



UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

**CIRI-CIRI KEJURUTERAAN DAN KETAHANLASAKAN
TERHADAP MORTAR SIMEN BERPOLIMER**

ADNAN BIN IDRIS

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

APRIL 2011

**CIRI-CIRI KEJURUTERAAN DAN KETAHANLASAKAN
TERHADAP MORTAR SIMEN BERPOLIMER**

oleh

ADNAN BIN IDRIS

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi Ijazah
Sarjana Sains

April 2011

PENGHARGAAN

Segala pujian ditujukan kepada Allah S.W.T. kerana dengan berkat limpah rahmatNya tesis ini menjadi satu kenyataan.

Jutaan terima kasih juga ditujukan kepada Dekan Pusat Pengajian Perumahan, Bangunan, dan Perancangan, iaitu Profesor Ir. Dr. Mahyuddin Ramli selaku penyelia utama dalam pengajian tersebut yang memberikan panduan dengan penuh dedikasi sepanjang penyelidikan tersebut dijalankan. Kerja keras beliau dalam kerja-kerja penyeliaan, nasihat serta tunjuk ajar dan semangat kepada penulis sesungguhnya amat bernilai.

Tidak lupa juga kepada semua kakitangan Pusat Pengajian Perumahan, Bangunan, dan Perancangan, pensyarah-pensyarah dan terutama sekali para pembantu dan juruteknik makmal pusat pengajian yang memberikan pertolongan yang ikhlas semasa penyelidikan.

Terima kasih juga ditujukan kepada Universiti Sains Malaysia yang membiayai penyelidikan ini dan juga pihak-pihak seperti Institut Pengajian Siswasah USM yang banyak menolong.

Akhir sekali, penulis dengan ikhlasnya menghargai sumbangan ahli-ahli keluarga yang memberikan sokongan moral yang kuat untuk menyiapkan pengajian tersebut.

ISI KANDUNGAN

PENGHARGAAN	I
SENARAI JADUAL.....	V
SENARAI RAJAH.....	VI
ABSTRAK.....	XIII
BAB SATU PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Isu-Isu Dan Masalah-Masalah Yang Terlibat	9
1.3 Objektif Kajian.....	10
1.4 Skop Kajian.....	11
1.5 Metodologi Kajian.....	11
1.6 Jangkaan Hasil	15
1.7 Batas Kajian	15
1.8 Susun Atur Tesis	15
BAB DUA KAJIAN LATAR BELAKANG	18
2.1 Pengenalan	18
2.2 Sejarah Pembangunan Konkrit Berpolimer.....	19
2.3 Ciri-ciri kejuruteraan.....	21
2.4 Ciri-Ciri Ketahananlasakan	24
2.5 komposisi campuran.....	35
2.6 Jenis lateks polimer	37
2.7 Prinsip Pengubahsuaian Polimer.....	39
2.8 Ciri-ciri pegubahsuaian polimer	43
BAB TIGA METODOLOGI PENYELIDIKAN.....	45
3.1 Pengenalan	45
3.2 Peringkat Permulaan	46
3.3 Peringkat Percubaan Bancuhan	46
3.4 Peringkat Penyediaan Sampel.....	47
3.5 Peringkat Pengumpulan Dan Pemprosesan.....	47
3.5.1 Ujian penurunan	48

3.5.2	Ujian Ketumpatan Konkrit	49
3.5.3	Ujian Kekuatan Mampat	50
3.5.4	Ujian Kekuatan Lentur	52
3.5.5	Ujian Halaju Denyut Ultrasonik	53
3.5.6	Ujian Modulus Kekenyalan	56
3.5.7	Ujian Pengembangan dan Pengecutan	56
3.5.8	Ujian Ketelapan	57
3.5.9	Ujian Kedalaman Pengkarbonatan.....	62
3.6	Peringkat Akhiran.....	64
BAB EMPAT REKABENTUK CAMPURAN DAN CIRI-CIRI BAHAN DALAM UJIAN		65
4.1	Pengenalan Rekabentuk Campuran	65
4.2	Ciri-ciri Bahan-bahan Bancuhan	67
4.2.1	Pasir Sungai.....	67
4.2.2	Bahan-bahan Polimer	70
4.2.3	Superpemplastik.....	72
4.1.4	Simen	72
BAB LIMA KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		74
5.1	Pengenalan	74
5.2	Kehilangan Penurunan.....	74
5.3	Kekuatan Mampat	78
5.4	Kekuatan Lentur	87
5.5	Ketumpatan.....	96
5.6	Halaju Denyut Ultrasonik.....	103
5.7	Modulus kekenyalan	108
5.8	Pengembangan dan Pengecutan	114
5.8	Pengkarbonatan	119
5.9	Ketelapan	122
5.10	Analisi Regresi.....	129

BAB 6	KESIMPULAN DAN CADANGAN.....	142
6.1	Pengenalan	142
6.2	Ciri-ciri Kejuruteraan	142
6.3	Ciri-ciri Ketahananlasakan	145
6.4	Cadangan untuk Kajian Lanjut.....	146
RUJUKAN.....		148

SENARAI JADUAL

Jadual 2.1	<i>Lateks Styrene-Butadiene (ACI Committee 548, 1992)</i>	38
Jadual 3.1:	Cadangan penarafan halaju denyut bagi konkrit (Malhotra, 1976)	55
Jadual 4.1:	Butiran komposisi bancuhan	67
Jadual 4.2:	Analisis pasir	68
Jadual 4.3:	Ciri-ciri fizikal pasir	69
Jadual 4.4:	Ciri-ciri fizikal dan kimia lateks polimer	71
Jadual 4.5:	Ciri-ciri fizikal dan kimia SP6	72
Jadual 4.6:	Spesifikasi simen Portland biasa (Pengeluar spesifikasi YTL Simen)	73

