

Pengaruh Penggantian Sebahagian Pasir dengan Debu Kuari ke atas Ciri Konkrit Prestasi Tinggi Baru

Muhammad Fauzi Mohd. Zain,
Sudharshan Naidu Raman dan Md. Safiuddin

ABSTRAK

Kajian ini membincangkan pengaruh penggantian sebahagian pasir dengan debu kuari ke atas ciri konkrit prestasi tinggi baru. Dengan mengambilkira pengurangan dalam sumber-sumber pasir semulajadi, adalah wajar untuk mengenalpasti sumber alternatif lain seperti debu kuari untuk mengurangkan penggunaan pasir di dalam industri-industri yang memerlukannya. Di dalam kajian ini, perkadaran penggantian pasir dengan debu kuari yang telah dipraktikkan adalah sebanyak 20% untuk semua jenis bancuhan kecuali dalam bancuhan konkrit prestasi tinggi kawalan simen Portland biasa. Ciri-ciri konkrit prestasi tinggi baru telah ditentukan dalam aspek-aspek turunan, aliran turunan, aliran V-Funnel, kandungan udara, ketumpatan dan suhu. Keputusan yang diperolehi menunjukkan bahawa penggantian sebahagian pasir dengan debu kuari dapat meningkatkan kebolehkerjaan dan kebolehaliran, serta kandungan udara konkrit prestasi tinggi. Selain daripada itu, didapati bahawa aliran V-Funnel lebih sesuai untuk menentukan kebolehaliran konkrit prestasi tinggi baru berbanding dengan aliran turunan konvensional.

ABSTRACT

This study discusses the influence of partial replacement of sand with quarry dust on the properties of fresh high performance concrete. Considering the decrease in the sources of natural sand, it is necessary to identify alternative source, such as quarry dust to reduce the utilisation of sand in the industries, which requires it. In this study, replacement proportion of sand with quarry dust that was practised was 20% in all the high performance concrete mixes except in the normal Portland cement control high performance concrete mix. The properties of fresh high performance concrete were determined in the aspects of slump, slump flow, V-Funnel flow, air content, density and temperature. Results obtained showed that partial replacement of sand with quarry dust was able to increase the workability and flowability, and also the air content of fresh high performance concrete. Besides that, it was observed that V-Funnel flow was more suitable to determine the flowability of fresh high performance concrete compared to the conventional slump flow.

PENGENALAN

Konkrit boleh dikatakan sebagai bahan binaan yang paling utama di seluruh dunia pada masa kini. Bagi memenuhi keperluan struktur yang semakin canggih dan mencabar, banyak pembaharuan telah dilakukan untuk

menghasilkan konkrit yang lebih bermutu. Konkrit prestasi tinggi (KPT) adalah sejenis konkrit khas yang dihasilkan daripada penggabungan bahan-bahan tambah ke dalam konkrit biasa. Dua jenis bahan tambah yang biasa digunakan dalam penghasilan KPT adalah bahan tambah mineral dan bahan tambah kimia. Wasap silika dan abu terbang adalah contoh bahan tambah mineral yang biasanya digunakan dalam penghasilan KPT. Jenis-jenis bahan tambah kimia yang biasa digunakan dalam penghasilan KPT pula adalah bahan superpempplastikan dan agen perangkap udara.

Kini, banyak kajian dilakukan untuk mengoptimumkan penggunaan bahan buangan atau bahan hasil sampingan sebagai bahan pengganti simen atau pasir di dalam KPT. Debu kuari, sejenis hasil sampingan daripada aktiviti pengkuarian kini mendapat perhatian dalam aspek tersebut. Kajian terhadap debu kuari ini telah ditumpukan terhadap penggunaannya sebagai bahan pengganti sebahagian daripada pasir di dalam konkrit. Kajian ini akan membincangkan mengenai pengaruh penggantian sebahagian pasir dengan debu kuari terhadap ciri-ciri KPT baru. Ciri fizikal debu kuari yang telah digunakan di dalam kajian ini ditunjukkan dalam Jadual 1.

