

Kajian Ciri-ciri Kejuruteraan Dalam Rekabentuk Konkrit Ringan Berbusa

Zuraidah Hashim

Jab. Kej. Awam, Politeknik Sultan Hj.Ahmad Shah, Kuantan, Pahang
zuraidahhashim@polisas.edu.my

Che Alias Mohd Yusof

Jab. Kej. Awam, Politeknik Sultan Hj.Ahmad Shah, Kuantan, Pahang
alias@polisas.edu.my

Suhaimi Yajid

Jab. Kej. Awam, Politeknik Sultan Hj.Ahmad Shah, Kuantan, Pahang
suhaimi@polisas.edu.my

Abstrak

Penggunaan simen secara meluas boleh meningkatkan pencemaran kepada alam sekitar disebabkan pengeluaran CO₂. Oleh itu kajian dilakukan terhadap rekabentuk konkrit ringan, ciri-ciri khusus dan sifat-sifat bagi konkrit ringan berbusa apabila bancuhan konkrit tersebut dikurangkan penggunaan kandungan simen sebanyak 5% dan 10% tanpa mengurangkan penggunaan bahan-bahan lain serta penambahan busa ke dalam bancuhan bagi menghasilkan konkrit ringan. Kajian ini menggunakan beberapa jenis ujian iaitu ujian runtuhan, ujian kekuatan mampatan dan ujian lenturan bagi konkrit ringan yang baru dan konkrit keras juga telah dilakukan untuk menentukan sifat-sifat dan ciri-ciri bagi konkrit ringan dibandingkan dengan konkrit kawalan. Ujian yang dilakukan adalah ujian runtuhan bagi konkrit ringan baru bagi menentukan sifat kebolehkerjaan konkrit dan menentukan nilai ketumpatan konkrit ringan. Bagi menentukan kekuatan mampatan ujian terhadap kiub konkrit pada umur 7 hari dan 28 hari dilakukan bagi mendapatkan nilai kekuatannya dan kekuatan lenturan konkrit diperolehi terhadap ujian terhadap rasuk konkrit pada umur 7 hari dan 28 hari. Dapatan kajian mendapati rekabentuk S4 iaitu pengurangan penggunaan simen sebanyak 10% memberikan nilai kekuatan mampatan tertinggi pada umur 28 hari iaitu 3.6 MPa dan 4.38 MPa. Manakala kekuatan lenturan pada 7 hari memberikan nilai kekuatan lenturan tertinggi iaitu 5.47 MPa. Sifat kebolehkerjaan bagi semua sampel kajian memberikan sifat kebolehkerjaan yang tinggi. Kajian dengan menggunakan pengurangan simen 5% dan 10% dalam rekabentuk konkrit memberikan impak yang tinggi kepada sifat kebolehkerjaan, kekuatan mampatan dan kekuatan lenturan konkrit ringan berbusa. Oleh itu di masa hadapan kajian terhadap pengurangan simen dalam rekabentuk konkrit ringan berbusa dengan nisbah pengurangan simen yang berbeza boleh dikaji untuk kebaikan industri pembinaan negara.

Kata kunci : kekuatan mampatan, kekuatan lenturan, konkrit ringan

1.Pengenalan

Konkrit merupakan bahan yang telah digunakan secara meluas dalam industri pembinaan. Konkrit biasa merupakan campuran simen, agregat kasar dan halus serta air. Manakala konkrit ringan berbuisa pula tidak menggunakan agregat kasar di dalam campuran.

Kajian ini menggunakan rekabentuk konkrit ringan berbuisa dengan peratus pengurangan simen 5% dan 10% di dalam bancuhan konkrit. Empat sampel konkrit ringan berbuisa disediakan iaitu S1 konkrit ringan berbuisa kawalan, S2 dan S3 konkrit ringan berbuisa dengan 5% pengurangan simen serta S4 konkrit ringan berbuisa dengan 10% pengurangan simen, (Sabrina,2017).

