

**PENGARUH NISBAH AIR SIMEN
TERHADAP KEKUATAN KONKRIT**

Oleh

Lim Meng Kee

Disertai ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sabagai memenuhi sebahagian daripada syarat
Keperluan untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam
Universiti Sains Malaysia

April, 2005

ABSTRAK

Konkrit adalah bahan binaan yang sensitif dan kerap mendatangkan masalah kepada pengguna. Konkrit mampu memberi perkhidmatan dalam tempoh yang panjang dengan penyenggaraan yang minimum. Walau bagaimanapun, penggunaan konkrit tidak terlepas dari masalah, seperti cacat dipermukaan, pecah di sudut-sudut, pengkaratan tetulang yang jelas kelihatan yang akan menyebabkan konkrit pecah dan retak. Untuk mendapatkan konkrit yang tahanlasak semasa dalam perkhidmatan, perlu difahami faktor yang mempengaruhi ketahananlasakan konkrit itu sendiri. Salah satu faktor yang mempengaruhi konkrit itu ialah nisbah air simen. Jika nisbah air simen digunakan lebih daripada had yang sepatutnya maka kekuatan dan ketumpatan konkrit akan berkurang. Sebaliknya jika nisbah air simen kurang maka kebolehkernya rendah dan proses penghidratan adalah tidak sempurna. Ujian tanpa musnah adalah kaedah pengujian ke atas konkrit tanpa meninggalkan kesan kecacatan atau kerosakan yang ketara pada konkrit. Pengujian ke atas spesimen yang sama dilakukan tanpa memusnahkannya. Antara kaedah-kaedah pengujian tanpa musnah adalah ujian tukul menganjal dan ujian denyutan ultrasonik. Ujian denyutan ultrasonik adalah untuk mengawal kualiti konkrit yang sama, sebarang pemadatan dan perubahan nisbah air simen boleh dikesan. Ujian tukul menganjal merupakan satu ujian untuk menentukan keseragaman konkrit dan penganggaran kekuatan konkrit pada sesuatu struktur. Ujian musnah ialah ujian mampatan kiub konkrit adalah untuk menentukan kekuatan sebenar. Didapati hubungan antara keputusan ujian tanpa musnah, ujian denyutan ultrasonik memberikan keputusan yang paling tepat.

ABSTRACT

Concrete includes complicated materials that bring a lot of complications for the user. Concrete can provides a long term service with a maintenance minimisation. However, the usage of concrete could also create problems such as imperfect surface, split in the corner and stainless that is obviously seen and this can cause concrete spoilt and cracks. There are few factors to ensure everlasting concretes. The first factor is the water cement ration. If the water cement ration is higher, it could reduce the strength and density of the concrete. Opposite of, if the water cement ration is lower the workability and process of hydration will be not be perfect. The non destructive test without spoiling the concrete is to reduce the imperfection there are also some test to be done without affecting the concrete. The non destructive test which are rebound hammer test (*ujian tukul menganjal*) and ultrasonic pulse velocity test (*ujian denyutan ultrasonik*). Ultrasonic pulse velocity test is to control the quality of the same concrete, any compaction and also to notice the changes of the water cement ration. Rebound hammer test is determined the unification concrete and assessment strenghtness concrete for the structure. Destructive test is one compressive concrete cubes determine of original streghtness. Interaction between the result non destructive tests, the ultrasonic pulse velocity test result most accurate.

KANDUNGAN

	MUKA SURAT
ABSTRAK	ii - iii
KANDUNGAN	iv - vi
SENARAI JADUAL	vii
SENARAI RAJAH	viii - ix
PENGHARGAAN	x
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 PENGENALAN	1
1.2 OBJEKTIF KAJIAN	2
1.3 SKOP KAJIAN	3
BAB 2 UJIAN TANPA MUSNAH KONKRIT	4
2.1 PENGENALAN	4
2.2 UJIAN TUKUL MENGANJAL	5
2.3 UJIAN DENYUTAN ULTRASONIK	8
BAB 3 METODOLOGI	12
3.1 PENYEDIAAN SPESIMEN	12
3.1.1 AGREGAT	13
3.1.2 SIMEN	16
3.1.3 AIR	18
3.1.4 KONKRIT	19

3.1.5	ACUAN KONKRIT	20
3.1.6	PENGUATAN TETULANG BESI	20
3.1.7	NISBAH AIR SIMEN	20
3.2	PEMBANCUHAN KONKRIT	23
3.3	UJIAN PENURUNAN	24
3.4	PEMADATAN KONKRIT	26
3.5	PENGAWETAN	27
3.6	UJIAN TANPA MUSNAH KONKRIT	28
3.6.1	UJIAN DENYUTAN ULTRASONIK	29
3.6.2	UJIAN TUKUL MENGANJAL	30
3.7	UJIAN MAMPATAN KIUB	31
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	33
4.1	Pengenalan	33
4.2	Senarai Keputusan	33
4.2.1	Analisis Ayakan	33
4.2.2	Ujian Mampatan Kiub	34
4.2.3	Ujian Denyutan Ultrasonik	36
4.2.4	Ujian Tukul Menganjaj	38
4.2.5	Ringkasan Keputusan Ujian Tanpa Musnah Konkrit	40
4.3	Perbincangan	42

BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	48
5.1	KESIMPULAN	48
5.2	CADANGAN	50

RUJUKAN

LAMPIRAN A	KEPUTUSAN UJIAN-UJIAN KONKRIT (CARA MEJA PENGGETAR)	
LAMPIRAN B	KEPUTUSAN UJIAN-UJIAN KONKRIT (CARA MANUAL)	
LAMPIRAN C	UJIAN ANALISIS AYAKAN	
LAMPIRAN D	HAD PENGREDAN AGREGAT KASAR DAN HALUS	