SENARAI RAJAH

Rajah 1.1:	Rancangan penyelidikan	14
Rajah 2.1	Resapan air oleh mortar berpolimer dengan kandungan lateks yang berlainan. (Ohama, 1973)	27
Rajah 2.2	Perbandingan antara peratusan resapan air oleh berlainan jenis polimer yang digunakan pada mortar berpolimer dengan kandungan 5%, 10% dan 20% daripada berat simen. (Bright, Mraz dan Vassallo, 1993)	29
Rajah 2.3:	Kedalaman pengkarbonan oleh mortar berpolimer selepas pendedahan di dalam dan di luar bangunan selama 10 tahun. (Ohama, Moriwaki, & Shroishida, 1984)	31
Rajah 2.4:	Perbandingan kandungan polimer dari segi kedalaman pengkarbonatan melawan tempoh pendedahan kepada karbon dioksida. (Ohama, Moriwaki, & Shroishida, 1984)	32
Rajah 2.5:	Perbandingan kandungan polimer dari segi kedalaman pengkarbonatan melawan tempoh pendedahan dalam larutan natrium bikarbonat. (Ohama, Moriwaki, & Shroishida, 1984)	33
Rajah 3.1:	Empat jenis penurunan (BS EN 12350-2:2009 <i>Testing fresh concrete. Slump-test</i> , 2009)	49

Rajah 3.2:	Timbang elektronik yang digunakan untuk ujian ketumpatan	50
Rajah 3.3:	Mesin pengujian mampatan Gotech	51
Rajah 3.4:	<i>Universal Testing Machine</i> untuk ujian kekuatan lentur	53
Rajah 3.5:	Alatan PUNDIT	55
Rajah 3.6:	Ujian pengembangan dan pengecutan mortar dengan menggunakan DEMEC	57
Rajah 3.7:	Illustrasi pengekstrakan sampel ujian ketelapan dari prisma mortar	61
Rajah 3.8:	Alatan Leed Cell Permeameter untuk ujian ketelapan	62
Rajah 3.9:	Ujian kedalaman pengkarbontan ke atas sampel ujian	63
Rajah 4.1:	Lengkung penggredan pasir	70
Rajah 5.1:	Perbandingan kehilangan nilai penurunan antara mortar kawalan dan mortar berpolimer	75
Rajah 5.2:	Perbandingan peratus kehilangan nilai penurunan awal antara mortar kawalan dan mortar berpolimer	77
Rajah 5.3:	Perbandingan kekuatan mampat antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan udara	78
Rajah 5.4:	Perbandingan kekuatan mampat antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan air	81
Rajah 5.5:	Perbandingan kekuatan mampat mortar kawalan dalam pengawetan udara dan pengawetan air	84

Rajah 5.6:	Perbandingan kekuatan mampat mortar berpolimer SBR dalam pengawetan udara dan pengawetan air	85
Rajah 5.7:	Perbandingan kekuatan mampat mortar berpolimer PAE dalam pengawetan udara dan pengawetan air	86
Rajah 5.8:	Perbandingan kekuatan lentur antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan udara	88
Rajah 5.9:	Perbandingan kekuatan lentur antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan air	90
Rajah 5.10:	Perbandingan kekuatan lentur mortar kawalan dalam pengawetan udara dan pengawetan air	91
Rajah 5.11:	Perbandingan kekuatan lentur mortar berpolimer SBR dalam pengawetan udara dan pengawetan air	93
Rajah 5.12:	Perbandingan kekuatan lentur mortar berpolimer PAE dalam pengawetan udara dan pengawetan air	95
Rajah 5.13:	Perbandingan ketumpatan antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan udara	97
Rajah 5.14:	Perbandingan ketumpatan antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan air	98
Rajah 5.15:	Perbandingan ketumpatan mortar kawalan dalam pengawetan udara dan pengawetan air	99
Rajah 5.16:	Perbandingan ketumpatan mortar berpolimer SBR dalam pengawetan udara dan pengawetan air	101

Rajah 5.17:	Perbandingan ketumpatan mortar berpolimer PAE dalam pengawetan udara dan pengawetan air	102
Rajah 5.18:	Perbandingan halaju denyut ultrasonik antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan udara	104
Rajah 5.19:	Perbandingan halaju denyut ultrasonik antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan air	105
Rajah 5.20:	Perbandingan halaju denyut ultrasonik mortar kawalan dalam pengawetan udara dan air	106
Rajah 5.21:	Perbandingan halaju denyut ultrasonik mortar berpolimer SBR dalam pengawetan udara dan air	107
Rajah 5.22:	Perbandingan halaju denyut ultrasonik mortar berpolimer PAE dalam pengawetan udara dan air	107
Rajah 5.23:	Perbandingan modulus kekenyalan antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan udara	109
Rajah 5.24:	Perbandingan modulus kekenyalan antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan air	111
Rajah 5.25:	Perbandingan modulus kekenyalan mortar kawalan dalam pengawetan udara dan air	113
Rajah 5.26:	Perbandingan modulus kekenyalan mortar berpolimer SBR dalam pengawetan udara dan air	113
Rajah 5.27:	Perbandingan modulus kekenyalan mortar berpolimer PAE dalam pengawetan udara dan air	114

