

**KESAKESAN PENGGUNAAN GGBS TERHADAP KEKUATAN MAMPATAN,
KELIANGAN DAN KEBOLEHTELAPAN KONKRIT**

Oleh

MOHD ZAKRY BIN IBRAHIM
65331/01

Disertasi ini dikemukakan kepada
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
keperluan untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN
(KEJURUTERAAN AWAM)

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam
Universiti Sains Malaysia

April 2005

PENGHARGAAN

Syukur ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurnianya dapat saya menyiapkan projek tahun akhir sepenuhnya. Dengan ini saya ingin mengambil kesempatan disini untuk mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan saya kepada pihak-pihak tersebut yang telah banyak membantu didalam melaksanakan projek tahun akhir ini. Pihak-pihak tersebut adalah seperti berikut :

1. Penyelia : Dr. Megat Azmi Megat Johari
2. Juruteknik-juruteknik makmal konkrit.

Disamping itu, saya juga ingin melanjutkan jutaan penghargaan kepada mana-mana pihak yang membantu secara langsung atau tidak langsung didalam menyiapkan projek tahun akhir saya ini. Segala jasa yang telah diberikan saya dahulukan dengan ucapan terima kasih. Semoga laporan ini memberi manfaat kepada semua pihak.

Mohd Zakry Bin Ibrahim

65331/01

Kejuruteraan Awam 4

ABSTRAK

Kesan penggunaan Jermang Relau Bagas (GGBS) terhadap kekuatan mampatan, keliangan dan kebolehtelapan konkrit telah dikaji. GGBS digunakan dengan cara penggantian terus terhadap simen melalui kaedah jisim ke jisim pada tahap penggantian tertentu. Empat campuran konkrit pada tahap penggantian GGBS sebanyak 0%, 20%, 50% dan 70% disediakan. Nisbah air/pengikat yang malar untuk setiap campuran konkrit digunakan bagi mengasingkan kesan tahap penggantian GGBS. Keputusan kajian secara amnya menunjukkan kesan penggunaan GGBS mengurangkan kekuatan awal konkrit dengan lebih tinggi tahap penggantian lebih tinggi pengurangan berlaku. Sebaliknya, kekuatan jangka panjang konkrit meningkat dengan penambahan GGBS. Keputusan juga menunjukkan bahawa penambahan GGBS meningkatkan keliangan dan kebolehtelapan jangka pendek konkrit, tetapi mengurangkan keliangan dan kebolehtelapan jangka panjang konkrit. Oleh itu, kesan penggunaan GGBS berpotensi untuk meningkatkan kekuatan dan ketahananlasakan konkrit.

ABSTRACT

The influences of Ground Granulated Blastfurnaced Slag (GGBS) on compressive strength, porosity and permeability of concrete has been investigated. The GGBS was used partly replace the cement by direct replacement method on mass – for – mass basis. Four concrete mixes with GGBS replacement levels of 0%, 20%, 50% and 70% were prepared. A constant water/binder ratio was use for all concrete mixes so as to isolate the effect of GGBS replacement levels. The result generally show that the effect of GGBS is to reduce the early age strength of concrete with higher reduction at higher replacement levels. On the other hand, long term strength is enhanced with the addition of GGBS. The result also show that the inclusion of GGBS increase the early age porosity and permeability of concrete, but reduced the long term porosity and permeability. Hence, the use of GGBS could potentially enhance the strength and durability of concrete.

KANDUNGAN

	M/S
Perhargaan	i
Abstrak	ii
Abstract	iii
Isi kandungan	iv
Senarai Jadual-jadual	v
Senarai Rajah-rajah	vi
Senarai Gambarfoto	vii
1. Pengenalan	1
1.1 Latarbelakang kajian	1
1.2 Objektif Kajian	2
2. Sorotan Literatur	
2.1. Latarbelakang	3
2.2. Pengenalan Kepada GGBS	4
2.2.1 Proses Pembuatan Dan Sifat Fizikal	5
2.2.2 Komposisi Kimia	6
2.2.3 Tindakbalas Penyimenan GGBS	7
2.2.4 Bagaimana Penggunaan GGBS	8
2.2.5 Kelebihan GGBS	9
2.3. Kesan Penggunaan GGBS ke atas Sifat- Sifat Konkrit	10
2.3.1 Kebolehkerjaan	11
2.3.2 Kekuatan Mampatan	12
2.3.3 Kekuatan Lenturan	12
2.3.4 Masa Pengerasan	13
2.3.5 Kebolehtelapan dan Keliangan	14
2.3.6 Rintangan Terhadap Serangan Agen Aktif	15

