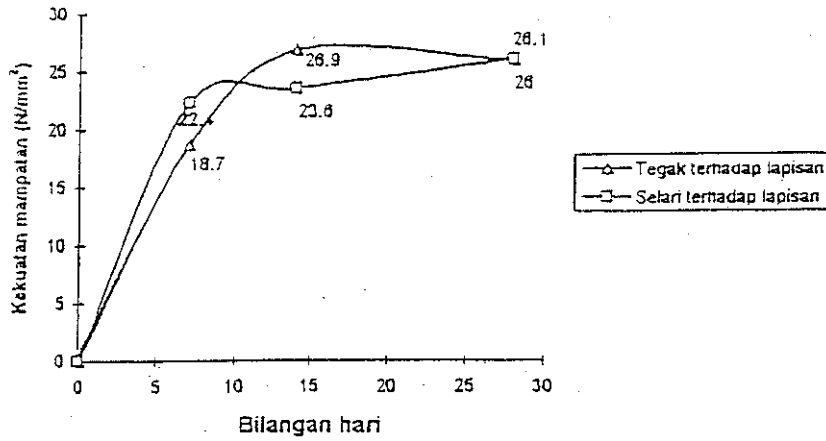
Rajah 5 Graf perbandingan antara gunita biasa dan gunita 10 % RHA kiub bagi ujian secara tegak terhadap lapisan.

Kekuatan mampatan melawan bil. hari



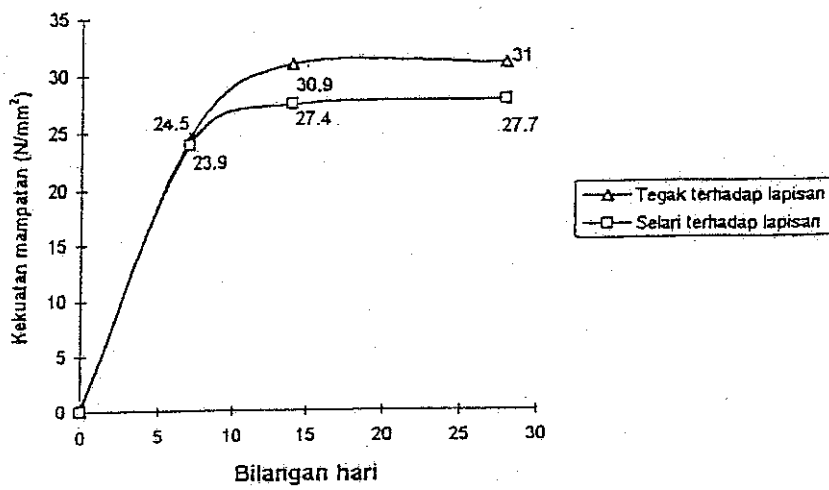
Rajah 6 Graf perbandingan antara gunita biasa dan gunita 10 % RHA kiub bagi ujian selari terhadap lapisan.

Graf kekuatan mampatan lawan bil. hari



Rajah 7 Graf kekuatan mampatan melawan bilangan hari untuk gunite biasa.

Kekuatan mampatan melawan bil. hari



Rajah 8 Graf kekuatan mampatan melawan bilangan hari untuk 10 % RHA.

Kekuatan Belahan Tegangan

Keputusan beban (kN) semasa kiub gagal dan kekuatan belahan tegangan kiub (N/mm^2) adalah seperti dalam Jadual 4 dan 5.

Jadual 4 Keputusan beban semasa kiub gagal

Beban ditanggung oleh kiub (kN)	
Kiub gunite biasa (<i>Purata</i>)	Kiub gunite 10% RHA (<i>Purata</i>)
32.4	22.4
21.2 (24.9)	43.4 (35.0)
21.2	39.2

Kekuatan belahan tegangan kiub, σ_{ct} dikira berdasarkan formula seperti di bawah (berdasarkan BS 1881 : Part 117 : 1983)

$$\sigma_{ct} = 2F / \pi l d \quad (1)$$

F = daya maksimum (N)

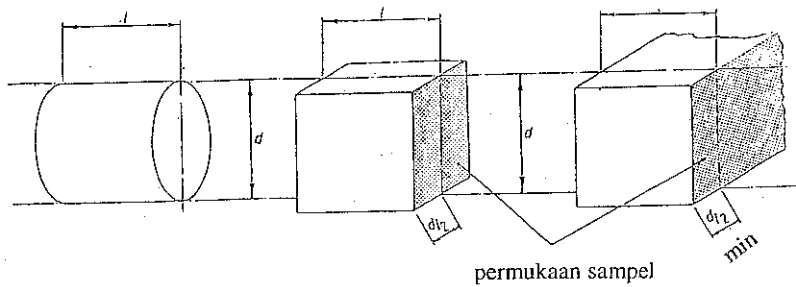
l = panjang spesimen seperti dalam Rajah 9

d = dimensi keratan rentas spesimen seperti dalam Rajah 9

Oleh itu, kekuatan belahan tegangan pada usia 28 hari adalah seperti dalam Jadual 5.