Rajah 5.28:	Perbandingan kadar pengecutan antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan udara	116
Rajah 5.29:	Perbandingan kadar pengembangan dan pengecutan antara mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan air	117
Rajah 5.30:	Perbandingan kadar pengembangan dan pengecutan mortar kawalan dalam pengawetan udara dan air	118
Rajah 5.31:	Perbandingan kadar pengembangan dan pengecutan mortar berpolimer SBR dalam pengawetan udara dan air	119
Rajah 5.32:	Perbandingan kadar pengembangan dan pengecutan mortar berpolimer PAE dalam pengawetan udara dan air	119
Rajah 5.33:	Perbandingan kadar pengkarbonatan mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan udara	121
Rajah 5.34:	Perbandingan ketelapan mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan udara	123
Rajah 5.35:	Perbandingan ketelapan mortar kawalan dan mortar berpolimer dalam pengawetan air	125
Rajah 5.36:	Perbandingan ketelapan mortar kawalan dalam pengawetan udara dan air	127
Rajah 5.37:	Perbandingan ketelapan mortar berpolimer SBR dalam pengawetan udara dan air	128

Rajah 5.38:	Perbandingan ketelapan mortar berpolimer PAE dalam pengawetan udara dan air	129
Rajah 5.39:	Perbandingan lengkung regresi hubungan antara kekuatan lentur dengan kekuatan mampat dalam medium pengawetan udara	131
Rajah 5.40:	Perbandingan lengkung regresi hubungan antara kekuatan lentur dengan kekuatan mampat dalam medium pengawetan air	132
Rajah 5.41:	Perbandingan lengkung regresi hubungan antara halaju denyut dengan kekuatan mampat dalam medium pengawetan udara	133
Rajah 5.42:	Perbandingan lengkung regresi hubungan antara halaju denyut dengan kekuatan mampat dalam medium pengawetan air	135
Rajah 5.43:	Perbandingan lengkung regresi hubungan antara ketumpatan dengan ketelapan dalam medium pengawetan udara	136
Rajah 5.44:	Perbandingan lengkung regresi hubungan antara ketumpatan dengan ketelapan dalam medium pengawetan air	138

Rajah 5.45: Perbandingan lengkung regresi hubungan antara pengkarbonatan dengan kekuatan mampat dalam medium pengawetan air	139
Rajah 5.46: Lengkung regresi hubungan antara pengkarbonatan dengan ketelapan pada umur ke-180 hari	141

CIRI-CIRI KEJURUTERAAN DAN KETAHANLASAKAN TERHADAP MORTAR SIMEN BERPOLIMER

ABSTRAK

Struktur konkrit tetulang merupakan struktur yang paling meluas digunakan dalam pembinaan pada hari ini. Dari segi itu, bahan komposit simen muncul sebagai bahan binaan yang paling utama dalam sektor binaan di seluruh dunia. Jadi, inovasi dalam pembentukan komposit simen memberikan inspirasi terhadap kajian ini.

Objektif utama kajian ini adalah menganalisis kesan-kesan penambahan polimer ke dalam mortar dari segi ciri-ciri kejuruteraan dan ketahanlasakannya. Penyelidikan ini juga bertujuan untuk meningkatkan pemahaman kita tentang bagaimana penggunaan polimer dapat meningkatkan prestasi mortar dari segi kejuruteraan dan ketahanlasakannya.

Dalam penyelidikan tersebut, kesan-kesan penggunaan polimer yang berlainan jenis dalam medium pengawetan air serta udara diuji dengan parameter kejuruteraan seperti keboleherjaan, ketumpatan, kekuatan mampat dan lentur, halaju denyut ultrasonik, modulus kekenyalan, dan juga parameter ketahanlasakan seperti pengkarbonatan, pengembangan dan pengecutan serta ketelapan oksigen berdasarkan kepada piawaian British ataupun ASTM.

Daripada keputusan-keputusan eksperimen, didapati bahawa polimer SBR dan PAE mengurangkan kekuatan mortar. Walau bagaimanapun, polimer-polimer itu dapat meningkatkan prestasi ketahanlasakan mortar dengan banyak sekali, terutamanya polimer PAE dalam pengurangan ketelapan oksigen mortar secara efektif yang merupakan faktor terpenting dalam ciri tersebut. Tambahannya, medium pengawetan yang berlainan memberikan kesan yang berbagai terhadap jenis polimer yang ditambah.

ENGINEERING CHARACTERISTICS AND DURABILITY OF POLYMER CEMENT MORTAR

ABSTRACT

Reinforced concrete structure is one of the most widely used in construction at present days. From that point view. Cement composite materials become one the primary materials in construction throughout the world. Hence, innovation in cement composite research provides inspiration for this research. The main objective is to analyze the affect of incorporation of polymer into mortar from the point of engineering and durability properties. This research is also aim to enhance our understanding towards how the application of polymer can increase the engineering and durability performance of mortar.

In This research, effects of different types of polymer incorporated into mortar and treated in water and air curing regimes were examined for engineering parameters such as workability, density, compressive and flexural strength, ultra sonic pulse velocity, elastic modulus as well as durability parameters such as carbonation, expansion and shrinkage and permeability in accordance to British Standard. From the experimental result, it was found that both types of SBR and PAE polymers reduce the strength of mortar. However, the polymers could increase the durability performance of mortar drastically, especially PAE polymer in reducing permeability of mortar effectively. It was one of the most important factors in this properties. In addition, different types of curing regimes provides different kind of effects to the incorporated polymers.