SENARAI JADUAL

Jadual	Muka Surat
3.1 Kekuatan mampatan minima konkrit	17
3.2 Pembancuhan konkrit	19
4.1 Keputusan ujian mampatan kiub (cara meja penggetar)	34
4.2 Keputusan ujian mampatan kiub (cara manual)	34
4.3 Keputusan ujian denyutan ultrasonik (cara meja penggetar)	36
4.4 Keputusan ujian denyutan ultrasonik (cara manual)	36
4.5 Keputusan ujian tukul menganjal (cara meja penggetar)	38
4.6 Keputusan ujian tukul menganjal (cara manual)	38
4.7 Ringkasan keputusan ujian-ujian musnah dan tanpa musnah konkrit yang dijalankan pada hari ke 7 (cara meja penggetar)	40
4.8 Ringkasan keputusan ujian-ujian musnah dan tanpa musnah Konkrit yang dijalankan pada hari ke 28 (cara meja penggetar)	41
4.9 Ringkasan keputusan ujian-ujian musnah dan tanpa musnah konkrit yang dijalankan pada hari ke 7(cara manual)	41
4.10 Ringkasan keputusan ujian-ujian musnah dan tanpa musnah Konkrit yang dijalankan pada hari ke 28 (cara manual)	42
4.11 Keputusan ujian penurunan	42
5.1 Pemilihan nisbah air simen untuk struktur tertentu	49

SENARAI RAJAH

Rajah		Muka Surat
2.1	Keratan rentas alat tukul menganjal	6
2.2	Alat tukul menganjal	8
2.3	Kaedah penghantar dan penerimaan denyutan	10
2.4	Alat denyutan ultrasonik	11
3.1	Hubungan kebolehtelapan awal dengan nisbah air simen	22
3.2	Hubungan kekuatan mampatan konkrit dan nisbah air simen	22
3.3	Mesin bancuhan	23
3.4	Ujian penurunan	25
3.5	Pemadatan dengan cara manual	26
3.6	Meja penggetar	27
3.7	Pengawetan kiub konkrit	28
3.8	Pelarasan alat denyutan ultrasonik dengan selinder kuprum	30
3.9	Mesin mampatan	32
4.1	Graf kekuatan mampatan melawan nisbah air simen pada hari ke 7 dan hari ke 28 (cara meja penggetar)	35
4.2	Graf kekuatan mampatan mampatan melawan nisbah air simen pada hari ke 7 dan hari ke 28 (cara manual)	35
4.3	Graf kekuatan mampatan konkrit melawan halaju denyutan ultrasonik hari ke 7 dan hari ke 28 (cara meja penggetar)	37
4.4	Graf kekuatan mampatan konkrit melawan halaju denyutan ultrasonik hari ke7 dan hari ke 28 (cara manual)	37
4.5	Graf kekuatan mampatan konkrit melawan nombor rebound hari ke 7 dan hari ke 28 (cara meja penggetar)	39

4.6	Graf kekuatan mampatan konkrit melawan nombor rebound hari ke 7 dan hari ke 28 (cara manual)	39
4.7	Hubungan kekuatan mampatan dengan nisbah air simen	44

PENGHARGAAN

Terlebih dahulu, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan ikhlas kepada penyelia Projek Sarjana Muda ini, Dr. Badorul Hisham Abu Bakar atas bimbingan dan dorongan yang diberikan sepanjang tempoh penyelidikan projek ini. Beliau telah banyak meluangkan masa dan tenaga demi memberikan nasihat dan tunjuk ajar kepada saya dalam menyiapkan projek ini.

Ribuan terima kasih kepada Encik Ramzi dari Politeknik MAS. Beliau sanggup meluangkan masa untuk memberi bantuan kepada saya serta memberi maklumat dan data-data berkaitan yang menjadi isi utama laporan. Walaupun beliau sibuk dengan tugas beliau. Selain itu, kerjasama daripada pihak-pihak yang terlibat dalam kajian ini juga amat dihargai.

Tidak lupa juga jutaan terima kasih kepada semua kakitangan Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam (Kampus Kejuruteraan) di atas segala kerjasama dan bantuan serta sokongan mereka.

Akhir sekali, teristimewa sekali untuk keluarga tercinta, terima kasih atas segalanya.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Dalam era baru ini, industri pembinaan di negara kita semakin berkembang pesat. Sebagaimana yang diketahui, terdapat banyak struktur konkrit yang telah dibina pada tahun 80an. Malahan ia akan meningkat lagi pada masa depan. Sehalu dengan arus pembangunan ini, peningkatan kesedaran orang awam terhadap isu keselamatan sesuatu struktur turut bertambah. Pengguna telah menjadi lebih prihatin terhadap keselamatan nyawa dan harta benda mereka.

Dalam sesuatu struktur konkrit, kualiti konkrit memainkan peranan yang sangat penting dalam menghasilkan struktur yang kuat serta kukuh. Diketahui peranan nisbah air simen amat penting untuk menguatkan sesuatu struktur. Nisbah air simen ini akan dipertimbangkan semasa peringkat rekabentuk demi memastikan tiada sebarang masalah yang akan berlaku semasa peringkat pembinaan.

Semasa peringkat pembinaan, perhatian akan diberi kepada nisbah air simen supaya ia adalah mengikut spesifikasi yang ditetapkan. Walau bagaimanapun, pengalaman yang lepas menunjukkan bahawa terdapat keadaan di mana sesuatu struktur bangunan tidak menunjukkan prestasi yang memuaskan semasa tempoh perkhidmatannya. Dengan itu, penilaian terhadap struktur dari segi kekuatan dan keuntuhan amat diperlukan agar tahap perkhidmatan struktur itu dapat ditentukan.

Dalam amalan biasa, jurutera menilai sesuatu sifat atau kelakuan bahan melalui ujian piawai pada spesimen yang tersedia. Walau bagaimanapun, ujikaji yang dijalankan

merupakan ujian musnah yang dijalankan di makmal. Tambahan pula, sifat-sifat bahan yang telah ditentukan melalui ujian musnah di makmal tidak dapat memberi gambaran tepat sama ada suatu campuran konkrit pada struktur sebenar telah disediakan, dimampatkan atau diawet dengan sempurna mengikut spesifikasi.