3. Metodologi Kajian	
3.1. Objektif	16
3.2. Penyediaan Bahan	18
3.3. Peralatan	19
3.4. Ujian Konkrit Segar	20
3.5. Penyediaan Spesimen	22
3.6. Kaedah Penyediaan Sampel	21
3.7. Pengambilan Sampel	25
3.8. Pengujian Spesimen Kiub dan Sampel Teras	27
4. Keputusan Dan Perbincangan	31
4.1 Kekuatan Mampatan	31
4.2 Keliangan Dan Penyerapan Air	35
4.3 Kebolehtelapan	41
4.5 Masalah Yang Dihadapi Dan Langkah Mengatasinya	47
5. Kesimpulan	49
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Cadangan	53
Rujukan	54
Lampiran	56

SENARAI JADUAL

	M/S
Jadual 2.1 Perbezaan Komposisi Kimia antara GGBS dengan simen Portland	7
Jadual 2.2 Analisis Kimia Sifat Fizikal untuk Bahan Bersifat Penyimenan	8
Jadual 2.3 Kelebihan GGBS berbanding simen Portland	9
Jadual 4.1 Keputusan ujikaji bagi kekuatan mampatan konkrit	29
Jadual 4.2 Keputusan ujikaji bagi keliangan konkrit	31
Jadual 4.3 Keputusan Ujikaji bagi Kebolehtelapan konkrit	33

SENARAI RAJAH-RAJAH DAN GRAF

	M/S
Rajah 2.1 Menunjukkan Lokasi Pengorekan untuk mendapatkan teras di lakukan ke atas sampel konkrit (rasuk) dalam bentuk prisma untuk tujuan pengujian kebolehtelapan dan keliangan.	14
Rajah 3.1 Lokasi Pengambilan sampel teras dari rasuk	24
Graf 2.1 Peningkatan Kekuatan Konkrit Dengan GGBS (40%) Berbanding Konkrit Dengan Simen Portland.	12
Graf 2.2 Perbezaan masa pengerasan konkrit yang mengandungi beberapa tahap penggantian GGBS terhadap simen Portland	13
Graf 4.1 Kekuatan mampatan kiub, melawan umur konkrit berdasarkan peratusan penggantian GGBS	31
Graf 4.2 Kekuatan mampatan kiub, melawan umur konkrit berdasarkan peratusan penggantian GGBS	32

Graf 4.3	Keliangan Konkrit, melawan umur konkrit berdasarkan peratusan penggantian GGBS	36
Graf 4.4	Keliangan Konkrit, melawan umur konkrit berdasarkan peratusan penggantian GGBS	37
Graf 4.5	Kebolehtelapan konkrit, melawan umur konkrit berdasarkan peratusan penggantian GGBS	41
Graf 4.6	Kebolehtelapan konkrit, melawan umur konkrit berdasarkan peratusan penggantian GGBS	42

SENARAI GAMBARFOTO	M/S
---------------------------	------------

Gambarfoto 2.1	Keadaan Fizikal GGBS	5
Gambarfoto 3.1	Mesin Pencampur Konkrit	19
Gambarfoto 3.2	Sampel Kiub Konkrit	24
Gambarfoto 3.3	Sampel Rasuk Konkrit	24
Gambarfoto 3.4	Mesin Penggerudi Teras	26
Gambarfoto 3.5	Sampel Teras Konkrit	26
Gambarfoto 3.6	Mesin Ujian Kekuatan Mampatan	29
Gambarfoto 3.7	Alatan Untuk Ujian Kebolehtelapan	30
Gambarfoto 3.8	Alatan Untuk Ujian Keliangan dan Penyerapan Air	30

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latarbelakang

Peningkatan penyelidikan dalam teknologi pembinaan masa kini telah membawanya kepada inovasi baru dalam meningkatkan kualiti industri pembinaan di dunia amnya dan di Malaysia khususnya. Industri pembinaan memerlukan produk bahan bina yang mempunyai sifat – sifat yang boleh meningkatkan kekuatan struktur, mengurangkan kegagalan struktur, mesra alam dan ekonomi.