JADUAL 1. Ciri fizikal bahan

Bahan	Graviti Tentu	Serapan (%)	Saiz Maksima (mm)	Modulus Kehalusan	Kandungan Pepejal (%)
Agregat Kasar	2.62	0.90	19.00	6.84	—
Pasir	2.60	1.20	4.75	3.01	—
Debu Kuari	2.63	0.60	4.75	4.20	—
Simen	3.15	—	—	—	—
Wasap Silika	2.20	—	—	—	—
Abu Terbang	2.26	—	—	—	—
SP	1.21	—	—	—	40
AEA	1.02	—	—	—	8

BAHAN DAN KAEDAH

BAHAN

Untuk keseluruhan kajian ini, simen Portland biasa (Type I) telah digunakan. Air yang telah digunakan untuk bancuhan adalah air paip biasa dengan nilai pH 6.9. Agregat kasar yang digunakan pula terdiri daripada jenis batuan granit terhancur. Dua jenis agregat halus yang telah digunakan di dalam kajian ini iaitu pasir lombong dan debu kuari. Wasap silika daripada jenis Elkem Microsilica Grade 920-D dan abu terbang Malaysia Class F daripada Stesen Janakuasa Sultan Salahuddin Abdul Aziz di Kapar, Selangor pula telah digunakan sebagai bahan tambah mineral. Selain daripada itu, bahan superpempplastikan (SP) daripada jenis naftalena formaldehid tersulfat terpeluwap dan agen perangkap udara (AEA) telah digunakan sebagai bahan tambah kimia untuk keseluruhan kajian ini. Jadual 1 menunjukkan ciri fizikal bahan-bahan tersebut.

PENAMAAN SPESIMEN

Penamaan spesimen telah dilakukan dengan meringkaskan nama jenis-jenis KPT untuk memudahkan pengenalan kepada jenis-jenis KPT yang dibancuh. Penamaan tersebut akan digunakan di dalam bahagian-bahagian seterusnya dalam kajian ini termasuk bahagian keputusan ujikaji dan perbincangan. Penamaan spesimen yang telah dilakukan adalah seperti berikut :

- NPC : KPT ini adalah KPT kawalan yang mengandungi 100% simen Portland biasa sebagai bahan pengikat dan 100% pasir sebagai agregat halus.
- QD : KPT jenis QD ini pula mengandungi 100% simen Portland biasa sebagai bahan pengikat manakala kandungan agregat halusya terdiri daripada 20% debu kuari dan 80% pasir.
- SF : Di dalam KPT jenis SF ini, 90% daripada bahan pengikatnya adalah terdiri daripada simen Portland biasa manakala baki 10% lagi adalah wasap silika. 20% daripada kandungan agregat halusya adalah terdiri daripada debu kuari manakala baki 80% lagi adalah pasir.
- FA : KPT jenis FA ini mengandungi 90% simen Portland biasa dan 10% abu terbang sebagai bahan pengikat manakala kandungan agregat halusya pula terdiri daripada 20% debu kuari dan 80% pasir.

PERKADARAN BANCUNAN

Kaedah rekabentuk bancuhan Sherbrooke (Aitcin 1997) telah digunakan untuk keseluruhan kajian ini. Sebanyak lapan jenis bancuhan KPT telah disediakan dengan menggunakan dua jenis nisbah air/pengikat iaitu 0.40 dan 0.45. Bancuhan-bancuhan percubaan telah dilakukan untuk mendapatkan perkadaran bancuhan KPT yang terbaik. Nisbah agregat kasar kepada agregat halus telah ditetapkan pada nilai 60:40. Perkadaran penggantian pasir dengan debu kuari di dalam kajian ini pula telah ditetapkan pada tahap 20%. Penggantian ini telah dilakukan pada kesemua jenis bancuhan KPT kecuali untuk KPT jenis NPC. Perkadaran bahan-bahan bancuhan dalam keadaan kering permukaan tepu adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2 dan Jadual 3.