Dua ciri istimewa yang penting dalam penghasilan konkrit ringan berbuisa adalah kekuatan dan ketahanan yang tinggi. Tahap keupayaan kedua-dua ciri penting ini boleh direka bentuk dan disediakan bagi memenuhi pelbagai keperluan penggunaan konkrit. Bahan bersel didapati mempunyai ciri-ciri ketahanan hentaman yang lebih baik daripada bahan binaan konkrit biasa (Wan Abdullah,2009). Selain itu, konkrit ringan berbuisa berpontensi dijadikan sebagai bahan alternatif untuk binaan yang menekankan ciri-ciri ketahanan hentaman dan kekuatan dalam pembinaan. Konkrit ringan berbuisa mempunyai rongga-rongga udara dan sekaligus meningkatkan ciri ketahanan hentaman dan kekuatan konkrit ringan berbuisa (Hashimah Kho,2013).

Bagi menentukan sifat dan kekuatan konkrit ringan, ujian penurunan dan ujian mampatan kiub digunakan. Nilai kekuatan ini dibandingkan dengan konkrit kawalan yang tidak diubah campurannya. Kekuatan mampatan rekabentuk konkrit ringan berbuisa ini adalah berdasarkan BS 6073:1941 dan MS 7.6:1972 bagi panel dinding yang tidak menanggung beban, (Sabrina,2017).

2. Penyataan Masalah

Simen merupakan antara komponen utama di dalam bancuhan konkrit. Proses pengeluaran simen juga melibatkan pengeluaran CO₂ bersama dalam proses tersebut. Kandungan CO₂ di dalam udara menyumbang kepada pencemaran kepada alam sekitar. Kajian ini penting dilakukan, jika pengurangan penggunaan simen dapat menyumbang kepada pengurangan kandungan CO₂ di dalam udara.

Kos penyediaan konkrit ringan berbuisa ini lebih mahal berbanding konkrit konvensional disebabkan penambahan penggunaan busa di dalam campuran konkrit, (Mugahed et.al, 2013). Namun begitu, dalam jangka masa panjang di mana Malaysia ke arah negara mampan dan mementingkan alam sekitar, kajian terhadap konkrit ringan ini perlu dilakukan agar dapat menyumbang dalam perubahan industri pembinaan negara yang masih lagi tidak menggunakan sepenuhnya konkrit ringan @ panel IBS. Oleh itu kajian - kajian yang menyokong kepada pembuktian kelebihan konkrit ringan berbuisa ini perlu dilakukan.

3. Objektrif Kajian

Objektif kajian ini adalah untuk :

1. Merekabentuk konkrit ringan berbuisa dengan kekuatan berdasarkan BS 6073:1941 dan MS 7.6:1972.
2. Menentukan sifat – sifat dan kekuatan konkrit ringan berbuisa.

4.Skop dan Kepentingan Kajian

Rekabentuk konkrit ringan berbuisa ini adalah berdasarkan ketumpatan konkrit ringan, iaitu di antara 300 kg/m³ hingga 2000 kg/m³. Namun begitu skop kajian ini mengkaji Ketumpatan konkrit ringan berbuisa di antara 1600 kg/m³ hingga 1800 kg/m³. Ini kerana menurut Norazila (2010), konkrit ringan berbuisa dari 1200 kg/m³ hingga 1800 kg/m³ adalah bahan untuk kegunaan struktur dinding galas beban dan struktur bumbung bagi perumahan individu serta untuk menampung beban bagi dinding bangunan yang rendah,

Di samping itu, skop kajian ini juga bagi menentukan sifat keboleherjaan konkrit ringan baru melalui ujian runtuhan dan konkrit ringan keras melalui kekuatan mampatan serta lenturan. Nilai kekuatan mampatan diperolehi bagi sampel kiub pada umur 7 hari dan 28 hari manakala nilai kekuatan lenturan diperolehi bagi sampel rasuk pada umur 7 hari.

Berdasarkan kajian yang dijalankan ini, adalah penting untuk mendapatkan konkrit ringan berbuisa yang mempunyai ketumpatan rendah dan tahap kekuatan yang tinggi. Ini kerana jika dibandingkan dengan konkrit biasa yang mempunyai ketumpatan yang tinggi sehingga mencapai 2400 kg/m³ ia melibatkan penggunaan jentera yang berat dan peralatan yang khas untuk penyelidikannya berbanding konkrit ringan ketumpatannya mampu mencapai sehingga 2000 kg/m³, (Pooh Koon, 2004).

