

KESAN BERBAGAI BENTUK AGREGAT KASAR TERHADAP
KEKUATAN KONKRIT

Oleh

KAMARUL BADLISHAH BIN KAMARULZAMAN

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi
keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains

Januari 2003

PENGHARGAAN

Alhamdulillah syukur kehadiran Allah s.w.t kerana akhirnya dapat juga saya menyiapkan tesis kajian ini sebagai memenuhi keperluan Ijazah Sarjana Sains. Semasa menjalankan penyelidikan ini, saya banyak menerima bantuan daripada pelbagai pihak. Di sini saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan ribuan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Abu Bakar Mohamad Diah di atas kesudian beliau memberikan buah fikiran, tenaga, masa, pandangan, dorongan dan nasihat bagi menyiapkan projek penyelidikan ini. Terima kasih juga diucapkan kepada Prof. Madya Dr Khairun Azizi Azizli yang turut memberikan sumbangan dan bantuan bagi menjayakan kajian ini. Tanpa adanya bantuan dan dorongan daripada mereka sukar mendapatkan kesempurnaan dalam kerja-kerja penyelidikan ini.

Penghargaan dan terima kasih juga diucapkan kepada staf-staf akademik dan bukan akademik Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam diatas bantuan dan pertolongan mereka semasa saya menyiapkan kajian ini. Tidak lupa juga saya ingin merakamkan penghargaan kepada rakan-rakan terutamanya yang sama-sama melanjutkan pengajian peringkat ijazah tinggi yang telah membantu sama ada secara langsung atau tidak sepanjang kajian ini. Terima kasih di atas segala-galanya

Akhirnya saya ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada kedua ibu bapa dan adik-adik saya diatas dorongan dan sokongan mereka sepanjang pengajian Ijazah Sarjana Sains saya di USM. Sokongan mereka menguatkan azam saya untuk menghabiskan pengajian dengan baik dan sempurna.

ABSTRAK

Dalam era pembangunan yang pesat sudah pastinya memerlukan penggunaan konkrit yang berteknologi tinggi sebagai bahan asas pembinaan-pembinaan struktur. Oleh kerana agregat membentuk hampir 70% isipadu konkrit, maka sifat agregat turut memberikan kesan yang besar terhadap tingkah laku konkrit. Matlamat penyelidikan ini adalah untuk mengkaji kekuatan konkrit melalui kesan penggunaan agregat hancur yang diproses dengan menggunakan mesin penghancur Barmac bagi menghasilkan agregat yang berlainan bentuk seperti berkubik, bersegi tajam, tidak sekata, berkeping dan memanjang.

Agregat hancur yang digunakan di dalam kajian ini diproses dengan menggunakan halaju mesin yang berlainan sebagai agregat piawai, 2310 rpm, 2772 rpm, 3080 rpm, 3388 rpm, 3465 rpm, 3696 rpm, 3850 rpm, 4004 rpm, 4235 rpm, 4312 rpm dan 4620 rpm. Parameter-parameter bancuhan setiap sampel dikekalkan dengan nisbah air-simen sebanyak 0.64 setiap bancuhan tetapi perbezaan dilakukan pada kandungan agregat kasarnya yang mempunyai bentuk tertentu. Ujian kekerasan permukaan dan kekuatan mampatan konkrit dilakukan pada hari ke 1, 3, 7, 14, 28, 60, 90, 180 dan 365. Keputusan ujikaji menunjukkan agregat yang dihasilkan menggunakan halaju mesin (rpm) yang tinggi memberikan kekuatan konkrit yang lebih tinggi dan mencapai kekuatan tertinggi pada hari ke 365. Kekuatan konkrit yang baik dengan menggunakan agregat daripada halaju mesin penghancur yang tinggi mungkin disebabkan oleh bentuk agregat yang lebih bersegi dan berpermukaan kasar berbanding dengan agregat daripada halaju mesin yang rendah.

EFFECT VARIOUS SHAPED OF COARSE AGGREGATE ON STRENGTH OF CONCRETE

ABSTRACT

In the fact developing era the needed of highly technological concrete will be more critical as the basic element in building structure. Since, the aggregates occupies about 70% of the concrete volume it is appropriate to say that the aggregate properties have major impact on the concrete performance. The aim of this research is mainly to investigate the effects of using crushed aggregates products from the Barmac crusher machine which consist various kind of aggregate shapes such as cubical, angular, irregular, flaky and elongated.

The crushed aggregates used for producing concrete cube are products of different rotor speeds namely, standard (piawai), 2310 rpm, 2772 rpm, 3080 rpm, 3388 rpm, 3465 rpm, 3696 rpm, 3850 rpm, 4004 rpm, 4235 rpm, 4312 rpm and 4620 rpm. The mixture parameters of each concrete is maintained by considering 0.64 as water cement ratio but the difference is applied to the coase of aggregates contain which each of them has spesified shape. Surface hardness and compressive strength test was undertaken on the concrete and measured at 1, 7, 14, 28, 60, 90, 180 and 365 days. The results shown that the concrete made by using shaped aggregates produced at higher rotor speed (rpm) has a high compressive strength and higher strength achievements on the 365 day. The high compressive strength at higher rotor speed may be contributed by the shape of aggregates which are more angular and rough in texture compared to product at low rotor speeds.

KANDUNGAN

	Muka Surat
Penghargaan	ii
Abstrak	iii
Abstract	iv
Kandungan	v
Senarai Jadual	xi
Senarai Rajah	xiii
BAB 1 : PENGENALAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	4
1.3 Skop Kajian	5
1.4 Perancangan Kerja	7
BAB 2 : KAJIAN MAKLUMAT : KONKRIT	
2.1 Pengenalan	9
2.2 Kelebihan Penggunaan Konkrit	12
2.3 Komponen di Dalam Konkrit	15
2.3.1 Simen	16
2.3.2 Agregat Kasar	21
2.3.3 Agregat Halus	24
2.3.4 Air	25
2.4 Ciri-ciri Konkrit	27

2.4.1	Konkrit Segar	27
2.4.2	Konkrit Keras	29
2.5	Pengawetan Konkrit	30
2.6	Kekuatan Konkrit	34
2.6.1	Kekuatan Mampatan	39
2.6.2	Kekuatan Tegangan	41
2.6.3	Kekuatan Lenturan	42
2.7	Faktor Yang Mempengaruhi Kekuatan dan Ketahananlasakan Konkrit	43
2.7.1	Keboleherjaan	43
2.7.2	Umur Konkrit	44
2.7.3	Pengaruh Sifat Agregat	47
2.7.4	Pengaruh Sifat Simen	49
2.7.5	Pengaruh Kepekatan Karbon Dioksida	50
2.7.6	Suhu Persekitaran	50
2.7.7	Ketertelapan	52
2.7.8	Nisbah Air-Simen	53
2.7.9	Kualiti Permukaan Konkrit	55

BAB 3 : KAJIAN MAKLUMAT : AGREGAT

3.1	Pengenalan	57
3.2	Pengkelasan Agregat	61
3.2.1	Agregat Halus	63
3.2.2	Agregat Kasar	64
3.2.3	Agregat Asli dan Agregat Buatan	66

3.3	Sifat-sifat Mekanikal Agregat	69
3.3.1	Daya Ikatan	69
3.3.2	Kekuatan dan Ketahananlasakan Agregat	69
3.3.3	Kekukuhan Agregat	71
3.3.4	Kekerasan Agregat	71
3.4	Sifat-sifat Fizikal Agregat	72
3.4.1	Saiz Butir Agregat	72
3.4.2	Bentuk Butir Agregat	74
3.4.3	Tekstur Permukaan Agregat	78
3.4.4	Graviti Tentu	79
3.4.5	Ketumpatan Pukal	80
3.4.6	Keliangan dan Penyerapan Agregat	81
3.4.7	Kebulatan dan Kesferaan	83
3.4.8	Nombor Kesegian	83
3.4.9	Indeks Kekepingan	85
3.4.10	Indeks Pemanjangan	87
3.5	Granit Sebagai Agregat di Dalam Konkrit	88
3.6	Bahan Mudarat Dalam Agregat	91
3.7	Pengaruh Bentuk Agregat Terhadap Kebolehkerjaan Konkrit	92
3.8	Pengaruh Bentuk Agregat Terhadap Kekuatan Konkrit	94
BAB 4 : ATURCARA KERJA MAKMAL		
4.1	Pengenalan	97
4.2	Bahan Bancuhan	98
4.2.1	Simen	98