Manakala, kaedah ujian tanpa musnah yang sesuai dapat digunakan untuk mendapat maklumat pelbagai sifat konkrit pada struktur sebenar. Ujian tanpa musnah merupakan suatu kaedah untuk mengukur pelbagai sifat konkrit tanpa memusnahkan konkrit tersebut semasa proses mengukur. Walau bagaimanapun, kaedah-kaedah ini mestilah terlebih dahulu disukat dengan sempurna.

Tahap perkhidmatan sebenar sesuatu struktur akan diketahui selepas satu siri kerja penilaian yang terperinci dijalankan. Kerja pembaikpulih atau pemantauan terhadap struktur akan dijalankan sekiranya struktur itu tidak mencapai tahap perkhidmatan yang memuaskan.

1.2 Objektif Kajian

Objektif kajian ini ialah untuk:

- i. Memerhatikan kelakuan konkrit terhadap nisbah air simen dan kesan masa terhadap kekuatan konkrit.
- ii. Mendapatkan hubungan nisbah air simen dan pencapaian kekuatan simen.
- iii. Mendapatkan hubungan antara ujian tanpa musnah konkrit serta kaitanya dengan kekuatan mampatan konkrit sebenar.

1.3 Skop Kajian

Projek ini menumpukan pengaruh nisbah air simen terhadap ketumpatan konkrit dengan ujian tanpa musnah. Tujuan ini boleh dicapai dengan membandingkan kekuatan mampatan piawai dengan ujian-ujian tanpa musnah konkrit. Di samping itu skop kerja juga memberikan penekanan kepada penghasilan konkrit berkualiti dan kaedah menjalankan ujian tanpa musnah konkrit untuk menghasilkan keputusan yang diperlukan.

Dalam kajian ini, ujian-ujian tanpa musnah (*Non Destructive Test*) yang dijalankan iaitu ujian denyutan ultrasonik (*Ultrasonic Pulse Velocity*), dan ujian tukul menganjal (*Rebound Hammer*). Ujian musnah (*Destructive Test*) yang dijalankan adalah ujian mampatan yang dijalankan ke atas kiub.

Penumpuan juga ke atas bahan-bahan yang digunakan untuk pencampuran konkrit (agregat kasar, agregat halus dan simen) kerana ia boleh memberi kesan yang begitu ketara sekali dan proses mendapatkan serta mengawal kualiti konkrit yang baik dan tahan lasak. Justeru itu, ujian-ujian analisis ayakan dan ujian kelodak telah dijalankan untuk memastikan agregat yang digunakan bersesuaian.

Cara melakukan ujian-ujian yang disebutkan diuraikan dalam bab-bab yang seterusnya. Laporan ini menerangkan dengan jelas penyediaan sampel konkrit, ujian-ujian tanpa musnah konkrit dan ujian musnah konkrit. Penyediaan laporan ini mementingkan kepada penghasilan konkrit yang baik dan spesimen yang baik untuk memperolehi keputusan yang lebih memuaskan.

BAB 2

UJIAN TANPA MUSNAH KONKRIT

2.1 Pengenalan

Ujian tanpa musnah ini menawarkan kelebihannya yang tersendiri seperti kos, masa dan kurang kerosakkan jika dibandingkan dengan kaedah ujian yang memerlukan pengeluaran sample. Banyak parameter yang boleh diukur melalui ujian ini dan ia merangkumi ketumpatan, modulus kekenyalan, permukaan kering, permukaan serapan, kekuatan dan keadaan lembapan. Antara yang lain ialah lokasi tetulang, tebal penutup dan risiko pengaratan. Kualiti kerja dan kedalaman struktur juga boleh diukur dengan mengenapasti dan menentukan lokasi rongga, retakan dan sebagainya.

Antara kelebihan ujian tanpa musnah adalah seperti berikut:

- Untuk menentukan punca dan tahap kerosotan atau masalah yang dialami oleh struktur konkrit serta elemen-elemen struktur sebelum menjalankan kerja baik pulih.
- Untuk menaksirkan keutuhan struktur selepas berlakunya kerosakan yang disebabkan oleh kebakaran, letupan, kelesuan dan beban lebih.
- Memantau peningkatan kekuatan bagi tujuan penjadualan masa untuk penanggalan kotak bentuk, pengawetan, pra-tegasan dan pembebanan.
- Kawalan kualiti bagi 'precast unit' atau pembinaan di situ.
- Menyediakan maklumat sekiranya struktur sedia ada perlu diubahsuai.

- Menyediakan maklumat bagi menganggarkan nilai semasa struktur bagi tujuan jual-beli.
- Menilai potensi ketahananlasakan konkrit.
- Menilai perubahan jangka masa panjang konkrit.
- Menentukan darjah perubahan konkrit untuk ujian yang selanjutnya.
- Pengesahan mengenai keraguan mutu kerja dalam bancuhan, pembancuhan, penempat, pemadatan atau pengawetan.
- Lokasi dan menentukan darjah retakan, rongga, indung madu atau yang berkaitan dalam struktur.
- Menentukan kedudukan, kualiti dan keadaan tetulang.
- Meningkatkan tahap keyakinan mengenai konkrit untuk ujian yang selanjutnya.