Konkrit biasa ini juga mempunyai kekurangannya yang tersendiri, antaranya ketumpatan konkrit yang tinggi menjadikan konkrit tersebut berat. Beban mati pada bangunan juga lebih tinggi dan menyumbang kepada rekabentuk tiang dan rasuk yang lebih besar saiz rekabentuknya. Kos keseluruhan pembinaan juga turut meningkat. Konkrit ringan mempunyai ketumpatan yang rendah kerana penggunaan konkrit ringan tidak menggunakan aggregate kasar tetapi hanya menggunakan simen biasa, pasir dan juga busa untuk mengembangkan dan meringankan konkrit ringan tersebut. Ini kerana konkrit ringan berbuisa banyak memberi kelebihan dari segi teknologi pembinaan dan ia juga boleh menjimatkan kos penyelenggaraan dan pembinaan serta lebih mesra alam.

5. Kajian Literatur

Konkrit ringan berbuisa terdapat dalam dua bentuk iaitu *foamed grout* ataupun berbentuk mortar. Konkrit ringan berbuisa didefinisikan sebagai bahan bersimen yang mengandungi peratus minimum sebanyak 20% dan maksimum 70% busa di dalam campurannya. Ketumpatan kering konkrit ringan berbuisa di antara 300 hingga 1600 kg/m³ dan boleh mencapai maksimum hingga 2000 kg/m³. Manakala kekuatan mampatan pada 28 hari boleh mencapai sehingga 0.2 N/mm² hingga 10 N/mm² atau lebih tinggi. Menurut kajian Kearsley et. Al (2001), kekuatan mampatan konkrit berbuisa berkurang dengan pengurangan ketumpatan konkrit berbuisa.

Kebolehkerjaan konkrit ringan berbuisa sangat tinggi dan mempunyai nilai penurunan di antara 150mm hingga runtuh. Konkrit ini juga mempunyai kesan keplastikan yang kuat di mana sifat ini membuatkan ianya mendapat permintaan yang tinggi dalam pelbagai kegunaan (Kunhanandan et.al, 2007).

Faktor utama yang boleh mempengaruhi kekuatan mampatan konkrit ringan ialah jumlah lompong yang tertinggal di dalam konkrit ringan, lebih mudah mampat. Ini akan mempengaruhi nilai kekuatannya. Oleh itu konkrit ringan yang direkabentuk perlu dipastikan kepadatannya. Kekuatan konkrit ringan juga bertambah mengikut umur, tetapi kadar pertambahannya dipengaruhi oleh kaedah pengawetan yang betul. Konkrit perlu dipastikan disimpan dalam keadaan lembap untuk membolehkan penghidratan simen berlaku dengan baik. Bancuhan konkrit ringan perlu mematuhi kekuatan minimum mengikut kehendak rekabentuk dan grad konkrit ringan yang dihasilkan bagi mencapai kekuatan mampatan seperti di dalam ujian yang dinyatakan di dalam BS1881 Part 116:1983 pada umur 7 hari dan 28 hari.

Di antara kelebihan konkrit ini ia tidak memerlukan proses pemadatan kerana tidak berlaku enapan bagi konkrit jenis ini. Konkrit ringan berbuisa yang baru juga mempunyai sifat pengaliran secara bebas dimana sifat ini dapat membantu mengisi sepenuhnya lompong- lompong di dalam campuran konkrit. Di samping itu konkrit ini mempunyai keupayaan menyebarkan dan mengagihkan beban. Ia juga dapat mengurangkan beban mati pada konkrit basah. Selain itu konkrit ringan berbuisa dapat menjimatkan dari segi reka bentuk struktur sokongan seperti asas dan dinding bagi lantai bawah, mempunyai kebolehkerjaan yang tinggi, daya rintangan api yang baik, sifat penebat haba dan bunyi yang baik.

Konkrit ringan berbuisa juga mudah untuk dihasilkan. Oleh itu pemeriksaan dari aspek kualiti dan pengawalan lebih mudah dilaksanakan. Rajah 1 menunjukkan Rekabentuk Campuran Konkrit ringan berbuisa, di mana kadar ataupun nisbah campuran yang digunakan masih boleh diubahsuai mengikut kehendak rekabentuk yang diperlukan.

Simen yang digunakan di dalam rekabentuk konkrit ringan ialah simen Portland biasa yang bertindak sebagai bahan pengikat di dalam campuran. Menurut BS 882: 1992 untuk rekabentuk konkrit dan BS 1200: 1976 bagi rekabentuk mortar, saiz pasir atau agregat halus yang diperlukan dalam rekabentuk adalah lebih kecil daripada 4 mm.