4.2.2	Agregat Kasar	99
4.2.3	Agregat Halus	102
4.2.4	Air	102
4.3	Pengawetan	102
4.4	Pengujian Bahan Campuran	103
4.5	Ujian-ujian Fizikal Agregat Halus	104
4.5.1	Kandungan Kelodak	104
4.5.2	Graviti Tentu dan Penyerapan	105
4.5.3	Analisis Ayakan	107
4.6	Ujian-ujian Fizikal Agregat Kasar	109
4.6.1	Analisis Ayakan	109
4.6.2	Graviti Tentu dan Penyerapan	110
4.6.3	Ketumpatan Pukal	112
4.6.4	Ujian Nilai Hentaman Agregat Kasar (AIV)	113
4.6.5	Ujian Nilai Pecahan Agregat Kasar (ACV)	114
4.6.6	Ujian Indek Kekepingan Dan Pemanjangan	116
4.7	Reka Bentuk Campuran Konkrit	120
4.8	Kaedah-kaedah Pembancuhan Konkrit	123
4.9	Ujian-ujian Konkrit Segar	126
4.9.1	Ujian Penurunan	126
4.9.2	Ujian Faktor Pempadatan	129
4.10	Ujian-ujian Konkrit Keras	130
4.10.1	Ujian Tukul Menganjal	130
4.10.2	Ujian Mampatan Kiub Konkrit	133

BAB 5 : KEPUTUSAN SERTA PERBINCANGAN	
UJIAN FIZIKAL DAN MEKANIKAL	137
AGREGAT	137
5.1 Pengenalan	137
5.2 Analisis Fizikal Agregat	138
5.2.1 Ujian Kelodak	140
5.2.2 Graviti Tentu dan Penyerapan	154
5.2.3 Analisis Ayakan	154
5.3 Ujian-ujian Mekanikal Agregat	155
5.3.1 Ujian Nilai Hentaman Agregat	157
5.3.2 Ujian Nilai Pecahan Agregat	160
5.4 Ujian Indeks Kekepingan	
5.5 Ujian Indeks Pemanjangan	
BAB 6 : KEPUTUSAN KEKERASAN PERMUKAAN DAN	163
KEKUATAN KONKRIT	163
6.1 Pengenalan	164
6.2 Ujian Penurunan dan Pempadatan Konkrit	164
6.3 Ujian Tukul Menganjal	173
6.3.1 Pengawetan Air	182
6.3.2 Pengawetan Udara	182
6.4 Ujian Mampatan Konkrit	194
6.4.1 Pengawetan Air	
6.4.2 Pengawetan Udara	

BAB 7 : KESIMPULAN DAN CADANGAN

7.1 Pengenalan 207

7.2 Cadangan 209

RUJUKAN 211

SENARAI JADUAL

<u>Jadual</u>	<u>Tajuk</u>	<u>Muka Surat</u>
Jadual 1.1	Rumusan bancuhan konkrit	7
Jadual 2.1	Sebatian utama simen Portland biasa	17
Jadual 2.2	Pengaruh jenis simen terhadap kekuatan konkrit	21
Jadual 2.3	Kesan pelarutan sebatian tak organik dalam air	26
Jadual 2.4	Nilai kebolehtelapan konkrit	38
Jadual 2.5	Kesan umur keatas ketertelapan adunan konkrit	46
Jadual 2.6	Perbezaan komposisi permukaan konkrit dengan jisim konkrit	56
Jadual 3.1	Pengelasan agregat semula jadi menurut jenis batuan	67
Jadual 3.2	Bahan-bahan yang boleh didapati sebagai agregat tiruan untuk konkrit	68
Jadual 3.3	Purata nilai ujian bagi batuan British dalam pelbagai kumpulan	70
Jadual 3.4	Had gred untuk agregat kasar	73
Jadual 3.5	Had gred untuk agregat halus	74
Jadual 3.6	Pengelasan bentuk agregat kasar	77
Jadual 3.7	Tekstur permukaan agregat	78
Jadual 3.8	Graviti tentu ketara bagi pelbagai kumpulan batuan	79
Jadual 3.9	Keliangan beberapa batuan biasa	81
Jadual 3.10	Nilai lazim penyerapan bagi pelbagai agregat	82
Jadual 3.11	Purata kepentingan nisbi sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan konkrit	96
Jadual 4.1	Komposisi kimia dalam simen portland	98
Jadual 4.2	Agregat kasar yang digunakan dalam campuran konkrit	100
Jadual 4.3	Susunan bukaan saiz ayak dan lebar lubang tolok untuk ujian indek kekepingan	116
Jadual 4.4	Susunan bukaan saiz ayak dan lebar lubang tolok tebal untuk ujian indek pemanjangan	118
Jadual 4.5	Rekabentuk campuran konkrit	122
Jadual 4.6	Jadual komposisi bahan bagi 1 m ³ konkrit	123

Jadual 5.1	Keputusan ujian kelodak agregat halus	137
Jadual 5.2	Keputusan graviti tentu dan penyerapan air setiap sampel	139
Jadual 5.3	Keputusan analisis ayakan agregat halus	141
Jadual 5.4	Keputusan analisis ayakan agregat kasar piawai	142
Jadual 5.5	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 2310 rpm	143
Jadual 5.6	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 2772 rpm	144
Jadual 5.7	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 3080 rpm	145
Jadual 5.8	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 3388 rpm	146
Jadual 5.9	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 3465 rpm	147
Jadual 5.10	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 3696 rpm	148
Jadual 5.11	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 3850 rpm	149
Jadual 5.12	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 4004 rpm	150
Jadual 5.13	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 4235 rpm	151
Jadual 5.14	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 4312 rpm	152
Jadual 5.15	Keputusan analisis ayakan agregat kasar 4620 rpm	153
Jadual 5.16	Keputusan Nilai Hentaman Agregat	154
Jadual 5.17	Keputusan ujian nilai pecahan agregat	156
Jadual 5.18	Keputusan indek kekepingan	158
Jadual 5.19	Keputusan indek pemanjangan	161
Jadual 6.1	Penurunan dan pemadatan konkrit	164
Jadual 6.2	Keputusan Ujian Tukul Menganjal Pengawetan Air	165
Jadual 6.3	Keputusan Ujian Tukul Menganjal Pengawetan Udara	174
Jadual 6.4	Keputusan Ujian Tukul Menganjal Pengawetan Air	183
Jadual 6.5	Keputusan Ujian Mampatan Kiub Pengawetan Udara	195

SENARAI RAJAH

<u>Rajah</u>	<u>Tajuk</u>	<u>Muka Surat</u>
Rajah 1.1	Langkah-langkah kerja yang di lakukan	8
Rajah 2.1	Skema susunan jisim konkrit	12
Rajah 2.2	Peringkat-peringkat penghidratan simen Portland	18
Rajah 2.3	Perhubungan antara kekuatan konkrit pada umur yang berlainan dengan kehalusan simen	19
Rajah 2.4	Pengaruh tempoh dedahan kepada air ke atas pertumbuhan kekuatan konkrit.	33
Rajah 2.5	Kesan suhu pengawetan ke atas kekuatan mampatan adunan simen	34
Rajah 2.6	Hubungan nisbah air simen dengan pekali ketertelapan	36
Rajah 2.7	Agihan tegasan normal apabila diuji dengan mesin pemampat	40
Rajah 2.8	Hubungan antara nisbah kekuatan dengan nisbah ketumpatan	44
Rajah 2.9	Hubungan antara kekuatan mampatan dengan nisbah air-simen	54
Rajah 3.1	Pengaruh saiz agregat dan nisbah air-simen ke atas kekuatan konkrit	59
Rajah 3.2	Pengaruh saiz agregat dan minerologi ke atas kekuatan konkrit	60
Rajah 3.3	Kesan jenis agregat terhadap modulus elastik konkrit	60
Rajah 3.4	Jenis-jenis agregat	62
Rajah 3.5	Kesan saiz maksimum agregat ke atas kekuatan mampatan dengan kandungan simen yang berbeza selepas 28 hari	66
Rajah 3.6	Pengkelasan bentuk agregat kasar	75
Rajah 3.7	Perwakilan secara gambarajah bagi kandungan lembapan di dalam agregat	82
Rajah 3.8	Pengaruh kesegian agregat terhadap nisbah lompong	85
Rajah 3.9	Perhubungan antara nombor kesegian dan indeks kekepingan agregat	86