Oleh itu, penemuan produk sampingan dari industri besi membuka ruangan kepada penyelidik untuk mengkaji secara mendalam tentang kepentingan dan kegunaannya yang boleh membantu meningkatkan mutu industri pembinaan. Produk sampingan ini di beri nama GGBS (Ground Granulated Blastfurnaced Slag), yang mana mempunyai sifat yang hampir sama simen biasa.

Setelah di lihat dengan lebih teliti, iaitu menerusi kajian ini, didapati produk ini memberi lebih banyak kelebihan berbanding simen biasa. Terutamanya, dari segi kos pembelian GGBS yang jauh lebih murah berbanding dengan simen. Dari segi sifat konkrit yang terhasil daripadanya pula, rekabentuk campuran konkrit konvensional yang diganti sebahagian simen dengan GGBS menunjukkan peningkatan sifat konkrit yang dikaji iaitu kekuatan mampatan, keliangan dan kebolehtelapan gas ke dalam konkrit.

1.2 Objektif Kajian

Objektif ujikaji ini adalah untuk membuat perbandingan sifat – sifat yang dikaji antara konkrit yang mengandungi GGBS dengan konkrit konvensional yang biasa tanpa GGBS berdasarkan rekabentuk campuran yang sama. Ini bagi memastikan tiada gangguan terhadap sampel dan membolehkan analisa data dengan tepat. Oleh kerana tiada perubahan terhadap rekabentuk campuran. Hanya sifat GGBS sahaja yang menunjukkan kelebihan terhadap sifat - sifat konkrit yang telah ditambahkan dengan GGBS.

Berdasarkan sifat fizikal dan kimia GGBS yang mana mempunyai saiz partikel yang lebih kecil berbanding simen, mampu memberikan peningkatan kekuatan terhadap konkrit biasa. Ini kerana, saiz partikel yang kecil membolehkannya mengisi rongga – rongga kosong antara simen, agregat halus dan agregat kasar. Setelah melalui proses pepadatan yang ideal, pengawetan yang sempurna konkrit yang terhasil akan memberikan kekuatan yang tinggi, keliangan yang rendah dan kebolehtelapan yang rendah. Walaubagaimanapun, hasil yang baik ini hanya dapat di perolehi setelah konkrit matang iaitu tempoh 28 hari dari tarikh bancuhan.

Selain itu, ujikaji ini adalah bertujuan untuk mendapati kadar peratusan penggantian GGBS terhadap simen Portland yang ideal dalam rekabentuk campuran konkrit. Dalam ujikaji ini, tahap penggantian GGBS adalah pada tahap 0% (kawalan), 20%, 50% dan 70%. Setelah semua campuran dibuat dan setiap ujian sifat – sifat yang dikaji di jalankan. Keputusan dianalisa bagi melihat tahap penggantian yang mana paling

optimum di mana, memberikan nilai kekuatan mampatan paling tinggi dan nilai kebolehtelapan dan keliangan paling rendah di antara empat tahap penggantian tersebut.

Seterusnya kajian ini memberikan penegasan dan membuka mata pemaju projek pembinaan supaya melihat dengan lebih mendalam tentang kelebihan menggunakan GGBS dalam konkrit dalam projek pembinaan. Ini kerana, penggunaan GGBS dapat mengurangkan pembaziran sumber yang dilihat sebagai tidak berharga sebelum dan mengurangkan pematangan bukit batu kapur untuk menghasilkan simen. Di samping itu juga, di Malaysia terdapat kilang mengeluarkan besi dan secara sendirinya GGBS boleh dihasilkan di Malaysia untuk kegunaan sendiri atau dipasarkan ke luar negara.

Konkrit yang terhasil daripada GGBS menunjukkan sifat yang lebih cerah berbanding konvensional, lebih ringan dan mempunyai sifat ketahanan yang tinggi terhadap serangan agen aktif. Dengan ini, konkrit yang mengandungi GGBS sesuai untuk projek pembinaan yang berada dalam kawasan persekitaran yang terlampau. Kesemuanya kelebihan ini datang daripada sifat- sifat yang terdapat dalam GGBS itu sendiri.