SKOP UJI KAJI

Memandangkan penimbangan bahan-bahan bancuhan dilakukan dalam keadaan kering udara, maka pembetulan kandungan air telah dilakukan dengan mengambilkira kuantiti air yang telah diserap oleh agregat dan kuantiti air yang telah disumbangkan oleh bahan superpempplastikan. Bahan-bahan tersebut telah dibancuh pada suhu ambien dan sebaik sahaja prosedur bancuhan ini selesai, prosedur pensampelan telah dilakukan untuk menentukan turunan, aliran turunan, aliran V-Funnel, kandungan udara, ketumpatan dan suhu KPT baru. Turunan dan aliran turunan telah ditentukan menurut piawaian ASTM (ASTM C143-90a: 1990) manakala aliran V-Funnel pula telah ditentukan berdasarkan Japanese Concrete Institute Committee Report (Japanese Concrete Institute 1994) dengan menggunakan sejenis radas khas yang dikenali sebagai radas V-Funnel. Lakaran radas V-Funnel tersebut adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Sementara itu, penentuan kandungan udara dan ketumpatan KPT baru telah ditentukan menurut piawaian British Standards

JADUAL 2. Perkadaran bahan bancuhan bagi konkrit prestasi tinggi dengan nisbah air/pengikat = 0.40

Bahan	Jenis konkrit Prestasi Tinggi			
	NPC*	QD*	SF*	FA*
Agregat kasar	1027	1028	1018	1019
Pasir	658	549	543	543
Debu Kuari	—	137	136	136
Simen	480	480	432	432
Wasap Silika	—	—	48	—
Abu Terbang	—	—	—	48
Air	192	192	192	192
SP (%B)**	1.80	2.00	2.90	2.00
AEA (%B)**	0.05	0.05	0.07	0.09

* Unit bagi kesemua bahan bancuhan adalah dalam kg/m³

** Simbol B mewakili berat bahan pengikat (binder) iaitu berat simen atau beratcampuran simen dan bahan tambah mineral

JADUAL 3. Perkadaran bahan bancuhan bagi konkrit prestasi tinggi dengan nisbah air/pengikat = 0.45

Bahan	Jenis konkrit Prestasi Tinggi			
	NPC*	QD*	SF*	FA*
Agregat kasar	1026	1027	1017	1018
Pasir	684	547	542	543
Debu Kuari	—	137	136	136
Simen	450	450	405	405
Wasap Silika	—	—	45	—
Abu Terbang	—	—	—	48
Air	202.5	202.5	202.5	202.5
SP (%B)**	1.45	1.60	2.60	1.60
AEA (%B)**	0.05	0.05	0.07	0.09

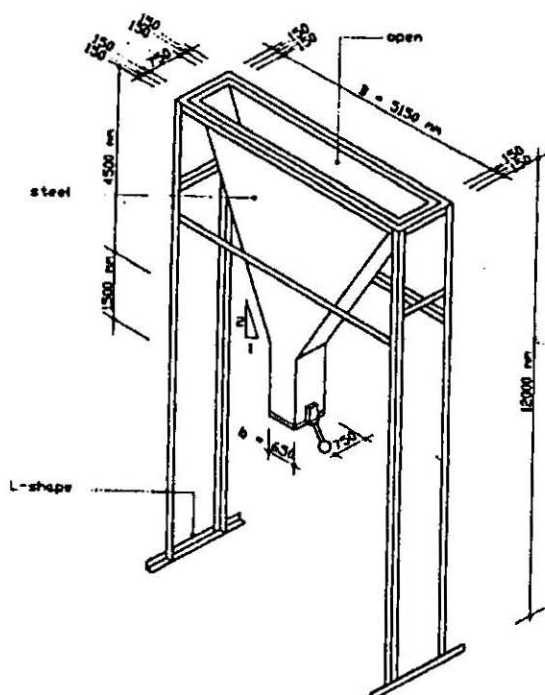
* Unit bagi kesemua bahan bancuhan adalah dalam kg/m³

** Simbol B mewakili berat bahan pengikat (binder) iaitu berat simen atau beratcampuran simen dan bahan tambah mineral

Institution (BS 1881:Part 106:1983; BS 1881:Part 107:1983). Suhu KPT pula telah ditentukan menurut piawaian ASTM (ASTM C1064-86: 1986).

HASIL KAJIAN

Ciri KPT baru yang telah ditentukan dalam aspek turunan, aliran turunan, aliran V-Funnel, kandungan udara, ketumpatan dan suhu adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 4 dan Jadual 5. Perbincangan yang akan dilakukan adalah berdasarkan ciri tersebut.