2.2 Ujian Tukul Menganjal

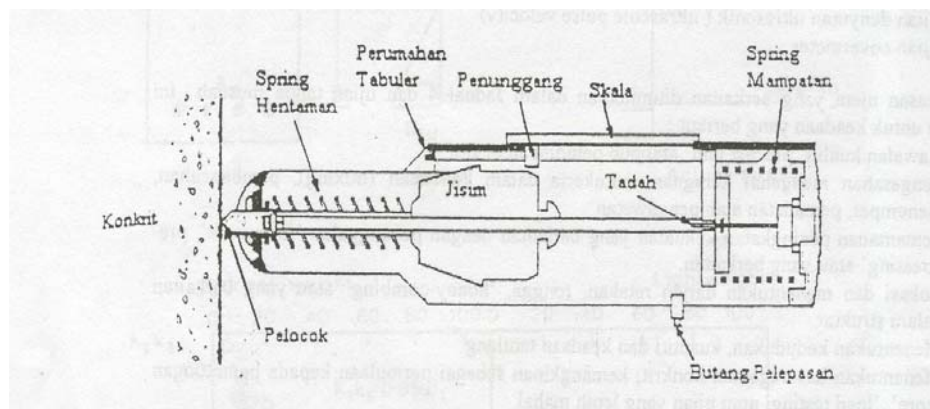
Kekerasan adalah antara faktor yang berkaitan dengan kualiti konkrit. Ujian berkaitan dengan kekerasan konkrit telah tercatat paling awal pada tahun 1930an lagi. Ujian dilakukan dengan menukul konkrit dengan pelancar ditetapkan dan dengan tenaga yang piawai. Kemudiannya tindak balas pukulan bebola disukat. Pada tahun 1940an, seorang jurutera *Switzerland* telah mengeluarkan satu ujian tukul menganjal yang praktikal dan ujian tukul menganjal moden seterusnya adalah berdasarkan kepada kaedah ujian ini.

Ujian ini juga dipanggil *rebound hammer*, *Schmidt hammer*, *impact hammer* atau *sclerometer* dalam bahasa Inggeris. Ia adalah salah satu ujian tanpa musnah konkrit dan

cuma mengenalkan kerosakan yang minor pada permukaan konkrit. Ujian ini berdasarkan kepada asas sifat keanjalan jisim elastik bergantung kepada kekerasan permukaan dimana jisim melanggar.

Tukul menganjal ini terdiri daripada kelongsong yang mengandungi system spring dan jisim serta pelocok dihadapannya. Bila pelocok ini ditekan terhadap permukaan konkrit, system spring dan jisim menghasilkan pantulan. Pada sisi alat ini terdapat satu skala yang merekodkan satu nombor dipanggil sebagai nombor pantulan. Nombor ialah peratusan pergerakan jisim berbanding pemanjangan awal spring. Ia ditunjukkan dalam skala oleh tadah di Rajah 2.1.

Tukul menganjal harus digunakan pada permukaan yang bersih dan licin. Permukaan yang kasar harus dilicinkan, simen mortar pada permukaan konkrit yang digunakan untuk melicinkan permukaan konkrit perlu dibuang sebelum ujian tukul menganjal boleh dijalankan. Konkrit yang jisimnya tidak begitu besar harus disokong dengan baik kerana kesan gerakan semasa ujian akan mengurangkan nombor rebound yang diperolehi. Nombor rebound yang diperolehi boleh kalibrasi kepada nilai kekuatan mampatan konkrit melalui graf yang diperolehi dari ujikaji.



Rajah 2.1 Keratan rentas alat tukul menganjal

Faktor-faktor mempengaruhi ujian tukul menganjal ialah:

- i. Kewujudan agregat yang kasar berdekatan dengan permukaan boleh meningkatkan nombor rebound yang diperolehi.
- ii. Arah pelocoh yang dikenakan dalam ujian tukul menganjal mempengaruhi nombor rebound kerana tindakan graviti bumi.
- iii. Kekerasan konkrit bergantung kepada jenis agregat, kandungan agregat dan pengkarbonatan.

Oleh kerana itu, ada yang mengatakan bahawa ujian tukul menganjal tidak sesuai digunakan sebagai alat menentukan kekuatan mampatan konkrit secara terus. Namun, tukul menganjal masih adalah sangat berguna juga untuk beberapa kegunaan berikut:

- Sebagai satu alat pengukuran keseragaman konkrit.
- Untuk memeriksa kualiti bahan dalam suatu struktur.
- Satu struktur konkrit boleh diuji dengan tukul menganjal untuk memastikan nombor rebound telah mencapai nilai yang sepadan dengan kekuatan rekabentuk supaya acuan konkrit boleh dibuka.
- Menyemak tahap proses penghidratan konkrit

ASTM standard C 805-79 mengatakan kegunaan tukul menganjal. Sementara itu, BS 1881 : Part 202 : A86 dan M.S. 26 : Part 3: 1992, section 2 menerangkan penggunaan tukul menganjal.



Rajah 2.2 Alat Tukul Menganjal

2.3 Ujian Denyutan Ultrasonik

Prinsip untuk ujian ini halaju bunyi dalam bahan pepejal V adalah fungsi punca kuasa dua nisbah modulus kekenyalan E , kepada ketumpatan, ρ .

$$V = \sqrt{E / \rho} \quad (2.1)$$

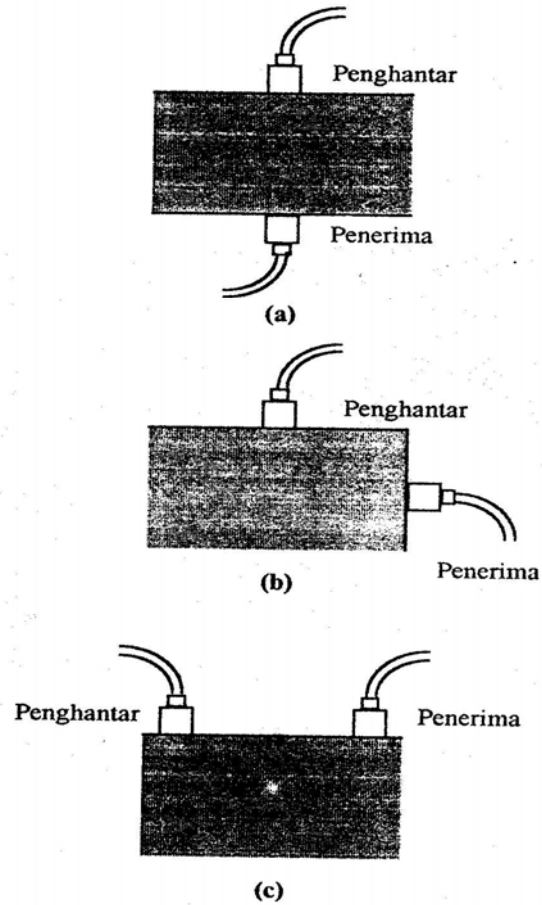
Di mana g adalah pecutan graviti. Hubungan ini boleh digunakan untuk menentukan modulus kekenyalan konkrit jika nisbah Poisson diketahui dan seterusnya ia berguna untuk menyemak kualiti konkrit.