Manakala busa yang digunakan di dalam rekabentuk ialah samada protein yang terhidrolisis dan sintetik. Namun begitu busa yang terdapat di pasaran terdiri daripada bahan pencuci, resin gam dan lain – lain. Ejen busa berasaskan protein menghasilkan struktur gelembung sel yang lebih kukuh dan membolehkan pengisian udara yang lebih banyak berbanding sintetik dimana ianya menghasilkan pengembangan yang lebih besar. Busa ini terdiri dari dua jenis iaitu basah dan kering. Menurut Jones et. al, (2005) kandungan rongga udara yang dicadangkan dalam rekabentuk konkrit ringan di antara minimum 20% sehingga maksimum 70% daripada isipadu konkrit dan ianya bergantung kepada jumlah busa yang dicampurkan.

Menurut Mugahed Amran (2015) air yang digunakan dalam rekabentuk konkrit ringan berbuisa perlulah bersih dan boleh diminum. Namun begitu nisbah air simen yang optimum menurut American Concrete Institute adalah di antara 0.5 dan 0.6.

6. Metodologi

Metodologi kajian ini adalah kajian literatur, ujikaji di makmal dan analisis data. Ujikaji makmal yang dilakukan ialah analisis ayakan terhadap agregat halus, ujian penurunan, Ujian kekuatan mampatan dan ujian kekuatan lenturan. Bahan yang digunakan dalam rekabentuk konkrit ringan berbuisa ini ialah simen Portland, 98% pasir bersaiz < 2.36 mm dan 2% lagi < 5mm, air paip dan busa.

Peralatan yang digunakan untuk menentukan dapatan kajian ialah ayak, alat ujian kekuatan mampatan, alat ujian kekuatan lenturan dan peralatan ujian runtunan seperti rajah 2, rajah 3 dan rajah 4.

Pasir yang digunakan dalam kajian melalui proses ayakan menggunakan saiz ayak maximum 5mm hingga yang paling kecil bersaiz 0.15mm. Konkrit ringn berbuisa yang dibancuh akan diuji menggunakan ujian runtunan. Nilai runtunan dibandingkan dengan nilai runtunan standard seperti Jadual 1.

Rekabentuk campuran juga dimasukkan ke dalam kiub bersaiz 150 mm x 150 mm x 150 mm untuk ujian kekuatan mampatan dan acuan rasuk bersaiz 150 mm x 150 mm x 750 mm untuk ujian kekuatan lenturan. Selepas kiub dibuka selepas 24 jam, kiub akan diawet menggunakan kaedah rendaman. Bagi ujian kekuatan mampatan, sebanyak 8 kiub disediakan untuk diuji bagi umur 7 hari dan 28 hari. Manakala untuk ujian kekuatan lenturan hanya 4 kiub disediakan untuk ujian pada 7 hari bagi mendapatkan kekuatan lenturan awal konkrit.

7. Dapatan Dan Analisis

Dapatan kajian daripada proses ayakan bagi penyediaan bahan, ujian runtuhan, ujian kekuatan mampatan dan ujian kekuatan lenturan yang diperolehi dianalisis dalam bahagian ini.

7.1 Ujian Ayakan

Jadual 2 menunjukkan data analisis dari ujian ayakan terhadap sampel pasir. Didapati bahawa pasir berada pada zon halus yang hampir 98% adalah kurang daripada 2.36mm dan 2% lagi lebih kecil dari 5mm. Oleh itu saiz pasir yang digunakan dalam kajian adalah menepati kehendak BS 1200 : 1976 dimana saiz pasir perlu lebih kecil daripada saiz 4 mm.

7.2 Kebolehkerjaan Konkrit Ringan Berbusa

Jadual 3 menunjukkan data kebolehkerjaan yang diperolehi dari Ujian penurunan yang dijalankan terhadap sampel kajian. Sampel kajian terdiri dari S1 iaitu konkrit kawalan, s2 & s3 iaitu konkrit dengan pengurangan 5% simen dan s4 iaitu konkrit dengan 10% pengurangan simen.