BAB 2

SOROTAN LITERATUR

2.1 LATARBELAKANG

Penggunaan bahan tambah dalam rekabentuk campuran konkrit pada masa kini adalah berada pada tahap yang tinggi bagi negara maju, tetapi fenomena ini tidak begitu ketara di Malaysia. Penggantian bahan tambah tertentu dalam campuran konkrit konvensional dapat mempengaruhi sifat – sifat konkrit itu sendiri. Perubahan berlaku samada terhadap sifat fizikal mahupun mekanikal konkrit konvensional itu dan akan memberikan perubahan yang begitu signifikan terutamanya untuk jangka panjang umur konkrit tersebut. Dalam kajian ini, sifat – sifat konkrit yang bakal dipertimbangkan adalah kekuatan iaitu mampatan dan lenturan, kebolehtelapan, keliangan dan modulus elastik konkrit konvensional dan konkrit yang menggunakan bahan tambah pada tahap penggantian terhadap simen Portland yang berbeza – beza.

Kajian ini menggunakan *Jermang Relau Bagas* atau lebih biasa disebut GGBS. Simen Portland akan diganti dengan nilai penggantian pada tahap 20%, 50% dan 70% daripada GGBS. Seterusnya pengujian akan di buat untuk mendapatkan perbandingan tentang sifat- sifat yang bakal di kaji dan mendapatkan nilai penggantian optimum GGBS kepada simen Portland.

Apabila penggunaan GGBS di gabung dengan simen Portland dan simen biasa ianya memberikan kelebihan berikut kepada konkrit^[1,2]:

- Rintangan yang tinggi terhadap serangan sulfat

- Rintang tinggi terhadap serangan klorida
- Berisiko rendah untuk mengalami keretakan haba
- Memberikan warna cerah yang konsisten kepada konkrit

2.2 GROUND GRANULATED BLASTFURNACED SLAG (GGBS)

GGBS sebenarnya bukan produk baru dalam industri pembinaan. Ianya telah digunakan di banyak negara di seluruh dunia sejak tahun 1800. Walaubagaimanapun, penggunaannya di dalam industri pembinaan di Malaysia begitu tidak mendapat tempat di kalangan pemaju. JKR berusaha memperkenalkan bahan ini untuk industri pembinaan di Malaysia terutamanya untuk pembinaan projek yang terdedah kepada serangan agen aktif dan persekitaran yang terlampau.



Gambarfoto 2.1: Menunjukkan keadaan fizikal GGBS ^[1]

2.2.1 Proses Penghasilan dan Sifat Fizikal

GGBS dihasilkan dari proses pembuatan keluli dan ia adalah produk sampingan daripada industri keluli. Penghasilan keluli dalam relau bagas memberi ruang untuk penghasilannya, di mana bijih besi, batu kapur dan arang batu (*coke*) di panaskan bersama pada suhu 1500°C. Campuran lebur tadi akan diasingkan melalui kaedah ketumpatan, dengan bahan bukan logam yang di panggil slag terapung di atas besi yang lebih berat. Slag ini tidak begitu penting terhadap industri besi tetapi memberi manfaat begitu besar dalam industri simen. Sifat – sifat GGBS adalah dilihat dari segi warnanya iaitu berwarna putih keperangan yang begitu halus teksturnya dan mempunyai ketumpatan pukal 1.2 tan per m³ dan ketumpatan relatif sebanyak 2.9. GGBS juga merupakan produk sampingan dari industri besi tetapi mempunyai sifat pozzolanik dan sedikit simen penyimenan. Sifat ini juga menjadikannya berbeza dengan sifat simen Portland melalui tiga aspek^[2]:

- Ketumpatan Spesifik yang lebih rendah dari simen Portland iaitu antara 65% - 77% dari ketumpatan simen Portland.
- Saiz partikel yang lebih kecil berbanding saiz partikel simen Portland.
- Aktiviti pozzolanik iaitu bertindakbalas dengan Ca(OH)₂ untuk membentuk C-S-H yang akan memberi kesan terhadap sifat konkrit.

2.2.2 Komposisi Kimia

GGBS mempunyai unsur kimia yang hampir sama dengan simen Portland tetapi dalam pecahan peratusan yang berbeza seperti yang di tunjukkan dalam jadual berikut:

Jadual 2.1 : Perbezaan Komposisi Kimia antara GGBS dengan simen Portland^[1]

KOMPOSISI KIMIA SIMEN PORTLAND DAN GGBS

Chemical Constituents	PORTLAND	GGBS
CaO	65%	40%
SiO ₂	20%	35%
Al ₂ O ₃	5%	10%
MgO	2%	8%

Jadual di atas menunjukkan perbezaan antara kandungan komposisi kimia dalam simen Portland dan di dalam GGBS. GGBS mengandungi hampir kesemua komposisi kimia yang terdapat di dalam simen Portland. Disebabkan kandungan komposisi kimia yang hampir sama inilah menjadikan GGBS sebagai satu bahan yang mempunyai sifat penyimenan seperti simen Portland.