Alat pundit menjanakan satu denyutan dalam frekuensi ultrasonik dan dihantar melalui satu elektro – akoustik transducer yang bersentuhan dengan permukaan konkrit ketika ujian dijalankan. Selepas melalui konkrit, getaran diterima dan ditukar kepada

isyarat elektrik dan elektro – akoustik tranducer yang kedua. Kemudiannya isyarat dihantar melalui amplifier kepada sinaran katod asiloskop. Masa yang diambil untuk denyutan memancar melalui konkrit disukat oleh satu unit merekod masa elektrik dengan ketepatan kepada ± 0.1 mikrosaat. Dengan mengetahui panjang laluan melalui konkrit, halaju denyutan boleh dikirakan.

Kegunaan utama ujian denyutan ultrasonik adalah kawalan kualiti dalam konkrit yang serupa. Sebarang kekurangan pemadatan dan perubahan nisbah air simen boleh dikesan. Ujian ini juga sesuai digunakan untuk mengesan keretakan dalam struktur seperti empangan dan mengesan kerosakan akibat tindakan fros dan kimia.

Walau bagaimanapun, ujian denyutan ultrasonik dianggap tidak sesuai digunakan sebagai alat umum yang memberikan kekuatan mampatan konkrit secara terus kerana jenis agregat dan kandungan dalam konkrit banyak mempengaruhi hubungan halaju denyutan dengan kekuatan mampatan. Selain itu, kandungan kelembapan, umur, kewujudan penguatan besi dan suhu juga mempengaruhi hubungan tersebut.



Rajah 2.3 Kaedah penghantar dan penerima denyutan (a) penghantaran langsung (b) penghantaran separa langsung (c) penghantaran tidak langsung.

Selain daripada penghantaran denyutan secara langsung, penghantaran separa langsung dan penghantaran tidak langsung boleh juga digunakan (Rajah 2.3). Penggunaan kaedah penghantaran alternative ini digunakan pada keadaan dimana penghantaran langsung tidak dapat digunakan. Akan tetapi adalah jelas bahawa ketepatan penghantaran alternative adalah kurang dengan penghantaran langsung.

Kelebihan ujian denyutan ultrasonik adalah seperti berikut:

- Menentukan keseragaman kualiti konkrit.
- Mengesan kehadiran rongga, indung madu dan retakan di dalam konkrit.
- Memantau pembentukan atau peningkatan kekuatan.
- Menganggar kekuatan di situ.
- Menganggar modulus kekenyalan dinamik.

Manakala faktor yang mempengaruhi ujian denyutan ultrasonik ialah:

- Keadaan lembapan (lembapan di dalam liang).
- Suhu.
- Panjang atau jarak laluan; minima 100mm untuk agregat < 20mm, minima 150mm untuk agregat > 20mm.
- Bentuk dan saiz sperimen atau anggota struktur.
- Kehadiran tetulang.

Teknik ujian denyutan ultrasonik diterangkan dalam ASTM C 597-83, BS 1881 : Part 203 : 1986 dan M.S 26 : Part 3 : 1992, Section 3 (Rajah 2.4).



Rajah 2.4 Alat denyutan ultrasonik

BAB 3

METODOLOGI

Program eksperimen ini direka untuk menyelidik ujian tanpa musnah konkrit. Ujian direka khas untuk memperolehi:

- i. Nilai pengukuran dengan ujian denyutan ultrasonik, dan ujian tukul menganjal bagi spesimen yang sama.
- ii. Nilai kekuatan mampatan bagi spesimen yang sama seperti di atas.
- iii. Nilai nisbah air simen terhadap ketumpatan konkrit.

3.1 Penyediaan spesimen

Sebelum ujian tanpa musnah konkrit dapat dijalankan, spesimen-spesimen yang sesuai perlu dihasilkan supaya penyelidikan mengenai beberapa ujian tanpa musnah konkrit boleh dilakukan. Faktor-faktor tersebut telah dipertimbangkan sebelum bentuk dan jenis spesimen ditentukan.

- i. Spesimen tersebut seharusnya boleh digunakan untuk kesemua ujian tanpa musnah konkrit. Adalah menjadi wajar juga spesimen tersebut boleh digunakan untuk memperolehi kekuatan mampatan konkrit setelah selesai menjalani kesemua ujian tanpa musnah konkrit. Ini adalah munasabah kerana ujian tanpa musnah konkrit tidak mecacatkan spesimen. Spesimen

perlu mempunyai permukaan yang rata dan licin untuk ujian tukul menganjal dan ujian denyutan ultrasonik.

- ii. Saiz dan jumlah spesimen yang dihasilkan dapat memberikan keputusan yang optimum agar pembaziran dapat dielakkan.

Akibat pertimbangan di atas sebanyak dua belas kiub saiz 150mm x 150mm x 150mm telah dihasilkan untuk setiap kali pencampuran konkrit. Enam kiub untuk ujian hari ketujuh (tiga kiub untuk dimampat dengan meja pengetar dan tiga kiub untuk cara manual) dan enam kiub untuk ujian ke dua puluh lapan (tiga kiub untuk dimampat dengan meja penggetar dan tiga kiub untuk cara manual); iaitu tiga kiub digunakan untuk ujian denyutan ultrasonik, ujian tukul menganjal serta ujian mampatan.