Didapati sifat kebolehkerjaan bagi keempat - empat sampel kajian adalah tinggi dan tiada perbezaan yang begitu ketara di antara sampel. Namun begitu sampel kawalan iaitu S1 mempunyai nilai runtuhan yang paling tinggi iaitu 98 mm dan S4 iaitu konkrit dengan pengurangan 10% simen memberikan nilai runtuhan paling rendah iaitu 90 mm. Ini menunjukkan semakin bertambah nilai pengurangan simen menyebabkan nilai runtuhan juga semakin berkurang.

7.3 Ketumpatan Konkrit Ringan

Jadual 4 menunjukkan nilai ketumpatan rekabentuk konkrit berdasarkan nisbah campuran simen di dalam bancuannya. Data kajian menunjukkan bahawa nilai ketumpatan dan kekuatan adalah berkadar terus, di mana jika ketumpatan sampel tinggi akan memberikan kekuatan yang lebih tinggi dalam kekuatan mampatan dan kekuatan lenturan.

Didapati Jadual 4 menunjukkan S4 dengan pengurangan 10% simen mempunyai ketumpatan tertinggi iaitu 1764 kg/m³ dan memberikan nilai kekuatan mampatan dan lenturan yang paling tinggi bagi umur 7 hari iaitu 2.9 MPa dan 5.47 MPa. Manakala konkrit kawalan dengan ketumpatan paling rendah iaitu 1619 kg/m³ mempunyai kekuatan mampatan dan lenturan terendah iaitu 2.8 MPa dan 3.08 MPa.. Oleh itu bagi mendapatkan konkrit paling kuat adalah memastikan ketumpatan konkrit ringan tidak

terlalu rendah. Namun begitu semua rekabentuk masih lagi mencapai kekuatan yang digariskan seperti BS 6073:1941 dan MS 7.6:1972. di dalam objektif kajian.

7.4 Kekuatan Mampatan Dan Kekuatan Lenturan Konkrit Ringan

Nilai kekuatan mampatan mengikut hari ditunjukkan seperti Jadual 5. Didapati kekuatan mampatan pada umur 7 hari bagi S1, konkrit kawalan dan S2, konkrit dengan pengurangan 5% simen adalah sama iaitu 2.8 Mpa. Manakala S3 iaitu konkrit dengan pengurangan 5% simen juga namun mempunyai ketumpatan yang lebih tinggi menunjukkan sedikit peningkatan dari aspek kekuatan mampatan iaitu sebanyak 2.85 MPa. Bagi umur 7 hari, S4 dengan pengurangan 10% simen memberikan kekuatan mampatan tertinggi.

Kekuatan mampatan konkrit ringan berbusa pada umur 28 hari bagi sampel bancuhan konkrit S1, S2 dan S3 ialah 3.5 Mpa. Ia menunjukkan tiada perbezaan diantara nilai kekuatan mampatan konkrit pada umur 28 hari walaupun konkrit ringan mempunyai ketumpatan yang berbeza.

Namun begitu sampel S4 iaitu konkrit ringan dengan pengurangan simen 10% menunjukkan peningkatan dari segi kekuatan mampatan iaitu 3.6 Mpa. Oleh itu semua sampel konkrit mencapai kekuatan yang dikehendaki iaitu diantara 0.2 MPa dan 10 MPa.

7. Kesimpulan dan Cadangan

Dapatan kajian ini membuktikan bahawa dengan rekabentuk konkrit ringan dengan pengurangan 5 peratus simen, kekuatan konkrit ringan dapat dikekalkan dan kuat seperti konkrit kawalan yang tidak mengurangkan jumlah simen di dalam bancuhan konkrit iaitu 2.8 MPa pada umur 7 hari dan 3.5 MPa pada umur 28 hari. Manakala bagi konkrit ringan yang dikurangkan sebanyak 10 peratus simen juga memberikan kekuatan mampatan yang lebih tinggi berbanding konkrit kawalan iaitu 2.9 MPa pada umur 7 hari dan 3.6 MPa pada umur 28 hari.

Rekabentuk konkrit ringan dengan pengurangan simen 5 peratus dan 10 peratus juga memberikan nilai kekuatan lenturan yang lebih tinggi iaitu 4.38 MPa, 4.9 MPa dan 5.47 berbanding konkrit ringan kawalan iaitu 3.08 MPa.

Sifat kejuruteraan konkrit ringan ini iaitu sifat kebolehkeraan masih berada pada kategori yang sama seperti konkrit ringan kawalan iaitu kategori yang tinggi. Ia menunjukkan pengurangan simen tidak memberikan kesan kepada sifat kebolehkeraan konkrit.