BAB SATU

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Polimer merupakan sejenis bahan yang digunakan sebagai pengikat dengan agregat membentuk konkrit polimer (PC) atau digabungkan dalam campuran mortar ataupun konkrit membentuk mortar terubahsuai polimer (PMM) ataupun konkrit terubahsuai polimer (PMC). (Blaga & Beaudoin, 1985). Bagaimanapun, polimer merupakan produk yang mahal. Lantarannya, polimer ditambahkan dalam campuran simen lebih sesuai dalam banyak keadaan disebabkan oleh faktor ekonomi. Pada masa kini, terdapat banyak jenis polimer ada di pasaran untuk campuran bahan simen. Antaranya ialah lateks getah *stirena butadiena* (SBR), poli (*etilena vinil asetat*) (EVA) dan sebatian asid dan bauran *polyacrylic ester* (PAE), dan serbuk polimer seperti poli(*vinil asetat vinil versatate-acrylic* sebatian asid dan alkohol) (VA / VeoVa / AE), poli (*ethylenevinyl asetat*) (EVA) dan poli(*vinil asetat vinil versatate*) (VA / VeoVa). (Bhutta & Ohama, 2010). Penambahan polimer ke dalam campuran simen menunjukkan banyak penambahbaikan dalam prestasi kejuruteraan komposit simen, seperti

kebolehkerjaan, kekuatan ikatan antara simen dengan agregat, bebanan dinamik, rintangan terhadap hentaman dan kekuatan lentur, ketahanan, kestabilan fizikal dan kimia dan ia juga mengurangkan ketelapan komposit simen. (Morlat, Bomal, & Godard, 2007) (Kardon, 1997) (Silva, John, Ribeiro, & Roman, 2001) (Wong, Fang, & Pan, 2003) (Su, Sujata, Bijen, Jennings, & Fraaij, 1996).

Secara praktikal, polimer digabungkan dalam bentuk lateks, epoksi, serbuk atau damar polister tidak tepu. Perbandingan antara jenis-jenis bentuk polimer yang disebutkan menunjukkan bahawa, lateks adalah lebih efektif dalam pembentukan filem polimer. Dengan itu, penggunaan polimer dalam bentuk lateks digunakan secara meluas dalam persediaan PMM atau PMC. Polimer yang paling kerap dipakai ialah *stirena butadiena*(SB) *elastomers* atau *akrilik thermoplasts*. Komposit ini digunakan secara meluas dalam penebatan haba, penyalut kedap air, jubin simen atau dalam kerja-kerja pembaikan lain. Pengurangan drastik dalam ciri ketelapan oleh polimer ini dalam PMM menyebabkan bahan-bahan ini menarik perhatian para profesional. Kesan-kesan penambahan getah stirena butadiena (SBR) dalam PMM telah disiasat secara mendalam. Setakat ini, tambahan lateks terbukti bahawa ia mampu mengalihkan taburan saiz liang-liang roma ke arah julat nanometer. Walau bagaimanapun, terdapat juga keburukan disebabkan oleh penambahan polimer dalam mortar. Kekerasan

sebatian simen polimer menurun disebabkan oleh penambahan lateks. Hal ini disebabkan oleh ciri-ciri asli lateks yang mana mengandung modulus yang lebih rendah. Tambahan pula, ini juga disebabkan oleh ikatan yang lemah antara fasa-fasa simen dengan zarah-zarah polimer yang bersifat hidrofobik. Hal ini terbukti dalam penyelidikan yang dijalankan oleh *Rozenbaum, Pellenq and Damme (2005)*. Menurut hasil kajian mereka, kekerasan dan *modulus Young* PMC mengurang apabila kandungan polimer dalam PMC meningkat. (*Rozenbaum, Pellenq, & Damme, 2005*).

Proses pembentukan filem polimer melibatkan beberapa langkah yang bermula dari keadaan bendalir lateks sehingga pembentukan filem polimer homogen. Proses tersebut turut berlaku seiras dengan proses penghidratan simen. Proses pembentukan filem boleh digambarkan sebagai mengikut;

Di peringkat permulaan, zarah-zarah getah secara rawak berpecah dalam pelarut. Zarah-zarah mula tersusun secara teratur apabila proses kehilangan air mula berlaku. Maka, zarah-zarah tersusun rapat satu sama lain dan pelarut mengisi ruang-ruang yang sempit. Apabila proses kehilangan air berterusan melalui penyejatan dan penggunaan dalam penghidratan simen, maka terbentuklah satu tatasusunan bertertib lateks yang berbentuk enam segi oleh zarah-zarah.

(*Chevalier, et al., 1992*). Proses ini diikuti oleh cantuman zarah yang menahan polimer daripada resapan dan memecahkan lapisan hidrofilik, kemudian satu molekul filem polimer homogen terhasil.

Bagaimanapun , proses tersebut hanya boleh berlaku di mana suhu ambien melebihi suhu minimum pembentukan filem (*Minimum Film Forming Temperature, MFFT*). MFFT boleh terpengaruh oleh bahan-bahan tambahan (contohnya pengemulsi) yang digunakan dalam proses pempolimeran emulsi dan juga ia akan bergantung kepada komposisi monomer partikel-partikel getah.

Kehadiran produk-produk bersimen mengakibatkan perubahan-perubahan dalam proses pembentukan filem dan sementara itu proses penghidratan simen juga terjejas oleh kehadiran zarah-zarah polimer dan filem.