Rajah 3.10	Kategori bentuk agregat tiga dimensi yang disempadani oleh limit mutlak p dan q	88
Rajah 3.11	Hubungan antara nombor kesegian agregat dan faktor padatan konkrit diperbuat daripada agregat tersebut	94
Rajah 3.12	Hubungan antara Indeks Kekepingan agregat dan faktor padatan konkrit yang diperbuat daripada agregat tersebut	94
Rajah 4.1	Mesin Barmac RoR	99
Rajah 4.2	Agregat kasar berbagai bentuk yang digunakan	101
Rajah 4.3	Peralatan yang digunakan untuk ujian kelodak	105
Rajah 4.4	Peralatan ujian graviti tentu dan penyerapan	107
Rajah 4.5	Ayakan pasir menggunakan mesin pengayak	108
Rajah 4.6	Alatan pengasingan atau pembahagi agregat (kotak Riffle)	110
Rajah 4.7	Dimensi tolok tebal untuk penentuan indek kekepingan	117
Rajah 4.8	Tolok tebal untuk ujian indek kekepingan	118
Rajah 4.9	Dimensi Tolok Panjang untuk menentukan Indeks Pemanjangan	120
Rajah 4.10	Tolok panjang untuk penentuan ujian pemanjangan	120
Rajah 4.11	Campuran konkrit di dalam mesin pengaul	124
Rajah 4.12	Pemadatan konkrit di dalam acuan	125
Rajah 4.13	Kiub konkrit setelah dikeluarkan dari acuan	125
Rajah 4.14	Proses Campuran Konkrit	127
Rajah 4.15	Pengukuran nilai penurunan konkrit	128
Rajah 4.16	Radas acuan pemadatan konkrit	130
Rajah 4.17	Ujian tukul menganjal ke atas kiub konkrit	132
Rajah 4.18	Ujian mampatan konkrit	135
Rajah 4.19	Kiub konkrit yang telah mengalami kegagalan	135
Rajah 4.20	Sampel diletakkan di atas rak untuk pendedahan di dalam makmal	136
Rajah 5.1	Lengkungan penggredan agregat halus	141
Rajah 5.2	Lengkungan penggredan agregat kasar piawai	142
Rajah 5.3	Lengkungan penggredan agregat 2310 rpm	143
Rajah 5.4	Lengkungan penggredan agregat kasar 2772 rpm	144
Rajah 5.5	Lengkungan penggredan agregat kasar 3080 rpm	145

Rajah 5.6	Lengkungan penggredan agregat kasar 3388 rpm	146
Rajah 5.7	Lengkungan penggredan agregat kasar 3465 rpm	147
Rajah 5.8	Lengkungan penggredan agregat kasar 3696 rpm	148
Rajah 5.9	Lengkungan penggredan agregat kasar 3850 rpm	149
Rajah 5.10	Lengkungan penggredan agregat kasar 4004 rpm	150
Rajah 5.11	Lengkungan penggredan agregat kasar 4235 rpm	151
Rajah 5.12	Lengkungan penggredan agregat kasar 4312 rpm	152
Rajah 5.13	Lengkungan penggredan agregat kasar 4620 rpm	153
Rajah 5.14	Perbandingan nilai hentaman agregat terkilang	155
Rajah 5.15	Perbandingan nilai pecahan agregat terkilang	157
Rajah 5.16	Indek kekepingan agregat bersaiz 20 –14 mm	159
Rajah 5.17	Indek kekepingan agregat bersaiz 14 –10 mm	159
Rajah 5.18	Indek kekepingan agregat bersaiz 6.3 – 10 mm	160
Rajah 5.19	Indek pemanjangan sampel agregat	162
Rajah 6.1	Lengkungan kekerasan permukaan semua sampel	166
Rajah 6.2	Log masa kekerasan permukaan konkrit (Pengawetan air)	166
Rajah 6.3	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 2310 rpm (pengawetan air)	167
Rajah 6.4	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 2772 rpm (pengawetan air)	168
Rajah 6.5	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3080 rpm (pengawetan air)	168
Rajah 6.6	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3388 rpm (pengawetan air)	169
Rajah 6.7	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3465 rpm (pengawetan air)	170

Rajah 6.8	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3696 rpm (pengawetan air)	170
Rajah 6.9	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3850 rpm (pengawetan air)	171
Rajah 6.10	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 4004 rpm (pengawetan air)	171
Rajah 6.11	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 4235 rpm (pengawetan air)	172
Rajah 6.12	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 4312 rpm (pengawetan air)	172
Rajah 6.13	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 4620 rpm (pengawetan air)	173
Rajah 6.14	Perbandingan kekerasan permukaan sampel konkrit (pengawetan udara)	175
Rajah 6.15	Log masa kekerasan permukaan konkrit (pengawetan udara)	176
Rajah 6.16	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 2310 rpm (pengawetan udara)	176
Rajah 6.17	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 2772 rpm (pengawetan udara)	177
Rajah 6.18	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3080 rpm (pengawetan udara)	177

Rajah 6.19	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3388 rpm (pengawetan udara)	178
Rajah 6.20	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3465 rpm (pengawetan udara)	178
Rajah 6.21	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3696 rpm (pengawetan udara)	179
Rajah 6.22	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 3850 rpm (pengawetan udara)	179
Rajah 6.23	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 4004 rpm (pengawetan udara)	180
Rajah 6.24	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 4235 rpm (pengawetan udara)	180
Rajah 6.25	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 4312 rpm (pengawetan udara)	181
Rajah 6.26	Perbandingan kekerasan permukaan antara konkrit beragregat piawai dengan konkrit beragregat 4620 rpm (pengawetan udara)	181
Rajah 6.27	Kekuatan mampatan kiub konkrit pengawetan air	184
Rajah 6.28	Kekuatan mampatan kiub konkrit pengawetan air (log hari)	184
Rajah 6.29	Kekuatan mampatan konkrit pada hari pertama (pengawetan air)	185
Rajah 6.30	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-3 (pengawetan air)	186
Rajah 6.31	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-7 (pengawetan air)	187

Rajah 6.32	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-14 (pengawetan air)	188
Rajah 6.33	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-28 (pengawetan air)	189
Rajah 6.34	Perbandingan kekuatan mampatan pada hari pertama dan hari ke 28 (pengawetan air)	190
Rajah 6.35	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-60 (pengawetan air)	191
Rajah 6.36	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-90 (pengawetan air)	191
Rajah 6.37	Perbandingan kekuatan mampatan pada hari ke 60 dan hari ke 90 (pengawetan air)	192
Rajah 6.38	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-180 (pengawetan air)	193
Rajah 6.39	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-360 (pengawetan air)	193
Rajah 6.40	Perbandingan kekuatan mampatan pada hari ke 180 dan 365 (pengawetan air)	194
Rajah 6.41	Kekuatan mampatan kiub konkrit (Pengawetan udara)	196
Rajah 6.42	Log masa kekuatan mampatan konkrit (Pengawetan udara)	196
Rajah 6.43	Kekuatan mampatan konkrit pada hari pertama (Pengawetan udara)	197
Rajah 6.44	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-3 (Pengawetan udara)	199
Rajah 6.45	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-7 (Pengawetan udara)	199
Rajah 6.46	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-14 (Pengawetan udara)	200
Rajah 6.47	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-28 (Pengawetan udara)	201
Rajah 6.48	Perbandingan kekuatan mampatan pada hari pertama dan hari ke 28 (Pengawetan udara)	202

Rajah 6.49	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-60 (Pengawetan udara)	203
Rajah 6.50	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-90 (Pengawetan udara)	203
Rajah 6.51	Perbandingan kekuatan mampatan pada hari ke 60 dan hari ke 90 (Pengawetan udara)	204
Rajah 6.52	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-180 (Pengawetan udara)	205
Rajah 6.53	Kekuatan mampatan konkrit pada hari ke-360 (Pengawetan udara)	205
Rajah 6.54	Perbandingan kekuatan mampatan pada hari ke 180 dan 365 (Pengawetan udara)	206
Rajah 6.55	Hubungan diantara kekuatan mampatan konkrit pada hari ke 28 berbanding indeks pemanjangan	207
Rajah 6.56	Hubungan kekuatan mampatan konkrit pada hari ke 28 berbanding dengan indeks pemanjangan.	207
Rajah 6.57	Hubungan diantara kekuatan mampatan konkrit pada hari ke 28 berbanding indeks pemanjangan	209
Rajah 6.58	Hubungan kekuatan mampatan konkrit pada hari ke 28 berbanding dengan indeks pemanjangan	209

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Di dalam dunia industri sekarang, konkrit telah digunakan dengan meluas di dalam industri binaan dan kejuruteraan awam kerana kelebihan yang dapat diberikan atau disediakan oleh bahan tersebut [Nuruddin dan Diah, 1996]. Penggunaan konkrit secara global dilaporkan pada tahun 1997 berjumlah 5 billion tan setiap tahun [Penttala, 1997]. Ia dipercayai mula digunakan oleh orang-orang Arab di Mesir kira-kira 2000 tahun sebelum masehi. Bangunan konkrit paling tua dan diketahui masih wujud adalah Pantheon di Rom pada tahun 270 SM. Keupayaan bangunan ini bertahan selama lebih 2000 tahun menggambarkan konkrit merupakan bahan binaan yang tahan lasak [Pomeroy, 1990].

Penggunaan konkrit sebagai bahan binaan utama ini disebabkan sifat-sifatnya yang tahan lasak semasa perkhidmatan, murah, mudah dibentuk mengikut kehendak estetik, bahan campuran yang mudah didapati, pelindung utama kepada tetulang daripada berkarat dan juga dari segi kekuatan mampatannya [Ali et al, 2000]. Secara kasar ia mempunyai kos lebih efektif berbanding dengan bahan struktur lain dan akan memberikan tahap perkhidmatan yang baik dalam tempoh masa yang lama [Jackson dan dhir, 1988]. Ciri-ciri ini telah mendorong orang ramai memilih konkrit di dalam binaan mereka disamping faktor ekonomi dan kecantikan. Tidak hairanlah struktur konkrit yang dibina sejak zaman dahulu kala masih kekal sehingga ke hari ini.