RAJAH 1. Radas V-Funnel (dalam unit mm)

JADUAL 4. Ciri konkrit prestasi tinggi baru dengan nisbah air/pengikat = 0.40

Ciri Konkrit Prestasi Tinggi	Jenis konkrit Prestasi Tinggi			
	NPC	QD	SF	FA
Turunan (mm)	230	245	235	230
Aliran Turunan (mm)	520	550	540	530
Aliran V-Funnel (liter/saat)	0.4131	0.4244	0.3757	0.3460
Kandungan Udara (%)	1.7	1.9	2.2	1.6
Ketumpatan (kg/m ³)	2356	2355	2317	2330
Suhu (°C)	31	32	32	30

JADUAL 5. Ciri konkrit prestasi tinggi baru dengan nisbah air/pengikat = 0.45

Ciri Konkrit Prestasi Tinggi	Jenis konkrit Prestasi Tinggi			
	NPC	QD	SF	FA
Turunan (mm)	240	250	235	230
Aliran Turunan (mm)	510	530	520	510
Aliran V-Funnel (liter/saat)	0.6680	0.7107	0.6527	0.6211
Kandungan Udara (%)	1.5	2.1	1.6	1.5
Ketumpatan (kg/m ³)	2348	2310	2330	2333
Suhu (°C)	32	30	30	29

KEBOLEHKERJAAN DAN KEOLEHALIRAN

Ciri kebolehkkerjaan dan kebolehaliran KPT baru di dalam kajian ini telah ditentukan dalam aspek turunan, aliran turunan dan aliran V-Funnel. Secara keseluruhannya, semua jenis adunan KPT baru telah menunjukkan ciri kebolehkkerjaan dan kebolehaliran yang baik memandangkan nilai turunan yang terletak di dalam julat daripada 230mm hingga 250mm, aliran turunan yang terletak daripada 510mm hingga 550mm dan aliran V-funnel yang terletak daripada 0.3460 liter/saat hingga 0.7107 liter/saat. Dapat dinyatakan bahawa peningkatan dalam ciri-ciri kebolehkkerjaan dan kebolehaliran kesemua adunan KPT tersebut adalah disebabkan oleh penggunaan bahan tambah kimia terutamanya bahan superpemplastikan. Ini seterusnya dapat memperbaiki dan memudahkan kerja-kerja pengelolaan, perletakan, pemadatan dan kemasan adunan KPT baru tersebut.

Daripada data yang ditunjukkan di dalam Jadual 4 dan Jadual 5, untuk kedua-dua nisbah air/pengikat, KPT jenis QD telah menunjukkan nilai turunan, aliran turunan dan aliran V-Funnel yang paling tinggi berbanding dengan semua jenis KPT lain. Malah ia adalah lebih tinggi daripada nilai turunan, aliran turunan dan aliran V-Funnel KPT jenis NPC iaitu KPT kawalan simen Portland biasa. Ini menunjukkan bahawa KPT yang mengandungi 20% pasirnya adalah debu kuari tanpa dan penggunaan sebarang bahan pengganti simen menunjukkan ciri-ciri kebolehkkerjaan dan kebolehaliran yang lebih baik daripada KPT yang tidak mengandungi debu kuari. Penemuan ini adalah selaras dengan pengetahuan secara teori yang menyatakan bahawa konkrit yang dibancuh dengan agregat halus yang mempunyai modulus kehalusan yang lebih tinggi akan menghasilkan ciri kebolehkkerjaan yang lebih baik. Di dalam kajian ini, debu kuari yang digunakan memiliki modulus kehalusan bernilai 4.20 yang mana ia lebih tinggi daripada modulus kehalusan pasir yang bernilai 3.01. Walau bagaimanapun, kesan daripada ciri ini tidak begitu ketara mungkin disebabkan oleh peratusan penggantian pasir dengan debu kuari yang rendah iaitu sebanyak 20%. Penemuan ini adalah selaras dengan kajian yang telah dilakukan sebelum ini oleh Chen dan Ng (Chen & Ng 1997). Satu lagi faktor yang mungkin menyebabkan tahap kebolehkkerjaan dan kebolehaliran KPT jenis QD yang lebih tinggi daripada KPT jenis NPC adalah dos bahan superpemplastikan di dalam KPT jenis QD yang lebih tinggi daripada KPT jenis NPC.