Jadual 5 Kekuatan belahan tegangan (N/mm^2)

Kekuatan belahan tegangan (N/mm^2)	
Kiub gunite biasa	Kiub gunite 10 % RHA
1.58	2.23



Rajah 9 Satah-satah specimen

Daripada Jadual 5, didapati kekuatan belahan tegangan gunite 10 % RHA adalah lebih tinggi berbanding gunite biasa. Peratus kekuatan belahan tegangan gunite 10 % RHA adalah 41.1 % lebih dari gunite biasa. Ini adalah kerana penambahan RHA akan menyebabkan kelekatan yang lebih terhadap gunite. Dengan kelekatan yang lebih ini maka ketebalan lapisan gunite akan bertambah dan pertambahan ketebalan ini akan membantu gunite dalam merintanginya daya dari luar yang bertindak terhadapnya.

Kekuatan Lenturan

Jadual 6 di bawah menunjukkan keputusan nilai beban yang ditanggung sebelum rasuk gagal bagi kedua-dua jenis gunite mengikut orientasi masing-masing pada usia rasuk 28 hari.

Jadual 6 Keputusan beban yang ditanggung dalam ujian kekuatan lenturan.

Orientasi ujian terhadap lapisan	Gunite biasa (kN)		Gunite 10 % RHA (kN)	
		<i>Purata</i>		<i>Purata</i>
Tegak	19.87	20.93	22.36	21.72
	21.68		21.90	
	21.23		21.89	
Selari	21.71	22.45	24.70	23.89
	23.50		23.78	
	22.13		23.2	

Untuk mendapatkan kekuatan lenturan, R, formula di bawah telah digunakan dan formula ini hanya sesuai digunakan apabila rekahan berlaku dalam kawasan satu pertiga (1/3) daripada bahagian tengah. Dalam ujikaji ini, syarat ini telah dipatuhi.

$$R = PL / bd^2 \quad (2)$$

P = beban maksimum yang ditanggung (N)

L = panjang rentang sampel rasuk (mm)

b = lebar sampel (mm)

d = tinggi sampel (mm)

Jadual 7 adalah keputusan kekuatan lenturan bagi ujikaji ini.

Jadual 7 Keputusan kekuatan lenturan

Orientasi ujian terhadap lapisan	Gunita biasa		Gunita 10% RHA	
	Tegak	Selari	Tegak	Selari
Kekuatan lenturan (N/mm ²)	10.46	11.23	10.86 10.87	11.95

Merujuk kepada Jadual 7 diatas, didapati kekuatan lenturan gunita 10 % RHA adalah lebih tinggi berbanding gunita biasa. Bagi orientasi tegak, kekuatan lenturan gunita 10 % RHA adalah 3.8 % lebih tinggi berbanding gunita biasa manakala bagi orientasi selari adalah 6.41 % lebih tinggi. Kekuatan lenturan gunita 10 % RHA lebih tinggi adalah disebabkan tindakan gel CSH yang menghasilkan ikatan matrik yang lebih kuat. Selain itu dengan penambahan RHA, ketebalan lapisan gunita telah meningkat dan ini dapat menahan daya luar yang bertindak terhadap sampel.

Kebolehtelapan ISAT

Jadual 8 dan 9 adalah nilai ISAT yang diperolehi dalam ujikaji ini untuk kedua-dua jenis gunita.

Jadual 8 Nilai ISAT bagi gunita biasa.

Bancuhan	1 : 6-G30 Sampel 1		1 : 6-G30 Sampel 2		1 : 6-G30 Sampel3	
	Skala tiub kapilari		Skala tiub kapilari		Skala tiub kapilari	
Masa (minit)	1 minit	Nilai ISAT ml/m ² /saat	1 minit	Nilai ISAT ml/m ² /saat	1 minit	Nilai ISAT ml/m ² /saat
10	335	0.37	370	0.41	288	0.32
30	236	0.26	281	0.31	218	0.24
60	164	0.18	200	0.22	155	0.17
120	125	0.14	146	0.16	118	0.13

Jadual 9 Nilai ISAT bagi gunita 10% RHA.

Bancuhan	1 : 6-G30 Sampel 1		1 : 6-G30 Sampel 2		1 : 6-G30 Sampel 3	
	Skala tiub kapilari		Skala tiub kapilari		Skala tiub kapilari	
Masa (minit)	1 minit	Nilai ISAT ml/m ² /saat	1 minit	Nilai ISAT ml/m ² /saat	1 minit	Nilai ISAT ml/m ² /saat
10	215	0.24	233	0.26	217	0.24
30	142	0.16	154	0.17	144	0.16
60	73	0.08	98	0.11	81	0.09
120	56	0.06	62	0.07	55	0.06

Jadual 10 Jadual penentuan prestasi kebolehtelapan.

	Nilai ISAT (ml/m ² /saat)			
	Tempoh sela masa setelah ujian dimulakan			
Konkrit	10 minit	30 minit	60 minit	120 minit
Tinggi	> 0.50	> 0.35	>0.20	> 0.15
Sederhana	0.25-0.50	0.17-0.35	0.10-0.20	0.07-0.15
Rendah	<0.25	<0.17	< 0.10	< 0.07

Berdasarkan kepada Jadual 10, keputusan kebolehan gunita biasa dan gunita 10 % RHA diperolehi seperti dalam Jadual 11 dan 12.