2.2.3 Tindakbalas Penyimenan GGBS

Apabila berlaku pencampuran dengan air, GGBS bertindak seperti simen Portland juga, tetapi kadar yang begitu perlahan. Ini jika GGBS hadir secara sendirian, tetapi apabila di campurkan dengan simen Portland, kadar tindakbalasnya menjadi cepat dengan kehadiran alkali sebagai pengaktif disebabkan pembebasan kalsium hidroksida apabila simen Portland bertindakbalas dengan air. Tindakbalas antara GGBS, simen Portland dan air adalah kompleks dan akan menghasilkan produk yang berbeza dari segi hidraulik, ini kerana kehadiran unsur kimia dalam peratusan yang berbeza dalam bahan yang bersifat penyimenan seperti GGBS ini dan simen Portland.

Jadual 2.2: Analisis Kimia Sifat Fizikal untuk Bahan Bersifat Penyimenan^[3]

Unsur Kimia	Simen Portland (%)	GGBS (%)
SiO ₂	21.8	35
Al ₂ O ₃	4.2	11
Fe ₂ O ₃	2.5	1
CaO	65.1	41
MgO	-	8
Na ₂ O	0.13	-
K ₂ O	0.72	-
SO ₃	2.4	0.1
S	-	0.9

2.2.4 Kelebihan GGBS

Kesan penggunaan GGBS di dalam konkrit dapat mempengaruhi sifat- sifat konkrit kerana GGBS mempunyai banyak kelebihan samada pada sifat fizikal, kimia dan juga dari segi ekonomi, alam sekitar serta proses penghasilannya. Jadual di bawah menunjukkan beberapa kelebihan GGBS:

Jadual 2.3 : Kelebihan GGBS berbanding simen Portland ^[4]

Nilai untuk Wang	Penambahan GGBS dalam campuran konkrit pada tahap tertentu dapat mengurangkan jumlah penggunaan simen, yang mana harga simen adalah lebih tinggi daripada harga GGBS di pasaran. Hasil dari penggunaan GGBS, kehendak teknikal untuk konkrit menjadi lebih rendah dan menjimatkan.
Konkrit Berkualiti Tinggi	Penambahan GGBS memberikan peningkatan terhadap keseragaman konkrit, kebolehkerjaan, kekuatan, rintangan terhadap sulfat dan klorida. Keliangan juga akan berkurangan kesan daripada saiz partikel GGBS yang kecil dan mampu mengisi ruang antara agregat.
Kemasan Konkrit Yang Baik	Kehadiran GGBS dalam konkrit menjadikan permukaan luar konkrit lebih licin, warna yang lebih cerah dan konkrit juga menjadi lebih ringan.
Fleksibel untuk Pengilangan	Penggunaan GGBS boleh dipelbagaikan untuk memenuhi kepelgiaian produk binaan. Masa pengerasan dan haba boleh dikawal untuk tujuan sesuatu projek.
Impak Kepada Alam Sekitar yang Rendah	Proses pengilangan GGBS tidak membebaskan gas Karbon dioksida dan mesra alam. Selain itu, menjadikan jangka hayat konkrit lebih panjang dan menggalakan kitar semula bahan terbuang menjadi bahan berguna.