Walau bagaimanapun penggunaannya yang meluas dalam pelbagai keadaan dan tempat tidak menyebabkannya terlepas dari masalah. Masalah keretakan, pecah, cacat permukaan dan kegagalan menanggung beban merupakan masalah yang biasa dialami oleh struktur konkrit. Dilaporkan bahawa kos untuk membaik pulih kerosakan konkrit di Amerika Syarikat sendiri mencapai antara satu hingga tiga trilion dolar dan dijangka meningkat pada masa akan datang [Skalny, 1987]. Oleh yang demikian kajian yang lebih mendalam diperlukan untuk memahami dan mengatasi masalah-masalah ini. Dengan adanya kajian lanjutan ini, tahap dan mutu konkrit diharapkan dapat dipertingkatkan disamping meningkatkan tahap keselamatan penggunaannya.

Konkrit yang mempunyai kekuatan serta ketahananlasakan yang tinggi tidak menjamin keselamatannya seandainya faktor-faktor keselamatan tidak diambil kira. Konkrit yang terdedah kepada persekitaran seperti perubahan iklim, serangan kimia dan faktor-faktor lain akan mudah berubah sifatnya. Perubahan sifat ini akan memberi kesan secara langsung terhadap kekuatan dan ketahananlasakannya.

Pada masa ini banyak kajian telah dilakukan untuk mengenalpasti ciri-ciri dan tingkah laku sebenar konkrit [Bentz et al, 1992]. Ini kerana, konkrit yang digunakan mempunyai sifat dan tingkat laku berbeza disebabkan pelbagai faktor. Faktor-faktor ini kebiasaannya akan menyebabkan perubahan yang drastik terhadap kekuatan dan ketahananlasakan konkrit. Keadaan ini seterusnya akan memberi masalah utama terhadap kestabilan dan keselamatan struktur konkrit. Di dalam keadaan sekarang, konkrit yang dihasilkan seharusnya mempunyai kualiti yang baik dari segi kekuatan, tahan lasak serta kebolehkerjaannya dan dalam masa yang sama mempunyai kos masa dan tenaga yang

lebih efektif. Ini penting kerana faktor-faktor ini akan menyebabkan konkrit tetap terus digunakan sebagai komponen utama dalam bidang binaan dan kejuruteraan awam.

Komponen utama konkrit yang hendak dilihat dalam kajian ini adalah untuk mengetahui kesan bentuk agregat terhadap kekuatan konkrit. Salah satu punca utama kerosakan konkrit ialah kegagalan dan ketidakmampuan sifat agregat yang digunakan dalam bancuhan untuk bertindak sebagai komponen yang kuat di dalam konkrit [Rusin, 1991]. Oleh kerana agregat memainkan peranan penting dalam menentukan ciri-ciri serta sifat-sifat sesuatu konkrit, maka pemahaman dan kajian yang lebih lanjut serta mendalam diperlukan. Sifat konkrit yang hendak dipantau adalah untuk mengetahui kesan fizikal agregat semasa konkrit segar dan perubahan kekuatan mampatannya untuk jangka masa panjang.

Bagi menghasilkan konkrit yang berkekuatan tinggi, partikel agregat yang digunakan sepatutnya mempunyai sifat-sifat yang baik serta bermutu tinggi dari segi kekuatan, ketahananlasakan, keupayaan saling kunci dengan partikel lain dan juga keupayaan penyerapan air semasa bancuhan. Antara sifat-sifat tersebut adalah bentuk partikel, sumbangan saiz partikel, sifat mekanikal partikel dan kemungkinan tindakbalas kimia antara agregat dengan bahan-bahan lain yang boleh memberi kesan kepada ikatan bancuhan. Kerrick dan Hooton [1992], menyatakan bahawa di antara sifat-sifat tersebut, bentuk agregat merupakan faktor terpenting mempengaruhi kualiti konkrit yang dihasilkan.

Dalam menghasilkan agregat hancur yang berkualiti dan terbaik, beberapa aspek penting perlulah diberi perhatian yang khusus. Aspek-aspek ini termasuklah mekanisma

penghancuran, saiz suapan, jenis suapan, kadar suapan dan jenis produk yang ingin dihasilkan. Menurut Abdullah [1999], mesin penghancur mestilah direkabentuk berpandukan kepada tugas penghancur itu sebagaimana yang perlu dilakukan oleh penghancur tersebut, dan perubahan akan berlaku apabila saiz suapan menjadi semakin kecil. Kajian oleh Abdullah [1999] juga mendapati terdapat beberapa faktor mempengaruhi bentuk produk yang dihasilkan seperti faktor semulajadi batuan, faktor mekanikal mesin serta beberapa faktor dalaman yang lain.

Penghancur Barmac jenis RoR VSI (Rock Vertical Shaft Impactor) yang digunakan ini didapati dapat menghasilkan bentuk agregat yang lebih kubik dengan mengawal halaju rotor penghancur tersebut. Dengan menggunakan prinsip penghancuran hentaman batu ke batu bertegangan tinggi, ia mampu menghasilkan produk yang lebih berbentuk kubik. Menurut Bartley [1988], prinsip penghancuran hentaman batu ke batu bertegangan tinggi, yang disebabkan geseran antara batu dan lapisan batuan dengan pemecutan yang tinggi seperti penghancur Barmac terbukti berupaya menghasilkan produk yang lebih berbentuk kubik.

1.2 Objektif Kajian

Kajian ini dijalankan sepenuhnya melalui penyelidikan dengan objektif-objektif berikut:

- i. Mendapatkan hubungan diantara kekuatan mampatan dengan bentuk agregat kasar, di mana kekuatan sampel yang mengandungi bentuk agregat yang berbeza dibandingkan.













- ii. Mengkaji dan menilai kesan sifat-sifat fizikal dan mekanikal agregat kasar terhadap kekuatan mampatan konkrit.
- iii. Mengenalpasti pengaruh bentuk agregat terhadap keboleherjaan bancuhan konkrit.
- iv. Mendapatkan bentuk dan sifat agregat yang paling baik digunakan bagi mendapatkan kekuatan yang terbaik.

1.3 Skop Kajian

Kajian ini merupakan satu kajian untuk mengkaji kesan pelbagai bentuk agregat ke atas kekuatan konkrit yang dihasilkan. Konkrit yang dihasilkan akan diuji kekuatan berdasarkan kepada penggunaan 12 jenis agregat yang berlainan bentuk. Kajian ini menggunakan agregat granit yang biasa digunakan di dalam industri pembinaan. Agregat yang digunakan adalah agregat bersaiz 20mm yang selalu digunakan sebagai bahan mentah dalam bancuhan konkrit di tapak bina. Memandangkan kesukaran untuk mengkategorikan bentuk-bentuk agregat yang dihasilkan, maka agregat-agregat yang dihasilkan itu dinamakan berdasarkan kepada halaju rotor mesin Barmac (rpm) yang digunakan. Oleh itu terhasillah agregat bersaiz piawai, 2310 rpm, 2772 rpm, 3080 rpm, 3388 rpm, 3465 rpm, 3696 rpm, 3850 rpm, 4004 rpm, 4235 rpm, 4312 rpm dan 4620 rpm. Agregat kasar gantian yang dikaji ini adalah merupakan agregat batu granit hancur terkilang yang dihasilkan oleh Makmal Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral, Kampus Kejuruteraan, Universiti Sains Malaysia. Agregat granit ini dipilih kerana ia merupakan bahan mentah yang telah biasa digunakan sejak dahulu di mana ia merupakan bahan yang mempunyai kualiti yang baik dan ekonomi walaupun digunakan dalam kuantiti yang banyak.

Untuk kajian ini nisbah air simen yang digunakan adalah 0.64. Kesemua bancuhan konkrit menggunakan agregat piawai dan agregat terubah bentuk berdasarkan kepada rekabentuk konkrit pada nisbah air simen 0.64. Nisbah air simen dikekalkan untuk semua bancuhan agar keputusan yang didapati dapat dibandingkan antara satu sama lain. Nisbah air simen ini dipilih kerana kebanyakan struktur binaan biasa di negara ini menggunakan nisbah air simen ini. Rumusan bancuhan-bancuhan yang telah dilakukan adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1.1 dibawah.