Antara dua jenis KPT yang menggabungkan bahan pozzolana (SF dan FA), KPT jenis SF yang mengandungi wasap silika memberikan nilai turunan, aliran turunan dan aliran V-funnel yang lebih tinggi. Walaubagaimanapun, KPT jenis SF memerlukan dos bahan superpemplastikan yang lebih tinggi daripada KPT jenis FA. Ini adalah kerana KPT yang mengandungi wasap silika memiliki permukaan spesifik yang lebih besar menyebabkan ia memerlukan kuantiti bahan superpemplastikan yang lebih banyak untuk mencapai kekonsistenan yang tetap apabila dicampurkan dengan air (Safiuddin 1998). KPT yang digabungkan dengan wasap silika dapat menghasilkan adunan yang lebih berjeleket yang dapat mengurangkan fenomena penjujukan dan pengasingan dalam adunan KPT baru. Walau bagaimanapun, ciri kebolehkkerjaan dan kebolehaliran KPT jenis SF adalah lebih rendah daripada ciri kebolehkkerjaan dan kebolehaliran KPT jenis QD.

Apabila dibandingkan antara dua jenis nisbah air/pengikat yang digunakan di dalam kajian ini, adunan KPT dengan nisbah air/pengikat 0.40 mempamerkan aliran turunan yang lebih tinggi daripada aliran KPT dengan nisbah air/pengikat 0.45. Adunan KPT dengan nisbah air/pengikat 0.40 memiliki kepekatan isipadu dalam partikel simen yang lebih tinggi tetapi kepekatan isipadu dalam partikel agregat yang rendah. Oleh sebab itu, nisbah pasta simen/agregat di dalam KPT dengan nisbah air/pengikat 0.40 adalah lebih tinggi daripada KPT dengan nisbah air/pengikat 0.45. Maka, faktor-faktor tersebut mungkin menjadi penyebab kepada aliran turunan adunan KPT dengan nisbah air/pengikat 0.40 yang lebih tinggi daripada aliran turunan adunan KPT dengan nisbah air/pengikat 0.45.

Memandangkan penentuan ciri kebolehaliran KPT baru memerlukan pertimbangan yang khusus, maka aliran V-Funnel adalah lebih sesuai untuk penentuan ciri tersebut berbanding dengan aliran turunan konvensional. Ini adalah kerana kesemua nilai aliran turunan yang didapati memberikan nilai yang tidak jauh berbeza tetapi aliran V-Funnel pula memberikan nilai yang lebih spesifik untuk setiap jenis adunan KPT baru yang berlainan. Daripada data aliran V-Funnel, didapati bahawa kesemua adunan KPT baru dengan nisbah air/pengikat 0.45 mempamerkan ciri kebolehaliran yang lebih baik berbanding adunan KPT baru dengan nisbah air/pengikat 0.40. Ini mungkin disebabkan kandungan air di dalam adunan KPT baru dengan nisbah air/pengikat 0.45 yang lebih tinggi akan menyebabkan adunan bersifat lebih bercecair dan menyebabkan peningkatan dalam daya graviti akibat daripada pertambahan berat air yang seterusnya akan meningkatkan kebolehaliran adunan tersebut.

Faktor keserasian antara bahan superpempplastikan dan simen yang digunakan adalah satu aspek yang perlu diambil perhatian semasa sesuatu KPT dibancuh. Ini adalah bertujuan untuk mengelakkan sebarang kesan yang memudaratkan kepada KPT yang terhasil akibat daripada ketidakserasian di antara bahan superpempplastikan dan simen yang digunakan. Oleh sebab itu, bancuhan percubaan perlu dilakukan untuk mendapatkan perkadaran bancuhan yang terbaik.

KANDUNGAN UDARA

Pada teorinya, kandungan udara terperangkap di dalam konkrit adalah tidak diperlukan di negara yang tidak mengalami tindakan fros dan fenomena pembekuan dan penyahbekuan, contohnya seperti di Malaysia. Walau bagaimanapun, untuk memudahkan pengelolaan, perletakan dan kemas adunan KPT baru yang terhasil, adalah dicadangkan bahawa sedikit kandungan udara terperangkap diperlukan (Aitcin 1993).