Jadual 11 Keputusan kebolehtelapan ISAT bagi gunita biasa.

Bancuhan	1 : 6-G30 : Gunita biasa	
Masa (minit)	Nilai Purata ISAT ml/m ² / saat	Kebolehan
10	0.367	Sederhana
30	0.270	Sederhana
60	0.190	Sederhana
120	0.143	Sederhana

Jadual 12 Keputusan kebolehtelapan ISAT bagi gunita 10 % RHA.

Bancuhan	1 : 6-G30 : Gunita 10% RHA	
Masa (minit)	Nilai Purata ISAT ml/m ² / saat	Kebolehan
10	0.233	Rendah
30	0.163	Rendah
60	0.093	Rendah
120	0.064	Rendah

Berdasarkan kepada Jadual 11 dan 12, didapati gunita 10% RHA mempunyai kebolehtelapan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan gunita biasa. Pada keseluruhannya gunita biasa mempunyai kebolehtelapan yang rendah. Keadaan ini menunjukkan kadar keporosan gunita 10% RHA adalah rendah berbanding gunita biasa, iaitu kesenangan agen-agen kebolehtelapan seperti air, udara dan ion-ion untuk menembusnya adalah sukar. Ini adalah kerana gel-gel CSH yang terhasil daripada tindakan RHA akan memenuhi lompong yang terdapat dalam sampel dan ia bukan sahaja akan mengurangkan keporosan sampel tetapi juga menghasilkan sampel gunita yang rendah kebolehtelapannya.

PERBINCANGAN

Daripada ujikaji yang telah dijalankan, didapati penambahan 10% RHA dalam gunita telah memberikan keputusan yang baik. Keputusann daripada ujian kekuatan mampatan, kekuatan belahan tegangan dan kekuatan lenturan telah menunjukkan peningkatan berbanding kekuatan pada gunita biasa. Daripada keputusan ini boleh dibuat kesimpulan bahawa RHA merupakan bahan yang sesuai untuk menjadi bahan tambah kepada gunita.

Namun begitu, keberkesanan yang sebenar hasil penambahan RHA dalam gunita tidak boleh diukur hanya berdasarkan keputusan ujian ini sahaja. Ini adalah kerana tidak ada perbandingan dibuat di antara ujian ini dengan ujian-ujian yang dijalankan oleh pengkaji lain. Turut menjadi persoalan ialah adakah penambahan 10% RHA ini dapat memberikan satu keputusan yang optimum. Jika dilihat kesan penambahan RHA dalam konkrit biasa didapati penambahan 20% telah memberikan keputusan yang paling optimum. Jadi untuk mendapatkan keputusan yang lebih baik adalah wajar ujiksji terhdsp penggunssn RHA pada kadar yang lain seperti 20%, 30 % dan sebagainya dijalankan. Berdasarkan keputusan daripada ujian-ujian ini, maka perbandingan boleh dibuat dan satu nilai kadar peratus yang paling sesuai untuk mendapatkan keputusan yang optimum boleh diperolehi.

KESIMPULAN

Daripada keputusan-keputusan yang diperolehi daripada ujian-ujian yang telah dijalankan, dapat dibuat kesimpulan bahawa gunita 10% RHA adalah lebih berkesan untuk digunakan kerana bahan tambah RHA bukan sahaja murah tetapi juga ia mempunyai kekuatan mampatan, kekuatan belahan tegangan dan kekuatan lenturan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan gunita biasa. Selain itu ia juga mempunyai kebolehtelapan yang rendah mengikut klasifikasi Ujian ISAT, berbanding sederhana bagi gunita biasa.

RHA mampu memberi kekuatan dan kebolehtelapan yang lebih baik kerana bahan tambah ini mengandungi silika yang sangat sesuai menjadi bahan tambah bagi konkrit atau simen dan ia akan menghasilkan gel CSH yang akan menyebabkan ikatan matriksnya menjadi lebih kuat dan akan dapat menambahkan ketebalan lapisan gunita.

RUJUKAN

- [1] Gunite Contractor Association, Gunite / Shotcrete as A Structural and Architectural Process. Seminar B-14, January 19,1982, Los Angeles, California.
- [2] BS 1881 : Part 5 : 1970, Test for Determining the Initial Surface Absorption of Concrete.
- [3] Zaimee Azuar bin Ismail, 1995, Penggunaan Abu Sekam Padi dan Abu Terbang Dalam Konkrit Berkekuatan Tinggi, Tesis Sarjana Muda Kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi Malaysia.
- [4] Salihuddin Radin Sumadi, Agricultural Ash-Construction Material For the Future, Universiti Teknologi Malaysia, 1993.
- [5] BS 1881 : Part 115 : 1983. Specification for Compressive Testing Machines for Concrete.
- [6] BS 1881 : Part 117: 1983. Method for Determining of Tensile Splitting Strength.