Jadual 1.1 Rumusan bancuhan konkrit

Bancuhan	Agregat Kasar	Agregat Halus	Nisbah Air-simen	Bentuk Agregat
1	Granit Piawai	Pasir	0.64	
2	Granit Hancur 2310 rpm	Pasir	0.64	
3	Granit Hancur 2772 rpm	Pasir	0.64	
4	Granit Hancur 3080 rpm	Pasir	0.64	
5	Granit Hancur 3388 rpm	Pasir	0.64	
6	Granit Hancur 3465 rpm	Pasir	0.64	
7	Granit Hancur 3696 rpm	Pasir	0.64	
8	Granit Hancur 3850 rpm	Pasir	0.64	
9	Granit Hancur 4004 rpm	Pasir	0.64	
10	Granit Hancur 4235 rpm	Pasir	0.64	
11	Granit Hancur 4312 rpm	Pasir	0.64	
12	Granit Hancur 4620 rpm	Pasir	0.64	

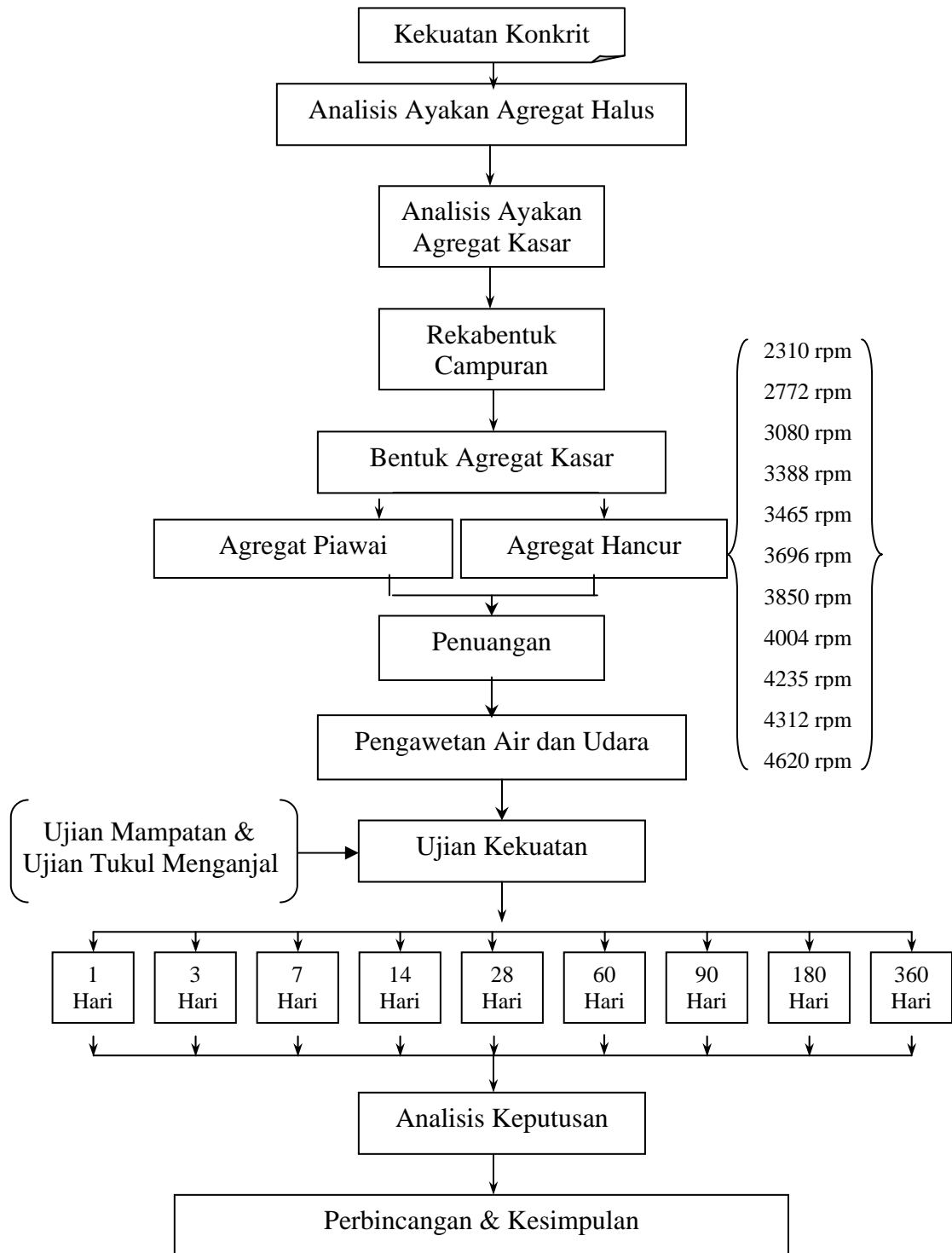
Dua kaedah pengawetan dilakukan iaitu pengawetan di dalam air dan pengawetan udara. Pengujian dan penganalisan keadaan-keadaan pengawetan yang berbeza ini adalah bertujuan untuk menentukan satu keadaan pengawetan yang paling sesuai dalam memberikan kekuatan konkrit yang terbaik antara dua regim pengawetan yang dilakukan dalam tempoh masa yang ditetapkan dengan menggunakan komposisi yang sama untuk pengawetan-pangawetan tersebut. Kiub-kiub bersaiz 100 x 100 mm telah digunakan untuk projek ini. Kiub-kiub ini telah digunakan untuk ujian kekuatan mampatan konkrit dan diuji pada hari ke 3, 7, 14, 28, 60, 90, 180 dan 365. Kekuatan mampatan yang merupakan parameter utama yang hendak dikaji, maka ujian yang digunakan untuk menilai kekuatan mampatan yang dicapai oleh sesuatu bancuhan konkrit ialah ujian mampatan kiub dan ujian tukul menganjal. Kedua-dua ujian dijalankan berdasarkan Piawaian British iaitu BS 1881 [1983].

Matlamat kajian ini adalah untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang bentuk agregat yang paling sesuai digunakan di dalam industri pembinaan khususnya berkaitan dengan kekuatan dan ketahanan lasakan konkrit agar ia sesuai digunakan di dalam berbagai keadaan. Tumpuan diberikan kepada parameter bentuk agregat kasar dan kesannya terhadap kekuatan dan kebolehkerjaan konkrit. Tiada bahan tambahan atau bahan ganti digunakan bagi mengekalkan hasil yang diperolehi sebagai konkrit berkekuatan biasa.

1.4 Perancangan Kerja

Rajah 1.1 di bawah menunjukkan perancangan kerja yang telah dilakukan sepanjang penyediaan kajian ini. Penumpuan diberikan kepada penyediaan spesimen

dan penghasilan konkrit yang berkualitas dan memenuhi piawai yang ditetapkan. Penelitian kerja yang dilakukan diharapkan dapat mengurangi ralat-ralat yang mungkin berlaku sepanjang ujikaji.



Rajah 1.1 Langkah-langkah kerja yang telah dilakukan

BAB 2

KAJIAN MAKLUMAT : KONKRIT

2.1 Pengenalan

Konkrit telah digunakan dalam hampir semua bidang pembinaan seperti pembinaan jalanraya, terusan, jambatan, empangan dan juga bangunan. Hampir kesemua bangunan yang telah dibina menggunakan konkrit, sama ada sebagai sebahagian atau keseluruhan bahan mentah dalam pembinaan tersebut [Pomeroy, 1990]. Apabila konkrit ditambah dengan besi sebagai tetulang, struktur yang lebih besar dapat dibina. Di dalam kerja-kerja konkrit ini, ia bermula dari mengenalpasti komponen struktur yang ingin dibina dan dituruti pula dengan pemilihan bahan binaan, kerja acuan, membancuh konkrit, penuangan, pemadatan, pengawetan, pembukaan acuan dan penjagaan konkrit.

Secara umumnya konkrit ialah bahan yang terhasil daripada bancuhan agregat kasar, pasir, simen dan air mengikut nisbah bancuhan tertentu. Di dalam bancuhan dan campuran konkrit, simen dan air merupakan bahan aktif manakala agregat merupakan bahan lengai. Sejak kebelakangan ini kandungan bancuhan konkrit juga terdiri daripada bahan lain seperti *ground granulated blastfurnace slag* (GGBS), abu terbang (PFA), abu sekam padi (RHA) dan wasap silika (MS). Institut Konkrit America mengklasifikasikan bahan-bahan ini sebagai bahan tambah Mineral [Neville, 1994]. Kajian mengenai penggunaan bahan gantian dan tambahan ini telah dijalankan oleh ramai penyelidik [Dhir, 1992 dan Diah, 1994]

Kekuatan konkrit yang akan dihasilkan bergantung kepada beberapa parameter seperti jenis bahan mentah yang digunakan, nisbah bancuhan dan sebagainya. Parameter seperti nisbah bancuhan ini mestilah mengikut rekabentuk yang ditentukan untuk mendapatkan kekuatan yang diperlukan bagi sesuatu struktur binaan. Ini disebabkan kekuatan mampatan konkrit bergantung rapat kepada beberapa parameter tersebut, yang antaranya boleh dikawal ketika konkrit dibancuh dan ada pula yang susah dikawal atau langsung tidak dapat dikawal. Konkrit dianggap kuat dan tahanlasak apabila ia mampu mengekalkan bentuknya yang asli, kualiti dan kebolehhidmatan apabila di dedahkan kepada persekitaran yang mencabar [ACI 201, 1991].