Beeldens, Gemert, Schorn, Ohama , dan Czarnecki (2005) telah mengkaji pengaruh antara penghidratan simen dengan kehadiran zarah-zarah polimer. Kadar pengeringan yang diperlukan untuk pembentukan filem berkait rapat dengan kelembapan relatif (RH). Mereka berpengaruh secara negatif antara satu sama lain. Dalam kata lain, dalam keadaan kelembapan relatif atmosfera sekeliling yang lebih tinggi maka ia akan menyebabkan kadar pengeringan menjadi semakin rendah. Justeru, lebih rendah jumlah tenaga akan

dikehendaki untuk zarah-zarah polimer bergabung ke dalam satu filem yang homogen. Lantarannya, MFFT turut dikurangkan kadar pengeringan rendah. Mereka dapat memerhati bahawa kadar pengeringan menurun hanya disebabkan oleh kelembapan relatif atmosfera sekeliling yang rendah; pencairan polimer dan perubahan dalam nilai pH akibat daripada kesan persekitaran tersebut. Proses penghidratan simen pula mungkin akan mewujudkan tenaga tambahan pada zarah-zarah polimer dan oleh sebab demikian ia meningkatkan kadar kehilangan air dalam simen. Akibatnya, zarah-zarah polimer akan tersusun dengan lebih teratur dan cantuman boleh berlaku pada suhu-suhu lebih rendah daripada MFFT. Kesan yang nyata juga direkodkan oleh pengaruh nisbah polimer kepada simen (P/C). Nisbah P/C membawa makna nisbah berat kandungan pepejal polimer kepada berat simen. Nisbah P/C yang rendah tidak akan memberi kesan yang nyata dalam mempertingkatkan kekuatan dan ketahanan PMM ataupun PMC. Hal ini kerana ikatan filem polimer yang terbentuk dengan simen dan agregat sangat lemah. Namun, pada nisbah P/C yang tinggi, filem polimer menjadi lebih padat dan lebih kukuh. Lantarannya, filem polimer menunjukkan kesan ikatan yang lebih kuat dengan bahan simen dan agregat bagi seluruh sistem ikatan PMM dan PMC. Dalam keadaan tersebut, filem polimer yang terbentuk juga

boleh dilihat sebagai ikatan matriks sekunder bagi PMM dan PMC. (Beeldens, Gemert, Schorn, Ohama, & Czarnecki, 2005)

Mekanisme dalam pempolimeran, penghidratan simen, serta simen mikrostruktur merupakan topik-topik penyelidikan yang berterusan. Hal ini kerana pembentukan filem polimer dalam mortar pengubahsuaian polimer bercanggahan dengan proses penghidratan simen. Polimer terlarut membentuk filem dalam simen matriks. Akibatnya, filem akan membalut zarah-zarah simen. Pada masa yang sama ia juga mengisi ruang antara zarah-zarah simen dan memutuskan hubungan antara liang-liang roma . Maka, kejadian tersebut akan membentuk satu rintangan lebih tinggi untuk menghalang air meresap ke dalam struktur dalaman komposit dan akhirnya melambatkan proses penghidratan. (Su, Sujata, Bijen, Jennings, & Fraaij, 1996). Sebagaimana yang diketahui, kadar penghidratan simen dicerminkan dengan pembangunan kekuatan bahan. Proses penghidratan simen yang semakin meningkat akan membentuk bahan simen yang lebih kuat. Pengaruh pengubahsuaian polimer mencatat rekod sebanyak dua kali ganda dalam bahan simen. Kekuatan mampat PMM yang direkodkan dalam penyelidikan oleh Beeldens, Gemert, Schorn, Ohama, dan Czarnecki (2005) mempunyai nilai yang lebih rendah daripada mortar kawalan pada peringkat awal. Namun, dalam keputusan 90 hari, kekuatan PMM yang dicatat adalah lebih tinggi daripada sampel

kawalan. Hal Ini jelas menunjukkan kesan tangguhan bagi penghidratan simen yang disebabkan oleh pengkapsulan separa atau penuh zarah-zarah simen oleh penyerakan filem polimer. Bagaimanapun , *Beeldens, Gemert, Schorn, Ohama* , dan *Czarnecki* (2005) menambah bahawa pembentukan filem bagi interaksi antara zarah-zarah polimer dan penghidratan simen akan meningkatkan lagi kekuatan tegangan ikatan matriks dan kekuatan ikatan antara agregat dan matriks simen. Kesan ini lebih ketara semasa ujian lentur mortar dijalankan. Sebagai tambahan, kekuatan lentur turut bertambah apabila satu tempoh pengawetan kering dikenakan untuk PMM. Dilaporkan bahawa tiada peningkatan dalam kekuatan lentur selagi tiada tempoh pengawetan kering diaplikasikan pada sampel PMM. Maka, kesan PMM pada kekuatan lentur jangka pendek boleh dikatakan terjejas dalam persekitaran kelembapan relatif tinggi. Sebaik sahaja sampel PMM didedahkan kepada persekitaran kering untuk tujuan pengawetan, proses pembentukan filem akan bermula dengan segera dan membina secara menyeluruh dalam ikatan matriks. Kekuatan lentur juga dilaporkan mempunyai hubungan positif dengan nisbah P/C, yang mana kekuatan lentur meningkat dengan penambahan nisbah P/C. Kekuatan lentur maksimum dicapai dengan menggunakan 15% untuk nisbah P/C dalam PMM. (*Beeldens, Gemert, Schorn, Ohama, & Czarnecki, 2005*).