2.3 Kesan Penggunaan GGBS Ke atas Sifat – Sifat Konkrit

Berdasarkan dari pembacaan dan perbincangan, kesan penggunaan GGBS terhadap sifat – sifat konkrit konvensional memang cukup signifikan. Walaubagaimanapun, pengaruh GGBS akan dapat di perhatikan dengan lebih jelas apabila konkrit mencapai umur matang iaitu selepas 28 hari. Ini kerana, proses penghidratan konkrit yang mempunyai GGBS adalah perlahan berbanding dengan konkrit yang tidak di masukkan bahan tambah seperti GGBS. Penghidratan awal konkrit GGBS bergantung kepada keadaan persekitaran iaitu suhu. Selain itu juga, nisbah pertukaran simen Portland dan GGBS turut mempengaruhi kesan GGBS ke atas sifat konkrit. Antara sifat konkrit yang diperhatikan begitu memberikan peningkatan ataupun perubahan setelah di masukkan GGBS ke dalam campuran konkrit itu adalah seperti berikut:

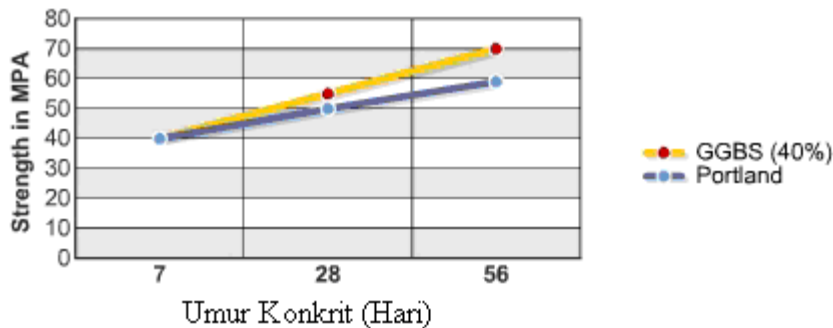
2.3.1 Kebolehkerjaan

Secara amnya, penambahan bahan bersifat pozzolanik dan penyimenan memberikan kesan pengurangan terhadap permintaan kandungan air dalam campuran konkrit tersebut. Ini akan meningkatkan kebolehkerjaan dan kebolehpindahan konkrit. Pengurangan kandungan yang biasa berlaku adalah dalam 3% bagi setiap penambahan 10% GGBS ke dalam campuran konkrit. Peningkatan kebolehkerjaan kemungkinan tidak dapat diukur, tetapi campuran ini begitu senang untuk dipadatkan dan tidak ada pengasingan berlaku^[1, 5, 6, 7].

2.3.2 Kekuatan Mampatan

Secara umum, konkrit yang kuat dan tahan lasak sepatutnya mempunyai jangka hayat yang panjang. Kekuatan sesuatu konkrit biasanya merujuk kepada kekuatan mampatan dan lenturan. Konkrit yang mempunyai GGBS sebagai bahan tambah, proses peningkatan kekuatan adalah perlahan pada umur awal konkrit iaitu antara 7 hari ke 28 hari. Namun begitu, kekuatan konkrit yang mempunyai GGBS adalah sama atau lebih tinggi apabila mencapai umur 28 hari dan begitu tinggi kekuatannya selepas daripada hari 28 berbanding dengan konkrit konvensional, iaitu menggunakan simen Portland biasa^[1,14,15]. Dalam satu kajian makmal, kekuatan hari ke 28 konkrit GGBS akan berganda selepas ianya mencapai umur 10 – 12 tahun. Kekuatan konkrit GGBS adalah berkait rapat dengan produk yang terhasil semasa proses penghidratan konkrit yang mengandungi GGBS, gam simen yang terhasil akan bertindak seperti gam dengan mengikat butiran agregat di dalam konkrit. Ini menjadikan konkrit begitu kuat. Faktor yang mempengaruhi kekuatan mampatan konkrit adalah seperti berikut^[5,6]:

- Kandungan bahan dalam konkrit dan kekuatan mortar
- Nisbah ketinggian kepada ketebalan spesimen
- Nisbah panjang kepada tebal spesimen
- Reka bentuk campuran konkrit yang tepat
- Ikatan antara agregat dan gam simen



Graf 2.1 : Peningkatan Kekuatan Konkrit Dengan GGBS (40%) Berbanding Konkrit Dengan Simen Portland.^[1]

Daripada graf di atas menunjukkan bahawa kekuatan konkrit adalah meningkat dengan pertambahan umur konkrit. Graf di atas juga menunjukkan pada umur awal konkrit, konkrit yang mengandungi GGBS sebanyak 40% mempunyai kekuatan yang hampir sama dengan konkrit biasa. Daripada kajian yang telah dilakukan peningkatan tahap penggantian GGBS terhadap simen dalam satu campuran konkrit menyebabkan pengurangan kekuatan konkrit untuk jangka pendek dengan semakin tinggi tahap penggantian GGBS terhadap simen. Sebaliknya, konkrit akan menjadi begitu kuat untuk jangka panjang^[7, 8, 13].