Walaupun ia mudah dikerjakan tetapi campuran bahan dan kaedah kerja yang betul dan menepati spesifikasi perlu dilakukan dengan betul dan sempurna. Ini kerana kesempurnaan itu akan menyebabkan konkrit dapat mengeras dalam masa yang ditetapkan dan berfungsi dengan baik dan selamat selama tempoh perkhidmatannya dalam jangka masa yang lama.

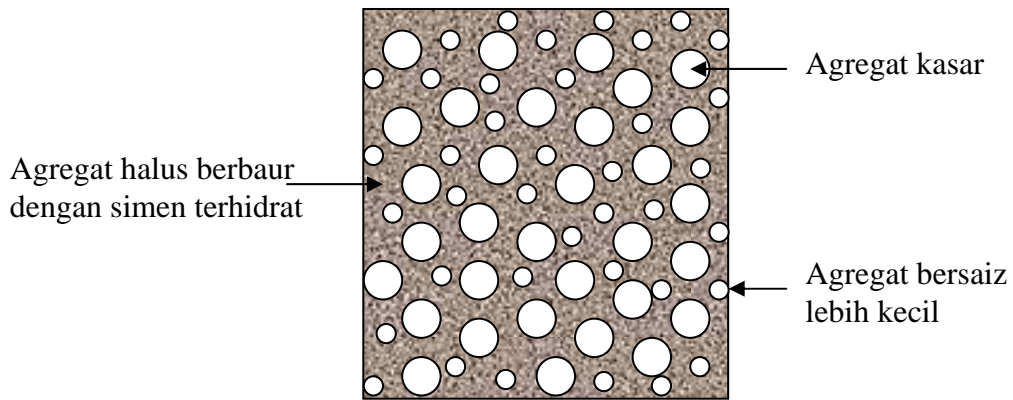
Secara umumnya, banyak pihak bersetuju bahawa kualiti dan ketahanan konkrit yang dihasilkan bergantung kepada beberapa faktor [Hearn et al, 1994]. Faktor-faktor ini perlu diberi perhatian agar konkrit yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Faktor-faktor tersebut adalah seperti berikut:

- Bahan yang digunakan
- Nisbah bancuhan
- Pengredan agregat

- Penggunaan bahan tambah atau bahan ganti
- Nisbah air-simen
- Kaedah bancuhan
- Kaedah mampatan
- Kaedah pengawetan
- Umur dan kematangan konkrit.

Faktor-faktor tersebut telah dipertimbangkan oleh jurutera-jurutera untuk menghasilkan konkrit yang tahan lama dan berkualiti. Pada ketika ini kod amalan kerja konkrit telah disediakan sebagai panduan bagi membina struktur konkrit yang baik. Kod amalan British telah digunakan di Malaysia sebagai panduan kerja pembinaan khususnya kerja-kerja beraitan dengan penggunaan konkrit sejak awal tahun 1950-an lagi [Mohd, 1992]. Pengetahuan berkaitan dengan elemen-elemen struktur dan hubungkait antara komponen-komponen dapat membantu jurutera dan mereka yang terlibat untuk mengawasi sifat-sifat bahan dan juga memahami faktor-faktor yang mempengaruhi sifat-sifat kejuruteraan konkrit [Pitchay, 2001].

Semasa bancuhan dilakukan, tindak balas kimia akan menghasilkan adunan simen yang kemudiannya akan bertindak sebagai pengikat agregat untuk membentuk satu jasad yang padat. Rajah 2.1 menunjukkan skema susunan binaan jisim konkrit. Rajah ini menunjukkan bahawa konkrit terdiri daripada fasa agregat keras yang disaluti fasa mortar yang kurang keras, sementara susunan mortar pula terdiri daripada fasa zarah-zarah pasir yang bertaburan di dalam matriks adunan simen.



Rajah 2.1 Skema susunan jisim konkrit

2.2 Kelebihan Penggunaan Konkrit

Penghasilan pembinaan daripada konkrit telah dimulakan sejak zaman dahulu lagi. Manakala kerja-kerja konkrit di Malaysia bukanlah sesuatu yang baru. Ini kerana konkrit telah digunakan di Malaysia sejak beratus tahun yang lalu [Diah et al, 2001]. Penggunaan konkrit terus mendominasi sektor pembinaan berbanding dengan bahan-bahan binaan lain [Ramachandran, 2000]. Walaupun konkrit tidak mempunyai sifat kenyal seperti yang terdapat pada keluli atau logam-logam lain, tetapi sifatnya yang keras dan mudah dikerjakan menyebabkan konkrit yang mempunyai ciri-ciri ubah bentuk yang tersendiri dapat diterima sebagai bahan binaan utama.

Penghasilan konkrit yang baik sudah semestinya akan menjamin pengguna dalam berbagai aspek sama ada daripada aspek fizikal atau teknikal yang merangkumi aspek-aspek ekonomi, keselamatan, sosial (kemanusiaan) dan sebagainya. Oleh yang demikian konkrit yang baik sentiasa diperlukan oleh semua pihak yang menggunakan konkrit sebagai sebahagian daripada kehidupan mereka. Menurut Basher et al [2000] pula, ketahananlasakan dan keselesaan penggunaan konkrit bertetulang bukan sahaja

sangat bergantung kepada aspek seperti rekabentuk campuran, parameter campuran tetapi juga aspek pengguna konkrit itu sendiri. Sekiranya pengguna dapat memberikan penjagaan yang sempurna maka konkrit yang dibina akan dapat memberikan perkhidmatan yang jauh lebih lama dan kuat.

Terdapat beberapa ciri dan kelebihan yang nyata serta jelas yang menjadikan konkrit sebagai bahan binaan kejuruteraan yang paling popular. Justeru itu faktor-faktor dan ciri-ciri ini menjadikan konkrit terus menjadi pilihan popular sebagai bahan binaan dalam kerja-kerja pembinaan struktur binaan.

- i. Konkrit mempunyai rintangan yang amat baik terhadap air. Sifat ini mula diperhatikan oleh kaum Roman yang telah membina saluran dan struktur penahan air konkrit antara yang terawal dalam sejarah manusia [Pomeroy, 1990]. Pada masa kini, kebanyakan empangan, paip dan tangki simpanan air serata dunia menggunakan bahan ini. Di Perancis pembinaan pementang daripada konkrit telah dimulakan sejak kurun kesembilan belas [Dewan Kosmik, 2001].
- ii. Elemen struktur konkrit dapat dibentuk dengan mudah kepada pelbagai saiz dan bentuk seperti yang dikehendaki [Diah et al, 2000]. Sifat ini diperolehi kerana bancuhan konkrit yang mempunyai konsistensi plastik membolehkan pengaliran bahan ini ke dalam acuan. Selepas konkrit memejal dan mencapai kekuatan yang mencukupi, acuan bolehlah dikeluarkan dan digunakan semula.
- iii. Konkrit merupakan bahan yang termurah dan paling senang diperolehi di kawasan pembinaan. Bahan-bahan mentah utama konkrit iaitu simen

Portland dan agregat, adalah murah secara relatif dan senang diperolehi di kebanyakan tempat.

- iv. Pilihan konkrit sebagai bahan pembinaan adalah sejajar dengan hasrat dunia untuk mengurangkan penggunaan tenaga dan bahan mentah. Pengeluaran konkrit memerlukan kurang input tenaga berbanding dengan bahan kejuruteraan yang lain. Tambahan pula, pelbagai bahan buangan industri boleh dikitar semula sebagai bahan penyimen atau agregat. Di kebanyakan negara Eropah dan negara membangun yang lain, penggunaan semula bahan buangan seperti kitaran semula industri pembinaan telah bermula sejak akhir perang dunia kedua [Buck, 1977].
- v. Dalam konkrit bertetulang, konkrit dan keluli membentuk kombinasi yang amat baik kerana koefisien pengembangan konkrit dan besi adalah hampir sama. Kehadiran konkrit bersama tetulang keluli menjadi pelengkap kepada struktur pembinaan bertetulang [Diah, 1997]. Pembinaan pelbagai struktur konkrit adalah mungkin dengan bertetulang keluli malah struktur tahan gempa bumi juga dapat dibina. Struktur konkrit mampu menanggung beban yang tinggi kerana ia mempunyai keupayaan tanggungan yang tinggi terutamanya tegasan mampatan [Diah et al, 2000].
- vi. Penggunaan konkrit seperti konkrit berudara akan memberikan rintangan haba yang agak baik. Kadar aliran haba yang rendah membolehkan ruang yang dibina daripada konkrit ini menjadi dinding yang dapat menyimpan haba dalam jangka masa yang panjang [Diah, 1997].

- vii. Konkrit juga dapat menghasilkan rintangan api yang baik dan juga dapat menghasilkan struktur kalis bunyi yang baik jika menggunakan bahan-bahan tertentu seperti penggunaan konkrit berudara [Diah, 1997].
- viii. Kekuatan konkrit bertambah dengan umurnya dan pembaikan konkrit yang kerap tidak diperlukan [Diah et al, 1998]. Faktor ini membolehkan pengguna menjimatkan kos penyelenggaraan struktur binaan yang digunakan.