Oleh itu dapatan kajian boleh dirumuskan seperti berikut:

1. Kekuatan mampatan konkrit memberikan keputusan yang tertinggi apabila menggunakan 10% pengurangan simen di dalam bancuhan konkrit iaitu 3.6 MPa pada umur 28 hari

2. Kekuatan lenturan konkrit tertinggi pada 7 hari ialah 5.47 MPa bagi konkrit dengan pengurangan simen 10%.
3. Pengurangan simen tidak mempengaruhi sifat keboleherjaan konkrit.
4. Peratus pengurangan simen sebanyak 10% memberikan kesan paling baik pada sifat kejuruteraan dalam rekabentuk konkrit ringan.

Oleh itu kajian ini dapat memberikan impak kepada penghasilan konkrit ringan berbuisa yang baru iaitu dimana dengan pengurangan simen di dalam bancuhan konkrit ia juga dapat memberikan impak kepada manusia sejagat kerana ia dapat mengurangkan kesan pencemaran kepada alam sekitar. Dalam kes ini, simen ialah salah satu bahan penting yang digunakan dalam kebanyakan pembinaan. Oleh itu jika setiap projek pembinaan di negara ini dapat mengurangkan penggunaan simen maka kesan pemanasan global juga dapat dikurangkan.

Kajian dimasa hadapan berkenaan konkrit ringan berbuisa juga mesti difokuskan kepada peratus pengurangan simen yang berbeza daripada 5% dan 10% untuk melihat peratus yang paling baik dengan kekuatan mampatan dan lenturan yang lebih kuat.

RUJUKAN

- Hashimah Kho Binti Hassan, (2013). *Kajian Terhadap Ketahanan Hentaman Ke Atas Konkrit Berbuisa Yang Diperkuat Dengan Serat Kelapa Sawit Tesis tidak diterbitkan.* UTTHO
- Jones, M.R , McCarthy, A (2005). *Behaviour and Assessment of Foamed Concrete for Construction Applications*, London : Thomas Telford; 61-88
- Kearsley, E.P. , Wainwright, P.J. (2001). *The effect of High Fly Ash Content On The Compressive Strength of Foamed Concrete.* *Cement and Concrete Research.* 31, 105-112.
- Kunhanandan Nambiar, E.K., Ramamurthy, K. (2007). *Air void Characterisation of Foam Concrete, Cement and Concrete Research* , 37, 221-230.
- Mugahed Amran, Raizal S. M. Rashid, Farzad Hejazi, Nor Azizi Safiee, A.A Abang Ali (2016) *Structural Behavior of Precast Foamed Concrete Sandwich Panel Subjected to Vertical In-Plane Shear Loading*, *Engineering and Technology International Journal in Civil Engineering*; (p 705 - 714)

- Mohamad Tarmizi Bin Abu Seman, (2007). *Kajian Prestasi Mortar Simen Bergentian Pelepah Kelapa Sawit*. Tesis tidak diterbitkan. USM
- Norazila binti Kamarulzaman, (2010). *An Investigation Of Quarry Dust As Sand Replacement On Compressive And Flexural Strength Of Foam Concrete*. Tesis tidak diterbitkan. UMP
- Pooh Koon Poo, (2004). *Pembangunan Konkrit Ringan Menggunakan Polistrena, Serbuk Aluminium Dan Kayu Dalam Kejuruteraan Awam*. Tesis tidak diterbitkan. USM
- Sabrina Binti MD Yusoff, (2017). *Light Weight Concrete In Construction For Sustainability Environment*. Tesis tidak diterbitkan. UTM
- Wahid Bin Omar, Abdullah Zawawi Awang, (2007). *Kajian Fundamental Untuk Meningkatkan Sifat-sifat Kemuluran Anggota Konkrit Kekuatan Tinggi Bertetulang*. Tesis tidak diterbitkan. UTM
- Wan Abdullah Bin Wan Alwi. (2009). *Kekuatan Dan Ketahanan Konkrit Ringan Berbusa Sebagai Bahan Struktur*. Tesis tidak diterbitkan. USM
- Zuraidah Binti Hashim, (2008). *Kajian Terhadap Kesan Metakaolin Konkrit Baru Dan Perkembangan Konkrit Keras*. Tesis tidak diterbitkan. UKM