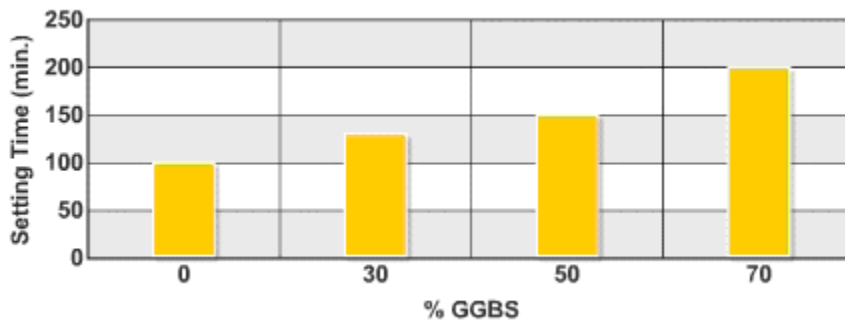
2.3.3 Kekuatan Lenturan

Kekuatan lenturan adalah kbolehkan konkrit merintangti tindakan daya yang dikenakan secara menegak ke atas sampel konkrit biasanya dalam bentuk prisma. Selepas 7 hari dan berikutnya kekuatan lenturan adalah boleh dikatakan sama atau lebih dari kekuatan konkrit menggunakan simen Portland^[1]. Ini disebabkan oleh kekuatan ikatan dalam zon perantara antara agregat dan gam simen serta sifat pengelompokan antara keduanya. Kaedah pengujian kekuatan lenturan konkrit boleh di rujuk daripada manual

dalam BS 1881 part 120 dan juga manual untuk amali pelajar kejuruteraan awam, Universiti Sains Malaysia.

2.3.4 Masa Pengerasan

Masa pengerasan sesuatu konkrit yang mengandungi GGBS akan bertambah lama dengan pertambahan penggunaan GGBS dalam campuran itu. Ini disebabkan oleh komposisi kimia dalam GGBS serta sifat fizikal GGBS. Kebaikan masa pengerasan yang tinggi adalah membolehkan pengerjaan ke atas konkrit dalam masa yang agak panjang, ini kerana masa yang agak lama untuk sesuatu konkrit itu mengalami penghidratan ataupun pengerasan. Selain itu, kerja – kerja konkrit boleh dilengahkan dah tidak perlu tergesa-gesa untuk menghabiskan kerja konkrit tersebut, ini dapat meningkatkan kualiti binaan. Bagi konkrit yang siap dibancuh, masa pengangkutan menjadi panjang dan kebaikan kepada pengusaha konkrit siap campur. ^[10]



Graf 2.2 : Perbezaan masa pengerasan konkrit yang mengandungi beberapa tahap penggantian GGBS terhadap simen Portland.^[1]

Graf di atas menunjukkan kesan penggunaan GGBS pada tahap penggantian yang berbeza ke atas masa pengerasan sesuatu campuran konkrit. Ini menunjukkan bahawa kesan penggunaan GGBS boleh meningkatkan darjah kebolehkeraan sesuatu campuran

konkrit dengan tahap penggantian GGBS terhadap simen tertentu^[6,7]. Semakin tinggi GGBS digantikan dengan semakin tinggi derajat kebolehtelapan campuran konkrit tersebut.

2.3.5 Kebolehtelapan dan Keliangan

Kehadiran GGBS dalam sesuatu konkrit memberikan tindakbalas yang berlainan dan memberikan produk hidraulik yang berbeza yang lebih tinggi daripada hasil yang diperolehi dari konkrit simen Portland^[5,9,11]. Dalam konkrit simen Portland biasa, terdapat liang terbuka yang membolehkan kemasukan gas ataupun cecair yang boleh mengganggu kekuatan konkrit terhadap kesan agen aktif^[3,11]. Liang ini akan di isi oleh hasil lain dari tindakbalas GGBS yang terdapat dalam konkrit. Sebagai hasilnya, konkrit yang mengandungi GGBS akan mempunyai sedikit liang yang besar dan ketumpatan jauh lebih rendah berbanding konkrit yang mengandungi simen Portland. Jika pengawetan dan pengerasan yang sempurna berlaku dalam konkrit yang mengandungi GGBS, kemungkinan konkrit tidak telap air terhasil^[5]. Pada usia awal konkrit yang mengandungi GGBS, keliangan dan kebolehtelapan konkrit begitu rendah dengan peningkatan tahap penggantian GGBS terhadap simen. Semakin tinggi tahap penggantian GGBS terhadap simen Portland semakin tinggi keliangan dan kebolehtelapan campuran konkrit tersebut pada jangka masa awal. Sebaliknya, untuk jangka masa panjang, konkrit yang mengandungi tahap yang tinggi penggantian GGBS terhadap simen mempunyai keliangan dan kebolehtelapan yang paling rendah. Ini di sebabkan oleh kesan tindakbalas antara simen dan air menghasilkan gipsium dan kemudian bertindakbalas dengan GGBS dalam medium berkalkali menghasilkan.