2.3 Komponen di Dalam Konkrit

Secara dasarnya bahan-bahan yang terdapat di dalam sesuatu bancuhan konkrit ialah simen, agregat kasar, pasir dan air, dan kadangkala ditambah dengan bahan tambah untuk meningkatkan mutu atau ciri-ciri tertentu konkrit yang bakal dihasilkan [Mehta, 1986]. Komponen-komponen ini digaul membentuk satu komposisi campuran yang berjeleket dan mudah dikerjakan. Campuran ini menghasilkan bahan yang cirinya berlainan daripada ciri asal bahan-bahan tersebut. Dalam sebatian campuran ini agregat kasar berperanan sebagai struktur asas, sementara agregat halus yang bercampur simen terhidrat menempati ruang antara agregat kasar bagi bertindak sebagai bahan pelekat antara zarah mortar dengan agregat kasar. Agregat kasar di dalam bancuhan konkrit ini akan membentuk sebanyak 80 hingga 85% daripada kandungan berat konkrit atau kira-kira 60 hingga 75% daripada kandungan isipadu konkrit.

2.3.1 Simen

Simen merupakan bahan pengikat yang utama di dalam konkrit. Terdapat beberapa jenis simen yang terdapat di pasaran yang lazimnya digunakan di dalam kerja-kerja binaan dan kejuruteraan awam. Jenis-jenis itu adalah seperti berikut:

- i. Simen Portland biasa (OPC).
- ii. Simen Portland cepat mengeras (RHPC)
- iii. Simen Portland tahan sulfat (SRPC).
- iv. Simen Portland haba rendah (LHPC)

Di dalam kajian ini simen yang digunakan ialah simen Portland biasa (OPC). Menurut istilah yang diberikan oleh ASTM C150 [1989], simen Portland ditakrifkan sebagai simen hidraulik yang terhasil daripada batu hangus terhancur yang terdiri daripada kalsium silikat hidraulik dan mengandungi satu atau lebih bentuk kalsium silikat tambahan.

Bahan mentah utama yang digunakan dalam proses pengeluaran simen jenis ini ialah kapur, silika, alumina dan oksida besi. Pembakaran campuran batu kapur, pasir, alumina dan bijih besi pada suhu yang tinggi membentuk klinker (batu hangus). Batu hangus ini dicampur dengan gipsum dan dikisar menjadi zarah-zarah yang bersaiz kurang daripada 75 micrometer [Mehta, 1986]. Gipsum diperlukan untuk mengawal pengerasan awal simen kerana tindakbalas trikalsium silikat [Lea, 1970]. Sebatian-

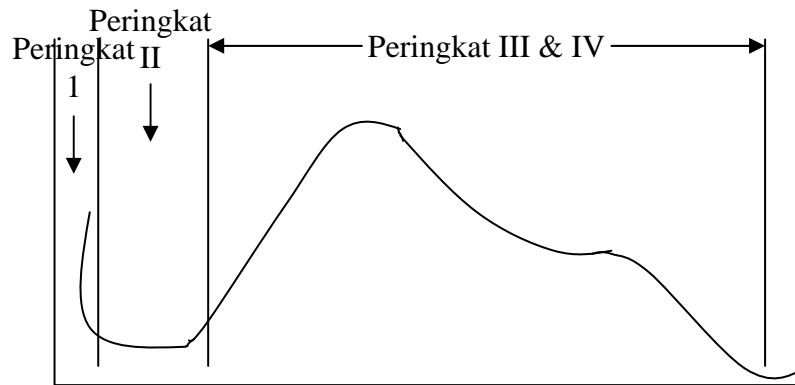
sebatian ini akan bertindak balas menghasilkan sebatian baru yang kompleks dan selain sedikit sisa kapur yang tidak bergabung kerana tidak dapat bertindak balas akibat kekurangan masa. Ini menjadikan simen daripada sudut kimia merupakan sebatian yang kompleks.

Empat sebatian baru yang kompleks dan dianggap sebagai jujuk utama simen adalah seperti dalam Jadual 2.1 [Neville, 1987].

Jadual 2.1 : Sebatian utama simen Portland biasa [Neville, 1987].

Nama Sebatian	Rencaman Oksida	Singkatan
Trikalsium silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Dikalsium silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Trikalsium aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Tetrakalsium aluminoforit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Apabila simen dihidrat atau bertindak balas dengan air, maka sebatian-sebatian tadi akan terhidrat atau mengambil molekul-molekul air bagi membentuk suatu struktur lain yang berbeza bentuk dan keteguhannya. Rajah 2.2 menunjukkan peringkat-peringkat proses penghidratan simen yang terdapat dalam plot kadar pembebasan haba penghidratan terhadap masa.



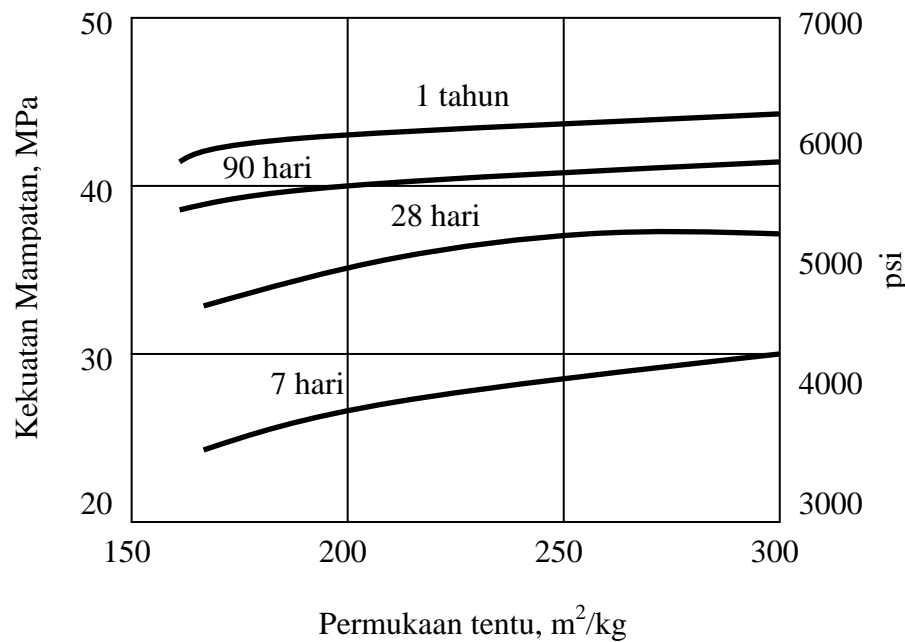
Rajah 2.2 Peringkat-peringkat penghidratan simen Portland [Yusuf, 1995].

Peringkat pertama berlaku dalam masa beberapa minit sahaja selepas percampuran simen dengan air. Pada peringkat ini haba yang dibebaskan adalah tinggi. Peringkat kedua berlaku peringkat pendam yang mengambil masa 8 hingga 12 jam. Pada peringkat ini dipercayai berlaku resapan air ke dalam zarah-zarah simen yang dibungkus oleh kalsium silikat terhidrat pada permulaan tindak balas penghidratan. Pada peringkat ketiga dan keempat berlaku penghidratan trikalsium silikat dan dikalsium silikat secara menyeluruh. Pada peringkat ini didapati pembebasan haba berlaku pada kadar yang besar. Peringkat akhir ialah peringkat terjadinya pengesetan dan pertumbuhan kekuatan pada keseluruhan bahagian simen.

Sifatnya yang menjeleket membolehkannya mengikat serpihan-serpihan galian menjadi satu paduan. Di dalam bancuhan konkrit, simen berperanan membentuk sebatian yang kuat melalui tindakbalas dengan air serta penghidratan simen. Sifat fizikal simen juga memainkan peranan yang penting dan memberi kesan kepada kekuatan mampatan konkrit. Komposisi bahan dalam simen memberikan sifat yang tertentu

kepada simen. Di dalam banyak kajian didapati bahawa kepekatan alkali berkadar terus dengan kandungan simen.

Disamping itu kehalusan simen memberi kesan terhadap proses penghidratan. Simen yang dikisar lebih halus akan memberi luas permukaan yang lebih luas untuk proses tindak balas. Dengan ini kadar hidratan di peringkat awal adalah tinggi dan seterusnya dapat mempercepatkan kadar pengerasan. Rajah 2.3 menunjukkan pengaruh kehalusan simen terhadap kekuatan mamapatan konkrit [Neville, 1995].



Rajah 2.3 Perhubungan antara kekuatan konkrit pada umur yang berlainan dengan kehalusan simen. [Neville, 1995].