Konflik antara syarat pengawetan polimer dengan simen ialah simen selalu memerlukan kelembapan tinggi untuk penghidratan manakala polimer pula perlu dikeraskan dalam keadaan panas dan kering. Syarat-syarat pengawetan untuk setiap bahan akan membawa kesan binasa bagi bahan yang lain walaupun mereka bercampur untuk membentuk satu komposit baru. Walaupun bagaimanapun, *Beeldens, Gemert, Schorn, Ohama , dan Czarnecki (2005)* telah mengesyorkan cara pengawetan optimum bagi PMM supaya kesan pengubahsuaian oleh polimer dapat ditingkatkan secara maksimum. Cara yang disebutkan memerlukan satu tempoh yang agak lama dan pendedahan lembap atau terapi air untuk meningkatkan kekuatan simen dengan proses penghidratan dan diikuti oleh keadaan kering untuk menggalakkan pembentukan filem polimer.

Setakat ini, kita dapat memahami daripada kajian latar belakang bahawa matriks simen merupakan penyumbang utama terhadap pencapaian kekuatan PMM manakala polimer lebih kepada sejenis bahan tambahan untuk meningkatkan prestasi dan ketahanan lasak untuk komposit tersebut. Daripada kajian latar belakang juga dapat diperhatikan bahawa kesemua kajian yang dilakukan tiada yang berasal dari Malaysia ataupun negara-negara yang beriklim tropika yang mana mempunyai kelembapan relatif yang tinggi. Situasi tersebut membawa kesan negatif kepada PMM seperti yang dinyatakan

sebelum ini. Tambahan pula, kesemua ciri-ciri bahan akan berubah mengikuti kedudukan geografi walaupun mereka berasal daripada klasifikasi yang sama. Lantarannya, dalam penyelidikan ini, ia dicadangkan bahawa dua jenis lateks polimer yang paling senang didapatkan di pasaran iaitu, SBR dan PAE dicampurkan dalam mortar simen dan komposit tersebut diuji dari segi ciri-ciri kejuruteraan dan juga ketahananlasakan mereka. Perbandingan antara satu sama lain turut dianalisiskan dengan persembahan grafikal untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang sifat-sifat bahan komposit tersebut.

1.2 Isu-Isu Dan Masalah-Masalah Yang Terlibat

Ketahanan struktur konkrit tetulang telah dijangka akan mempunyai jangka hayat sekurang-kurangnya 50 tahun. Bagaimanapun ,beberapa struktur telahpun runtuh ataupun diistiharkan berisiko tinggi semasa tempoh hayat perkhidmatan disebabkan kualiti konkrit yang rendah dan pendedahan kepada persekitaran yang agresif. Lantarannya, konkrit berkualiti dan berketahanan tinggi amat diperlukan untuk mengelakkan tragedi berlaku dan juga melindungi kehidupan manusia serta pelaburan jangka masa panjang dalam sektor pembinaan. Konkrit berkualiti dan tahan lasak sering dikaitkan dengan ciri ketelapan yang rendah. Ciri-ciri tersebut dapat dicapai dengan beberapa cara seperti mencampurkan zarah-zarah halus seperti mikro

silica ke dalam konkrit, pengurangan nisbah air-simen dan sebagainya. Bagaimanapun, pendekatan-pendekatan yang disebut pula akan timbul kesukaran-kesukaran lain seperti peningkatan kecutan *autogenous*, kehilangan sifat keboleherjaan dan sebagainya. Oleh itu, pengubahsuaian sistem simen dengan menggunakan polimer menjadi salah satu penyelesaian yang berkesan dalam mempertingkatkan prestasi simen berkomposit terutama sekali dalam aspek ketahanan lasak.

1.3 Objektif Kajian

Memandangkan konkrit adalah satu bahan binaan yang memberikan manfaat kepada manusia sejagat, maka satu kajian dan penyelidikan yang lebih mendalam untuk mortar konkrit yang bermutu tinggi perlu diadakan supaya dapat menghasilkan konkrit yang bermutu tinggi dan seterusnya memanfaatkan industri binaan. Objektif kajian tersebut adalah seperti berikut:

1. Mengkaji ciri-ciri kejuruteraan mortar di mana matriks simennya diubahsuai dengan menggunakan dua jenis lateks iaitu polimer SBR & PAE.
2. Menilai bagaimana bahan polimer boleh memperbaiki ciri-ciri ketahanan lasak mortar simen.

3. Mengkaji kesan-kesan medium pengawetan udara dan pengawetan di air terhadap mortar berpolimer.

1.4 Skop Kajian

Kajian ini hanya tertumpu kepada dua jenis lateks polimer yang boleh didapati di pasaran untuk menilai kesannya terhadap kekuatan dan prestasi dalam jangka panjang. Selain itu, nisbah campuran polimer yang akan digunakan dalam mortar ialah 15%, iaitu berat pepejal polimer berbanding simen. Dua jenis medium pengawetan digunakan pada semua sampel, iaitu pengawetan udara (selaras dengan iklim tropika) dan juga pengawetan air (medium pengawetan yang paling unggul untuk komposit simen). Semua ujian dijalankan dalam makmal konkrit Pusat Pengajian Perumahan, Bangunan dan Perancangan, Universiti Sains Malaysia.

1.5 Metodologi Kajian

Metodologi penyelidikan ini melibatkan beberapa peringkat, iaitu peringkat permulaan, peringkat percubaan bancuhan, peringkat penyediaan sampel ujian, peringkat pengujian bahan dan pemprosesan data, serta peringkat akhiran.

Pada peringkat permulaan, jadual program kerja ditetapkan. Ini bertujuan untuk memberikan satu garis panduan masa untuk

menjalankan kajian ini. Di samping itu, latar belakang turut dikaji dengan mengimbas kembali rekod-rekod ataupun hasil kajian daripada penyelidik-penyelidik yang lain. Rujukan kepada buku, jurnal, bahan bacaan elektronik, artikel dan sebagainya juga dibuat dalam peringkat tersebut untuk mendapatkan pemahaman dan gambaran yang lebih jelas mengenai penyelidikan tersebut.