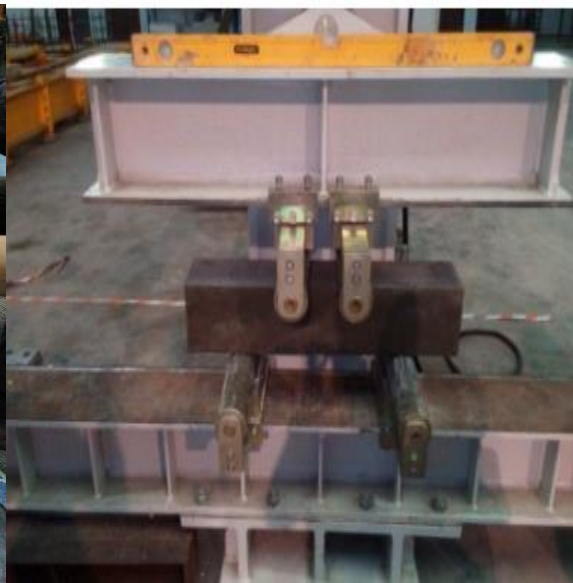
Lampiran

Rajah 1 : Kandungan Konkrit Ringan Berbusa
Sumber (Jones et. al, 2005)

Udara (20% - 70%)
Agregat Halus (paling baik < 4mm)
Air (0.4 - 0.8)
Simen (300 kg/m ³ - 500 kg/m ³)



Rajah 2 : Ayak



**Rajah 3 : Alat Ujian kekuatan
Lenturan**



Rajah 3 : Alat Penurunan



Rajah 4 : Alat Ujian Kekuatan Lenturan

Jadual 2 : Nilai Runtuhan dan kebolehkeraan

Sifat Kebolehkeraan	Nilai Runtuhan (mm)
Tiada runtuhan	0
Sangat rendah	5 - 10
Rendah	15 - 30
Sederhana	35 -75
Tinggi	80 - 155
Sangat tinggi	160 hingga runtuh

Sumber: Zuraidah Hashim (2008)

Jadual 3: Data Analisis Ayak Untuk Sampel Pasir

Saiz ayak (mm)	Berat tahanan (g)	Berat tahanan terkumpul (g)	Peratusan tahanan terkumpul (g)	Peratusan lulus (%)
5	1.8	1.5	0.10	99.9
2.36	30.5	32.0	2.13	97.87
1.18	186.0	218.0	14.69	88.31
0.600	447.0	665.0	44.36	56.64
0.300	568.0	1230.0	82.05	17.95
0.150	0	123.0	82.05	17.95

PAN	269.0	1499.0	99.9	0.1
TOTAL	1499.0			

Jadual 4: Data Keboleherjaan Konkrit Ringan Berbusa

Bancuhan Konkrit	Nilai Penurunan (mm)	Sifat Keboleherjaan
S1- konkrit kawalan	98	Tinggi
S2- OPC (- 5%)	94	Tinggi
S3- OPC (- 5%)	94	Tinggi
S4- OPC (- 10%)	90	Tinggi

Jadual 5 : Data Hubungan Di antara Nilai Ketumpatan, Penurunan, Kekuatan Mampatan Dan Lenturan

Bancuhan Konkrit	Ketumpatan (kg/m^3)	Penuruna n (mm)	Purata kekuatan mampatan (Mpa)	Purata kekuatan lenturan (Mpa)
			7 Hari	7 Hari
S1 - konkrit kawalan	1619	98	2.8	3.08
S2- OPC (- 5%)	1641	94	2.8	4.38
S3- OPC (- 5%)	1664	94	2.85	4.91
S4- OPC (- 10%)	1764	90	2.9	5.47

Jadual 6 : Nilai kekuatan Konkrit Ringan Berbusa Mengikut Umur

Bancuhan Konkrit	Ketumpatan (kg/m^3)	Purata kekuatan lenturan (Mpa)	Purata kekuatan mampatan (Mpa)	Purata kekuatan mampatan (Mpa)
		7 Hari	7 Hari	28 Hari

S1 - konkrit kawalan	1619	3.08	2.8	3.5
S2- OPC (- 5%)	1641	4.38	2.8	3.5
S3- OPC (- 5%)	1664	4.91	2.85	3.5
S4- OPC (- 10%)	1764	5.47	2.9	3.6