2.3.6 Rintangan Terhadap Serangan Agen Aktif (sulfat, klorida, asid lemah sebagainya).

Hasil daripada kebolehtelapan yang rendah, konkrit yang mengandungi GGBS adalah lebih tahan terhadap serangan agen aktif terutamanya sulfat, klorida dan asid lemah yang datang dari persekitaran^[3,4,5]. Kesukaran sesuatu agen serangan aktif untuk memasuki konkrit adalah bergantung kepada jumlah, saiz dan jenis liang yang terdapat pada konkrit berkenaan. Jika konkrit mempunyai liang yang banyak, konkrit tersebut merupakan konkrit yang mempunyai keliangan dan kebolehtelapan yang tinggi. Ini adalah konkrit yang lemah dan sangat senang terdedah kepada serangan agen aktif yang seterusnya melemahkan dan memusnahkan konkrit berkenaan. Jika keliangan dan kebolehtelapan yang tinggi dalam sesuatu konkrit, penusukan agen aktif berlaku dengan senang dan menyebabkan tindakbalas berlaku dalam konkrit. Ini menyebabkan isipadu konkrit meningkatkan kesan daripada penghasilan gipsum dan etringget. Kesannya, isipadu konkrit meningkat dari dalam dan memberi tekanan kepada konkrit seterusnya menyebabkan keretakan berlaku. Bagi binaan yang mengandungi tetulang, ion klorida akan bertindak memasuki konkrit dan menyerang tetulang iaitu melalui pengaratan dan kakisan. Ini akan menjejaskan kekuatan konkrit dan ketahanlasakan. Selain penggunaan simen yang dapat membendung serangan ini, kesan penggunaan GGBS juga dapat mengurangkan serangan agen ini.

BAB 3

METODOLOGI KAJIAN

3.1 Objektif Kajian

Pada dasarnya kajian ini adalah bertujuan untuk mengetahui kesan penggunaan GGBS pada pelbagai aras penggantian terhadap sifat – sifat konkrit. Penyelidikan akan tertumpu kepada perbandingan antara sifat – sifat konkrit yang telah dicampurkan dengan GGBS dengan konkrit kawalan, iaitu hanya menggunakan simen Portland biasa dan tanpa bahan tambah yang lain. Tahap penggantian GGBS terhadap simen dalam setiap bancuhan memberikan kesan terhadap sifat – sifat yang ingin dikaji seperti kekuatan mampatan, kebolehtelapan dan keliangan. Kajian ini akan menunjukkan perbezaan setiap sifat konkrit biasa apabila simen digantikan dengan GGBS secara berkadar iaitu sebanyak 0%, 20%, 50% dan 70% tahap penggantian dan juga dapat mengetahui tahap penggantian yang optimum yang mana dapat menghasilkan konkrit yang terbaik dan memenuhi semua ciri yang diperlukan dalam industri pembinaan masa kini. Dengan ini, konkrit yang lebih ekonomi tetapi memenuhi ciri yang dikehendaki dalam pembinaan terhasil.

Ringkasnya, kajian adalah untuk mendapatkan:

- Perbezaan antara kekuatan mampatan, keliangan dan kebolehtelapan antara konkrit yang mengandungi GGBS dengan konkrit biasa.
- Mendapatkan tahap peratusan penggantian GGBS terhadap simen Portland biasa yang paling optimum seperti yang dicadangkan iaitu 0%, 20%, 50% dan 70%.
- Membuka ruang kepada kajian seterusnya tentang kesan penggunaan GGBS ke atas sifat konkrit yang lain