Dalam keseluruhan kajian ini, kandungan udara terperangkap di dalam adunan KPT baru yang terhasil adalah terletak dalam julat $2 \pm 0.5\%$. Kandungan udara terperangkap di dalam adunan-adunan tersebut telah dikawal dengan menggunakan agen perangkap udara. Didapati bahawa, untuk kedua-dua nisbah air/pengikat yang digunakan, KPT baru jenis QD menunjukkan kandungan udara terperangkap yang lebih tinggi daripada KPT baru jenis NPC. Ini menunjukkan bahawa KPT baru yang mengandungi debu kuari tanpa penggabungan sebarang bahan tambah mineral memberikan kandungan udara terperangkap di dalam adunannya yang lebih tinggi daripada KPT yang

tidak mengandung debu kuari. Partikel debu kuari yang secara relatifnya berkeadaan lebih kasar cenderung untuk membentuk lompong-lompong udara di sekitar butirannya. Ini seterusnya mungkin menjadi penyumbang terhadap peningkatan kandungan udara terperangkap di dalam adunan KPT baru jenis QD. Selain daripada itu, di antara kedua-dua jenis KPT yang mengandungi bahan pengganti simen, KPT jenis SF memberikan kandungan udara terperangkap yang lebih tinggi daripada KPT jenis FA untuk kedua-dua jenis nisbah air/pengikat.

KETUMPATAN

Ketumpatan sesuatu adunan KPT secara amnya melambangkan kepadatan adunan tersebut. Di dalam keseluruhan kajian ini, ketumpatan adunan KPT baru yang terhasil terletak di dalam julat di antara 2310 kg/m³ dan 2356 kg/m³. KPT baru jenis NPC telah mempamerkan ketumpatan yang paling tinggi di antara jenis-jenis KPT baru untuk kedua-dua jenis nisbah air/pengikat. Malah ia telah mencatatkan ketumpatan yang lebih tinggi daripada KPT jenis QD dan kesan ini adalah lebih ketara bagi adunan dengan nisbah air/pengikat 0.45. Ini mungkin disebabkan oleh pembentukan ruang-ruang atau lompong-lompong di sekitar butiran debu kuari yang berkeadaan lebih kasar. Ruang-ruang atau lompong-lompong tersebut akan mengurangkan ketumpatan adunan KPT jenis QD yang terhasil.

Apabila dibandingkan antara dua jenis nisbah air/pengikat yang digunakan, secara puratanya adunan KPT baru dengan nisbah air/pengikat 0.40 mempamerkan ketumpatan yang lebih tinggi daripada ketumpatan adunan KPT dengan nisbah air/pengikat 0.45. Ini mungkin disebabkan oleh faktor kandungan partikel simen atau campuran partikel simen dan bahan pengganti simen yang lebih tinggi di dalam adunan KPT dengan nisbah air/pengikat 0.40 berbanding adunan konkrit dengan nisbah air/pengikat 0.45, yang seterusnya akan meningkat ketumpatannya.

SUHU

Suhu sesuatu adunan KPT adalah salah satu faktor yang menentukan tahap kebolehkkerjaan dan permintaan air adunan tersebut. Penemuan oleh Zivkovic (Zivkovic 1992) menyatakan bahawa peningkatan dalam suhu adunan konkrit baru akan menyebabkan pengurangan pada nilai turunan dan peningkatan pada permintaan air adunan tersebut (Zivkovic 1992). Suhu adunan yang tinggi akan meningkatkan kadar penyejatan seterusnya akan meningkatkan kadar kehilangan kandungan air dan udara di dalam adunan tersebut. Kejadian ini akan mengurangkan tahap kebolehkkerjaan adunan KPT yang terhasil. Oleh sebab itu, suhu adunan KPT perlu ditetapkan di antara 15°C dan 25°C (Aitcin 1993).