3.1.1 Agregat

Agregat merupakan bahan yang dimasukkan ke dalam simen untuk tujuan kekuatan dan pengurangan kos. Agregat yang dimaksudkan termasuklah agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar yang digunakan dalam projek adalah jenis Papan granit; batu granit bersaiz 10mm. Agregat halus yang digunakan adalah jenis pasir sungai. Sifat-sifat agregat yang perlu dipertimbangkan untuk menghasilkan konkrit yang berkualiti dan tahan lasak ialah:

i. *Kekuatan pecah agregat*

Kekuatan pecah agregat diwakili oleh nilai pecahan agregat. Nilai pecahan yang lebih kecil bermakna agregat tersebut mempunyai kekuatan yang lebih tinggi. Pembinaan-pembinaan yang terpaksa menanggung beban yang berat terpaksa menggunakan konkrit yang kuat yaitu menggunakan agregat yang kuat. Ujian nilai pecahan agregat harus dijalankan ke atas agregat sebelum bancuhan dengan simen dilakukan.

ii. *Nilai hentaman agregat*

Nilai hentaman agregat adalah nilai yang diukur untuk rintangan hentaman agregat. Nilai hentaman agregat yang lebih kecil bermakna agregat dapat menahan lebih rintangan hentaman. Ujian nilai pecahan agregat dan ujian nilai hentaman agregat dijalankan bersama untuk penentuan kekuatan agregat.

iii. *Bentuk dan tekstur agregat*

Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi kekuatan konkrit. Agregat batu hancur yang mempunyai permukaan kasar akan memberi kekuatan konkrit yang lebih tinggi berbanding dengan batu kelikir sungai yang mempunyai bentuk bulat dan permukaan licin untuk menghasilkan konkrit yang berkualiti dan tahanlasak, pemilihan agregat adalah penting. Agregat batu granit hancur digunakan dalam projek ini dan ia berkeupayaan menghasilkan konkrit yang kuat.

iv. *Sifat keliangan dan penyerapan air*

Sifat keliangan, kebolehterapan dan penyerapan agregat mempengaruhi ikatan di antara agregat dan simen. Kebanyakan daripada keliangan konkrit adalah disebabkan oleh keliangan agregat kerana agregat menduduki tiga perempat daripada isipadu konkrit. Empat keadaan kebasahan terdapat pada agregat iaitu *oven dry*, *air dry*, *saturated and surface dry* dan *wet*. Sifat penyerapan air bergantung kepada keadaan kebasahan. Agregat yang berkeadaan *oven dry* menyerap air dengan banyak dan cepat. Oleh itu, ia akan menyebabkan kualiti air yang dibekalkan untuk hidrasi simen tidak mencukupi. Jadi air yang diserap oleh agregat hendaklah diambilkiradan mempengaruhi kebolehterapan, kekuatan dan kualiti konkrit. Dalam projek ini, kesemua agregat dikeringkan dalam bilik sebelum ia digunakan dalam pembancuhan konkrit.

v. *Bendasing dalam agregat*

Agregat-agregat yang digunakan dalam pembancuhan konkrit seharusnya bersih, keras dan tahan lasak. Bendasing organik akan mencacatkan hidrasi simen dan ikatan diantara simen dan agregat. Selain daripada itu, agregat yang mengandungi mineral silika akan bertindak balas dengan alkali dalam simen dan menyebabkan penguraian konkrit. Kewujudan mineral klorida dalam agregat akan menyebabkan karat dalam tetulang keluli. Kuantiti sulfat yang terlampau pula akan menyebabkan penguraian konkrit. Bahan-bahan pencemar yang lain seperti tanah liat dan partikal kelodak juga akan mempengaruhi ikatan agregat dengan simen. Partikal yang lemah berkeupayaan mempengaruhi kekuatan konkrit serta bentuk luarannya. Agregat harus

diperiksa dahulu untuk menghasilkan konkrit yang berkualiti. Bahan pencemar seperti bendasing organik harus disingkirkan dengan membasuh agregat dengan air dan kesan pencemarannya oleh diperiksa dengan ujian kelodak dan ujian Colorimetric.

vi. *Pengredan agregat*

Analisis ayakan dijalankan dengan membahagikan sample agregat kepada pecahan saiz zarah yang sama. Tujuan ialah untuk menentukan gred atau pengagihan saiz agregat. Satu sample agregat yang telah dikeringkan dikelaskan grednya dengan mengetarkannya dalam satu siri ayak dengan saiz yang paling besar di atas.

Oleh kerana projek lebih mementingkan kaitan antara ujian tanpa musnah konkrit, maka hanya ujian kelodak untuk agregat halus dan ujian analisis ayakan untuk agregat kasar dan halus dijalankan. Tujuan utama ujian-ujian ini ialah untuk memastikan bahan agregat yang digunakan sebagai agregat untuk bancuhan konkrit.

3.1.2 Simen

Simen yang digunakan mestilah berkualiti dan mematuhi beberapa syarat yang penting. Simen yang digunakan untuk projek ini adalah jenis tasik simen. Tasik simen merupakan simen Portland biasa. Untuk menghasilkan konkrit yang berkualiti sifat-sifat simen yang tertentu perlu dikaji. Walau bagaimanapun tidak ada sebarang ujian dilakukan

ke atas simen kerana simen yang digunakan telah dibekalkan. Sifat-sifat simen adalah seperti berikut:

i. Masa pengesetan

Pengesetan menerangkan perubahan bentuk konkrit daripada keadaan cecair kepada keadaan pepejal. Pengesetan disebabkan suhu dalam simen cair. Pengesetan awal berkaitan dengan peningkatan kekuatan dan pengesetan akhir berkaitan dengan suhu puncak. Mengikut BS 12: 1978, masa pengesetan awal minimum ialah 45 minit bagi simen Portland biasa. Masa pengesetan akhir pula, BS menetapkan masa maksimum sebagai 10 jam bagi Portland simen. Masa berikut cukup untuk menyediakan spesimen-spesimen ujian.

ii. Kekuatan

Kekuatan simen siperolehi daripada ujian mampatan (ujian kiub) dijalankan ke atas mortar dan konkrit. Kekuatan mampatan minima konkrit ditunjukkan dalam Jadual 3.1.