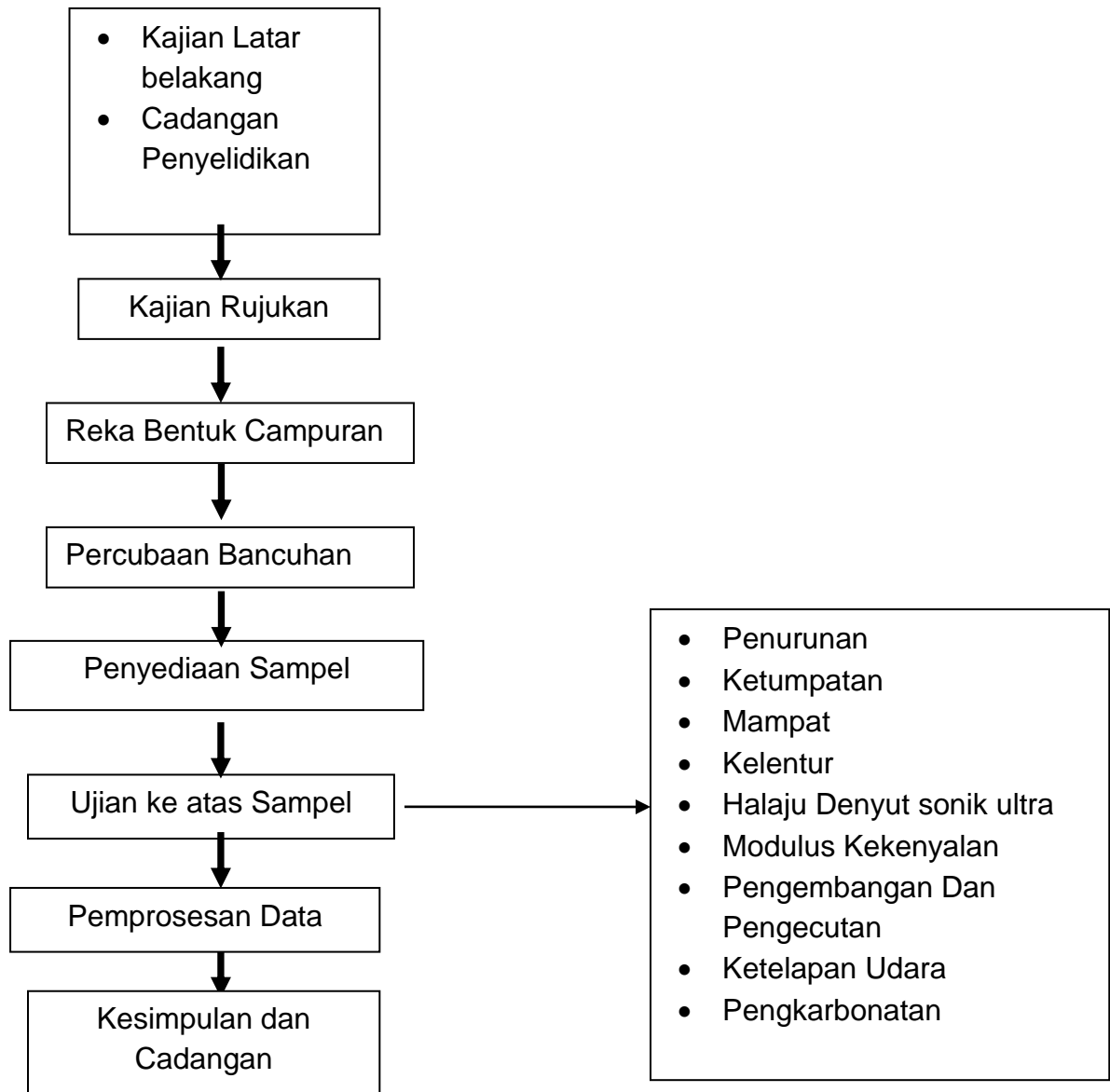
Pada peringkat percubaan bancuhan, ia bertujuan untuk menghasilkan komposisi campuran sebagai mortar kawalan untuk keseluruhan penyelidikan. Reka bentuk campuran dibuat dengan merujuk kepada beberapa kaedah tertentu yang khas digunakan untuk mortar. Kemudian, pelbagai percubaan bancuhan mortar dijalankan dalam makmal sehingga mortar yang terhasil mencapai kekuatan yang seperti yang disasarkan. Hasilnya, komposisi campuran mortar kawalan dapat dikenal pasti untuk keseluruhan program kajian makmal. Justeru, bahan-bahan yang digunakan untuk campuran tersebut seperti pasir, simen dan bahan-bahan ujian lain yang diperlukan dalam penyelidikan dapat disediakan dengan teratur. Dengan itu, ketidakselarasan dalam bahan-bahan campuran dapat diminimumkan. Semasa peringkat tersebut, analisis terhadap pasir dari segi kehalusan, kandungan kelembapan dan organik, graviti tentu dan kadar resapan air juga dilaksanakan.

Pada peringkat penyediaan sampel ujian, kerja-kerja bancuhan dilakukan dalam makmal. Semua sampel disediakan dengan teliti untuk tujuan pengumpulan data pada peringkat seterusnya. Sebaik sahaja sampel disediakan, semua sampel diawetkan dalam rendaman air dan didedahkan pada udara seperti yang ditetapkan.