Sifat fizikal simen juga memainkan peranan yang penting dan memberi kesan kepada ketahanan lasakan konkrit. Komposisi bahan di dalam simen memberikan sifat yang tertentu kepada simen. Kebolehtelapan adunan simen terhidrat ini dipengaruhi oleh kebolehtelapan liang rerambut yang terdapat di dalam adunan simen terhidrat. Menurut Mehta [1986] pula, liang rerambut yang melebihi 50 nanometer boleh

mempengaruhi kekuatan dan kebolehtelapan adunan simen. Sekiranya nisbah air simen tinggi, keliangan akan meningkat dan seterusnya menurunkan kekuatan konkrit [Taylor, 1990].

Proses resapan ini boleh dikurangkan dengan meningkat kandungan simen. Browne [1983] menyatakan bahawa di dalam kajiannya konkrit yang mempunyai 500 kg/m^3 mengambil masa 3 kali lebih lama untuk mengalami proses pengkarbonatan berbanding dengan bancuhan 200 kg/m^3 dalam keadaan yang sama. Di dalam laporan yang lain Aoki dan Suzukawa [1962] dan Watanabe et al [1958] mencadangkan supaya penggunaan sebanyak 320 kg/m^3 untuk mengurangkan kesan pengkarbonatan.

Sebatian asas simen seperti trikalsium silikat (C_3S) dan trikalsium aluminat (C_3A) berperanan mempengaruhi kekuatan mampatan konkrit. Kekuatan mampatan konkrit akan menjadi lebih tinggi apabila kadar trikalsium silikat tinggi kerana pertumbuhan tindakbalas trikalsium silikat berlaku lebih cepat berbanding dengan pertumbuhan dikalsium silikat (C_2S). Ini akan mengakibatkan berlaku rekahan pada struktur konkrit yang akan memendekkan jangka hayat struktur konkrit tersebut.

Seandainya kandungan trikalsium aluminat (C_3A) pula tinggi, pengesetan palsu yang akan melemahkan binaan konkrit akan berlaku. Ini disebabkan sebatian trikalsium aluminat (C_3A) akan bertindak balas dengan lebih cepat dengan air. Simen yang mengeset terlalu awal akan menyebabkan konkrit cepat mengeras sehingga menyukarkan proses pepadatan dan perletakan. Disamping itu ia akan mendedahkan struktur konkrit kepada serangan ion sulfat yang bertindak menghasilkan sebatian

komplek yang berisi padu lebih besar. Keadaan ini akan menghasilkan tindak balas yang akan merosakkan mikrostruktur konkrit. Jadual 2.2 menunjukkan pengaruh jenis simen ke atas kekuatan konkrit [Mehta, 1986].

Jadual 2.2 : Pengaruh Jenis Simen Terhadap Kekuatan Konkrit [Mehta, 1986].

Jenis Simen Portland		Kekuatan Mampatan (% kekuatan untuk konkrit Jenis simen Portland biasa)			
ASTM	Penerangan	1 hari	7 hari	28 hari	90 hari
I	Tujuan biasa atau am	100	100	100	100
II	Penghidratan suhu sederhana dan rintangan sulfat sederhana	75	85	90	100
III	Kekuatan awal tinggi	190	120	110	100
IV	Penghidratan suhu rendah	55	65	75	100
V	Rintangan sulfat	65	75	85	100

- *dimana
- I = Simen Portland biasa
 - II = Simen terubahsuai
 - III = Simen Portland cepat mengeras
 - IV = Simen Portland haba rendah
 - V = Simen portland tahan sulfat

2.3.2 Agregat kasar

Di dalam komponen struktur konkrit, agregat kasar memainkan peranan yang penting untuk memberi kekuatan dan ketahanan kepada struktur tersebut. Agregat kasar merupakan bahan yang mempunyai sifat-sifat fizikal tersendiri yang boleh

mempengaruhi konkrit apabila dibancuh dengan simen, pasir dan air. Agregat yang berasal daripada jenis batuan yang berlainan, yang biasanya mengandungi bahan dan tekstur permukaan berlainan, merupakan faktor utama yang menentukan kekuatan ikatan agregat – adunan. Kewujudan beberapa jenis galian yang tidak dikehendaki boleh memudahkan agregat atau konkrit menemui kegagalan.

Sifat agregat seperti jenis, saiz dan bentuk mempengaruhi kadar penusukan gas-gas dan cecair-cecair ke dalam konkrit. Bentuk dan tekstur permukaan agregat juga berperanan membantu meningkatkan kekuatan konkrit serta menambah ketahananlasakannya. Di dalam satu kajian oleh Jones [1952], mendapati penggunaan agregat hancur telah menyebabkan tahap kekuatan dan keboleherjaan konkrit menjadi rendah. Disamping menurunkan keboleherjaan, agregat hancur ini juga akan menghasilkan konkrit yang lebih kasar. Oleh itu, bancuhan agregat ini akan memerlukan kandungan simen yang lebih banyak. Hal ini akan mengakibatkan berlakunya pengecutan pengkarbonatan.

Pada umumnya kekuatan mampatan agregat kasar jauh lebih tinggi daripada kekuatan mampatan adunan mortar konkrit. Kekuatan mampatan agregat paling rendah yang pernah diukur ialah kira-kira 80 MPa dan nilai ini boleh mencapai sehingga 530 MPa (batuan jenis kuartza) [Kamarudin, 1995]. Oleh itu, kekuatan mampatan konkrit hanya ditentukan oleh kekuatan mampatan adunan dan ikatan antara agregat dengan adunan.

Sifat agregat kasar seperti jenis, saiz dan bentuk mempengaruhi sifat-sifat struktur konkrit yang dibina. Agregat kasar semulajadi mengandungi galian-galian tertentu yang berkemungkinan sama ada menolong dalam menguatkan ikatan atau melemahkan ikatan agregat – adunan. Ciri ini dikenali sebagai ciri petrologikal agregat. Apabila agregat kasar ini mengandungi galian-galian seperti silika, kalkidoni, opal, kristobalit, tridimit, riolit, andesit, kuarza atau filit, konkrit akan mengalami kesan tindak balas alkali agregat yang akan merosakkan ikatan agregat – adunan [Ludmila, 1983].

Ini berpunca dari tindak balas alkali agregat yang menghasilkan gel sebatian silikat yang saiz isi padunya lebih besar daripada saiz asal gel berkenaan. Penyerapan air oleh gel ini akan mengakibatkan berlakunya fenomena rekahan. Ini secara tidak langsung akan merendahkan kekuatan dan ketahanan lasakan konkrit.

Kekuatan konkrit juga akan dipengaruhi oleh tekstur permukaan seperti kelicinan permukaan dan kehadiran bahan asing seperti selut kering, tanah atau bahan organik yang melekat atau tercantum dengan agregat. Tekstur permukaan yang kasar akan menghasilkan ikatan agregat – adunan yang lebih kuat berbanding dengan tekstur yang licin. Oleh itu, ciri-ciri ini akan menolong menghasilkan konkrit yang mempunyai kekuatan dan kebolehkerjaan yang baik.

Freedman [1969] pula telah mendapati bahawa perbezaan pengecutan bagi agregat keras padat dengan matriks simen akan membentuk aliran resapan pada antara muka konkrit. Ini membuktikan bahawa penusukan tempatan hadapan pengkarbonatan

berlaku seperti dalam kebanyakan kajian. Kesan ini diandaikan terjadi kerana agregat mungkin kotor dan diselaputi oleh bendasing seperti tanah.

2.3.3 Agregat Halus

Pasir atau agregat halus terdiri daripada pasir atau batu-batu hancur yang mempunyai saiz maksimum tidak melebihi 5 mm [BS 882, 1983]. Di dalam campuran konkrit terdapat beberapa jenis agregat halus yang biasa digunakan. Antara yang paling popular digunakan ialah pasir sungai. Pasir sungai ini merupakan agregat halus yang paling sesuai digunakan kerana ia bersih daripada sebarang kekotoran kimia atau bahan-bahan lain yang boleh menjejaskan kualiti konkrit. Namun begitu terdapat juga pasir terkilang yang dikenali sebagai *m-sand* digunakan sebagai bahan gantian pasir sungai. Pasir terkilang ini yang telah digredkan biasanya mempunyai kualiti yang baik dan setanding dengan pasir sungai dan lebih ekonomi. Pada masa kini telah terdapat kajian yang dijalankan menyatakan bahawa pasir lombong juga sesuai digunakan sebagai bahan mentah dalam campuran konkrit [Ali et al, 2000]. Walaupun penggunaannya belum begitu meluas tetapi potensi untuk berkembang sudah mula dilihat [Diah et al, 2002].

Agregat halus seperti pasir sungai merupakan bahan semulajadi yang terdedah kepada peskitaran. Oleh yang demikian sekiranya ia digunakan di dalam bancuhan konkrit ia hendaklah bebas daripada kotoran dan bahan organik yang boleh menjejaskan kekuatan konkrit. Menurut Funso [1997], kehadiran kotoran dan bendasing seperti

bahan organik boleh memberi kesan ke atas kekuatan konkrit dan menjejaskan kebolekhidmatan struktur yang dibina.