Jadual 3.1 Kekuatan mampatan minima konkrit

Umur (hari)	BS 12 : 1978 (Mortar)		BS 12 : 1978 (Konkrit)	
	N/mm ²		N/mm ²	
	OPC	RHPC	OPC	RHPC
3	23	29	13	18
7	-	-	-	-
28	41	46	29	33

OPC – Ordinary Portland Cement

RHPC – Rapid hardening Portland Cement

iii. *Kehalusan*

Kadar hidrasi bergantung kepada kehalusan simen. Simen dengan kehalusan yang tinggi diperlukan untuk pertumbuhan konkrit yang cepat. Untuk pemeriksaan, ujian kehalusan dijalankan untuk memastikan simen dikisar dengan sempurna dan mempunyai saiz partikel yang sekata. Jikalau saiz partikel simen tidak sekata dan tidak cukup halus, maka pengesetan simen akan menjadi lambat. Keadaan ini akan membawa kepada akibat yang buruk kerana lapisan air akan berbentuk di atas permukaan konkrit akibat simen mengendap. Kebaikan lain yang boleh diperolehi daripada kehalusan simen ialah semakin banyak permukaan agregat akan diselaputi oleh simen. Ujian kehalusan yang boleh dijalankan ialah *Air Permeability Method* (BS 4550 : Part 3 : 1978) dan cara *Wagner* (ASTM C 115-79b).

3.1.3 Air

Air merupakan salah satu komponen penting dalam konkrit segar. Air berfungsi dalam proses penghidratan supaya agregat dan simen dapat berikutan bersama dengan kuat. Air juga berperanan sebagai pelincir kepada agregat. Oleh itu, kualiti air adalah penting menghasilkan konkrit yang berkualiti.

Air yang mengandungi bendasing akan mengganggu pengesetan simen dan mengurangkan kekuatan simen. Air yang mengandungi bendasing juga menyebabkan pengarat pada tetulang keluli dan konkrit tetulang. Secara umumnya, air yang sesuai

diminum boleh digunakan untuk membancuh simen dan menghasilkan konkrit yang baik. Oleh kerana itu, untuk pembancuhan konkrit air paip digunakan.

3.1.4 Konkrit

Rekabentuk kekuatan mampatan kiub pada hari ke-28 ialah diantara 15 dengan 35 N/mm² dengan lima kali pembancuhan konkrit yang berlaian. Tujuan ini dicapai dengan mengubah nisbah air simen pada setiap kali pembancuhan konkrit. Nisbah air simen yang ditetapkan ialah 0.55, 0.60, 0.65, 0.70 dan 0.75. Sebanyak 15 kiub saiz 150³ mm³ disediakan setiap kali pembancuhan konkrit untuk ujian pada hari ke-7 dan ke-28. kadar pembahagian setiap kali pembancuhan konkrit adalah seperti dalam jadual 3.2:

Jadual 3.2 Pembancuhan konkrit

Simen	14.9 kg
Agregat 10mm	54.5 kg
Pasir	29.3 kg

Kualiti air yang digunakan setiap kali bancuhan konkrit adalah berlaian bergantung kepada nisbah air simen. Pembancuhan konkrit untuk nisbah air simen yang lebih rendah tidak dilakukan kerana keboleherjaan konkrit segar yang terlalu rendah menyukarkan kerja pepadatan konkrit.

3.1.5 Acuan Konkrit

Penyediaan acuan konkrit adalah tidak perlu kerana boleh menggunakan acuan besi yang piawai (saiz 150mm x 150mm x 150mm). Perkara yang perlu diberi perhatian tentang acuan ini ialah pemeriksaan sebarang kebocoran pada sambungan dua plot besi. Ini adalah penting kerana pengaliran keluar mortar air lubang meninggalkan konkrit yang mempunyai sifat yang berlainan dari sifat-sifat asal.

Selain daripada itu, sebelum penuangan konkrit minyak perlu disapu pada bahagian dalaman acuan untuk mengelak kejadian ikatan di antara acuan dengan konkrit.

3.1.6 Penguatan Tetulang Besi

Tidak ada penguatan tetulang besi kerana minat projek ini adalah kepada konkrit tulen tanpa tetulang besi sahaja. Maka kajian tidak menyentuh tentang faktor-faktor penguatan tetulang besi.

3.1.7 Nisbah Air Simen

Di dalam praktis kejuruteraan, kekuatan konkrit pada sesuatu masa dan diawet pada sesuatu keadaan suhu tertentu, dianggap bergantung kepada dua faktor sahaja iaitu air simen dan darjah pemadatan.

Apabila konkrit dipadatkan sepenuhnya, kekuatannya adalah berkadar songsang dengan nisbah air simen. Hubungan ini yang dikaitkan oleh Duff Abrams pada tahun 1919. Lebih dikenali sebagai Hukum Abrams (*Abrams' Law*). Kekuatan konkrit, f_c adalah diberikan oleh persamaan berikut:

$$F_c = k_1 / k_2 w/c \quad (3.1)$$

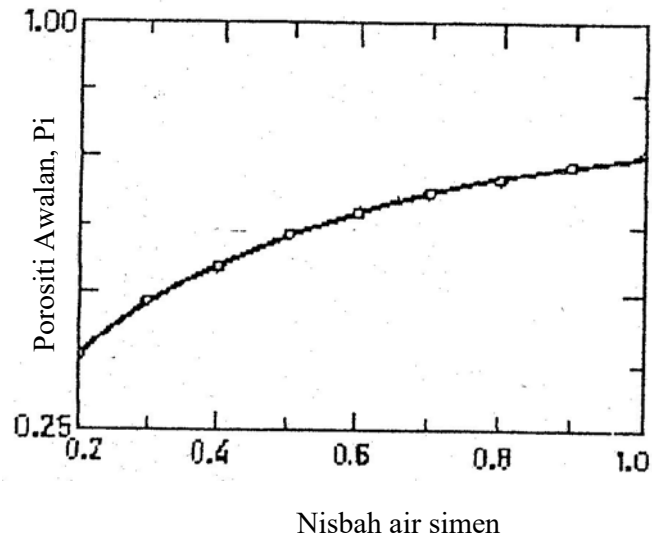
Dimana f_c = Kekuatan konkrit
 K_1, k_2 = Pempiric yang ditentukan secara eksperimen
 w/c = Nisbah air simen

Kesan nisbah air simen ke atas kekuatan ikatan adalah sama dengan kesannya ke atas kekuatan mampatan konkrit, iaitu nisbah air simen yang rendah akan meninggikan kekuatan mampatan perekat dan juga kekuatan ikatannya kepada agregat.