Di dalam kajian ini, suhu kesemua adunan KPT terletak di dalam julat daripada 29°C hingga 32°C. Suhu yang tinggi ini mungkin akan mengurangkan tahap kebolehkkerjaan dan meningkatkan permintaan air adunan-adunan tersebut. Suhu persekitaran yang tinggi ketika bancuhan-bancuhan dilakukan mungkin menjadi faktor penyebab kepada julat suhu yang tinggi tersebut. Oleh sebab itu, adalah lebih sesuai untuk melakukan kerja-kerja pembancuhan, pengelolaan, perletakan, pemadatan dan kemas konkrit pada waktu malam atau pada waktu di mana suhu persekitaran

adalah rendah terutamanya di negara-negara yang mengalami cuaca panas seperti di Malaysia.

KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang dapat dilakukan hasil daripada kajian ini :

1. KPT yang mengandungi debu kuari tanpa penggabungan sebarang bahan tambah mineral mempamerkan ciri-ciri kebolehkeraan dan kebolehaliran yang paling baik di dalam kajian ini.
2. KPT yang mengandungi wasap silika mempamerkan ciri-ciri kebolehkeraan dan kebolehaliran yang lebih baik daripada KPT yang mengandungi abu terbang. Walaubagaimanapun, KPT yang mengandungi wasap silika memerlukan dos bahan superpempplastikan yang lebih tinggi di dalam bancuannya.
3. Aliran V-Funnel adalah lebih sesuai untuk mengungkapkan ciri-ciri kebolehaliran KPT baru berbanding dengan aliran turunan konvensional.
4. Kandungan udara terperangkap di dalam KPT baru jenis QD adalah lebih tinggi daripada kandungan udara terperangkap di KPT baru jenis NPC.
5. Ketumpatan KPT baru jenis NPC adalah lebih tinggi daripada ketumpatan KPT baru jenis QD.
6. Adalah lebih sesuai untuk melakukan kerja-kerja pengkonkritan di negara-negara yang mengalami cuaca panas seperti di Malaysia pada waktu malam atau pada waktu di mana suhu persekitaran adalah rendah.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaannya kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Malaysia dan Universiti Kebangsaan Malaysia yang telah memberikan peruntukan untuk kajian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan buat syarikat Ready Mixed Concrete (M) Sdn. Bhd. dan syarikat W. R. Grace (M) Sdn. Bhd. yang telah sudi menyumbangkan bahan-bahan keperluan untuk kajian ini.

RUJUKAN

- Aitcin, P.C. 1997. Sherbrooke mix design method. *Proceedings of the One-Day Short Course on Concrete Technology/High Performance Concrete: Properties and Durability*. 9th May, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Aitcin, P.C. 1993. Durable concrete: current practice and future trends. *Proceedings of the V.M. Malhotra Symposium*. ACI SP - 144: 85-104.
- ASTM C143-90a. 1990. Standard test method for slump of hydraulic cement concrete. *Annual Book of ASTM Standards* 04.02. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- ASTM C1064-86. 1986. Standard test method for temperature of freshly mixed portland cement concrete. *Annual Book of ASTM Standards* 04.02. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- BS 1881:Part 106. 1983. Methods of determination of air content of fresh concrete. *Testing Concrete*. London: British Standards Institution.
- BS 1881:Part 107. 1983. Methods of determination of density of compacted fresh concrete. *Testing Concrete*. London: British Standards Institution.

- Chen, L. & Ng, H.S. 1997. High performance concrete and its strength development. Proceedings of the Fifth International Conference on Concrete Engineering and Technology: 47-56. May 5-7, Universiti Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Japanese Concrete Institute. 1994. *V-Funnel test for freshly mixed concrete*. JCI 16: (1).
- Safiuddin, M. 1998. Influence of different curing methods on the mechanical properties and durability of high performance concrete exposed to medium temperature. M. Sc. Thesis, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor, Malaysia.
- Zivkovic, S. D. 1992. The effect of increased temperature on fresh and hardened concrete. Proceedings of the Third International RILEM Conference: 3-12. September 21-25, Torquay, England.

Muhammad Fauzi Mohd. Zain
Sudharshah Naidu Raman
Md. Safiuddin
Jabatan Kejuruteraan Awam dan struktur
Fakulti Kejuruteraan
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D. E., Malaysia