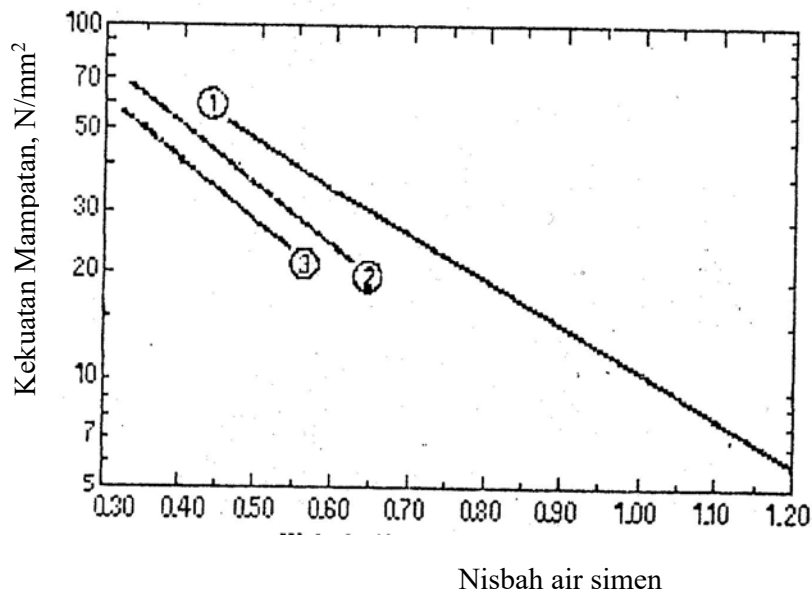
Nisbah air simen ini menentukan kebolehtelapan awal perekat iaitu jumlah relatif kandungan air di dalam perekat. Sekiranya kandungan air ini adalah berlebihan, ianya akan menyebabkan konkrit mempunyai kadar kebolehtelapan yang tinggi. Rajah 3.1 menunjukkan hubungan antara kebolehtelapan awal konkrit dengan nisbah air imen ini.

Kesan yang didapati apabila terdapat peningkatan kandungan air ini adalah pengurangan dalam kekuatan konkrit. Hubungan ini pula dapat dilihat dari Rajah 3.2 dan Rajah ini jelas memunjukkan peningkatan nisbah air simen, yang menyebabkan kebolehtelapan meningkat akan merendahkan kekuatan mampatan konkrit. Oleh itu, boleh dikumpulkan bahawa kebolehtelapan memutuskan kekuatan perekat simen dan

kebolehtelapan ini dipengaruhi oleh nisbah air simen dan darjah penghidratan. Oleh itu juga, untuk darjah penghidratan yang tetap, perbezaan dalam kekuatan adalah diputuskan melalui nisbah air simen sahaja.



Rajah 3.1 Hubungan kebolehtelapan awal dengan nisbah air simen (Soroka, 1979)



Rajah 3.2 Hubungan kekuatan mampatan konkrit dan nisbah air simen (Soroka, 1979)

3.2 Pembancuhan Konkrit

Sebelum pembancuhan konkrit dilakukan, kualiti penggunaan simen, agregat dan air ditimbang mengikut kadar penggunaan bahan-bahan konkrit seperti yang ditunjukkan di bahagian 3.1.4. Nisbah penggunaan bahan-bahan tersebut telah ditentukan untuk menghasilkan campuran konkrit yang seragam dan sekata.



Rajah 3.3 Mesin Bancuhan

Untuk menghasilkan bancuhan yang sekata, agregat kasar dituang ke dalam mesin bancuhan (Rajah 3.3) diikuti dengan agregat halus dan simen. Seterusnya tinggalan setong agregat kasar dituang ke dalam mesin bancuhan untuk memberikan pencampuran yang lebih menyeluruh. Justeru itu, mesin bancuhan dihidupkan dan bahan-bahan dibiarkan bercampur secara kering selama 2 minit. Kemudian air yang telah ditimbang dituang

dengan perlahan-lahan ke dalam campuran tadi dan konkrit dibiarkan bercampur selama 3 hingga 5 menit sebelum ia boleh digunakan untuk tujuan seterusnya.

3.3 Ujian Penurunan

Kekuatan konkrit banyak bergantung kepada kualiti basah yang disediakan. Salah satu aspek penting yang perlu diberikan perhatian ialah kebolehkeraan konkrit basah. Kebolehkeraan merupakan sukatan kerja dalaman yang diperlukan untuk menghasilkan pemadatan konkrit yang sepenuhnya. Konkrit seharusnya dapat mengalir ke dalam rangka bentuk tuangan dan menutup baki tetulang. Kekonsistensi harus dibekal dan agregat tidak boleh mengasing. Campuran dengan kebolehkeraan yang tinggi diperlukan untuk bahagian tuangan yang nipis dan kompleks strukturnya.

Kebolehkeraan bergantung kepada beberapa faktor:

- Kandungan air
- Jenis dan pengredan agregat
- Nisbah agregat : simen
- Kehadiran bahan tambahan
- Kehalusan simen

Untuk menyukat darjah kebolehkeraan, ujian penurunan boleh dijalankan untuk tujuan penyemak dan kawalan ke atas konkrit segar. Ujian penurunan digunakan di seluruh dunia. Ia adalah berguna untuk mengesan ketidakseragaman campuran. Kaedahnya adalah