Pada peringkat pengumpulan dan pemprosesan data, semua sampel yang telah mencapai umur yang ditetapkan menjalankan ujian-ujian seperti berikut:

1. Ujian penurunan tertakluk kepada BS EN 12350-2:2009
2. Ketumpatan konkrit tertakluk kepada BS EN 12390-7:2009
3. Kekuatan mampat tertakluk kepada BS EN 12390-3:2009
4. Kekuatan lentur tertakluk kepada BS EN 12390-5:2009
5. Halaju denyut sonik ultra tertakluk kepada BS EN 12504-4:2004
6. Modulus kekenyalan tertakluk kepada BS 1881 part 121,1983
7. Ketelapan udara dengan menggunakan *Leeds Cell Permeameter* (Cabrera and Lynsdale, 1988)
8. Pengkarbonatan tertakluk kepada BS 1881-201:1986

Pada peringkat akhir pula, kesimpulan kajian dibuat berdasarkan hasil penemuan daripada kajian tersebut serta cadangan-cadangan untuk penyelidikan lanjutan.



Rajah 1.1 : Rancangan penyelidikan

1.6 Jangkaan Hasil

Sepanjang kajian, kejuruteraan prestasi mortar berpolimer dapat difahami secara mendalam. Lantarnya, ia boleh dicadangkan kepada para konsultan dalam industri pembinaan untuk menggunakan polimer dalam simen komposit supaya struktur binaan yang bermutu tinggi dan tahan lasak dapat dihasilkan. Seandainya struktur-struktur ini dibina dengan menggunakan simen komposit tersebut, maka kerja-kerja pembaikan dan penyelenggaraan dapat dijamin. Oleh yang demikian, pendekatan ini juga boleh dianggap sebagai satu kaedah yang menuju ke arah pembinaan lestari.

1.7 Batas Kajian

Pengetahuan terhadap mikro struktur ataupun liang-liang roma mortar berpolimer yang terhasil dalam penyelidikan adalah terhad kerana ujikaji dengan menggunakan mikroskop kuasa tinggi tidak dilakukan. Selain itu, hasil tindak balas kimia antara polimer dengan simen matriks juga tidak termasuk di dalam skop kajian ini.

1.8 Susun Atur Tesis

Tesis ini terdiri daripada huraian yang terperinci mengenai hasil penemuan penyelidikan dan analisis data eksperimen secara mendalam dengan merujuk kepada bahan-bahan rujukan seperti buku, majalah, artikel, sumber-sumber digital lain sebagai fakta-fakta

sokongan dalam perbincangan. Tesis ini mengandungi 6 bab dan ringkasan kandungannya adalah seperti berikut:

Bab satu menceritakan gambaran utama penyelidikan ini. Bab ini mengandungi kajian latar belakang, kenyataan-kenyataan masalah, objektif-, skop kajian, metodologi penyelidikan, kepentingan, jangkaan dan batas-batas kajian.

Bab dua merupakan kajian latar belakang mengenai mortar berpolimer. Ia membincangkan latar belakang sejarah, aplikasi bahan, kelebihan dan keburukan, dan sebagainya.

Bab tiga menyatakan metodologi penyelidikan untuk kajian ini. Ia membincangkan tentang pengenalan dan prosedur pelbagai ujian ke atas spesimen untuk mengkaji prestasi masing-masing. Ujian dibuat tertakluk kepada piawaian British.

Bab empat memaparkan ciri-ciri bahan yang digunakan sepanjang masa penyelidikan tersebut. Keputusan ujian pasir, spesifikasi bahan yang diperolehi daripada pihak pembekal turut diringkas dan ditunjukkan dalam bab ini.

Bab lima merupakan koleksi semua data yang direkodkan sepanjang masa penyelidikan tersebut. Data-data tersebut juga diterjemahkan dalam bentuk grafik dan dibincangkan secara menyeluruh. Hujah-hujah dalam perbincangan turut disokong dengan fakta-fakta rujukan.

Bab enam mengandung kesimpulan-kesimpulan yang dibuat berdasarkan hasil penyelidikan tersebut. Cadangan-cadangan untuk penyelidikan pada masa akan datang juga disyorkan dalam bab tersebut.

BAB DUA

KAJIAN LATAR BELAKANG

2.1 Pengenalan

Polimer merupakan sejenis bahan yang digunakan sebagai pengikat dengan agregat membentuk konkrit polimer (PC) atau digabungkan dalam campuran mortar ataupun konkrit membentuk mortar terubahsuai polimer (PMM) ataupun konkrit terubahsuai polimer (PMC). (Blaga & Beaudoin, 1985). Polimer merupakan produk yang mahal dan ia digunakan sebagai bahan tambahan dalam simen komposit. Polimer yang paling kerap dipakai ialah stirena butadiena (SB) elastomers atau akrilik thermoplasts. Komposit ini digunakan secara meluas dalam penebatan haba, salutan kedap air, pemasangan jubin simen, dan juga kerja-kerja penyelenggaraan struktur dan bangunan.

. Pada masa kini, terdapat beberapa jenis polimer di pasaran. Antaranya adalah seperti getah stirena butadiena (SBR), poli(etilena vinil asetat) (EVA) dan sebatian asid dan alkohol polyacrylic (PAE) serbuk polimer seperti poli(vinil asetat vinil versatate-acrylic sebatian asid dan alkohol)(VA / VeoVa / AE), poli(ethylenevinyl asetat) (EVA) dan serbuk poli(vinil asetat vinil versatate) (VA / VeoVa). (Bhutta &

Ohama, 2010). Penambahan polimer ke dalam campuran simen memberikan lebih banyak penambahbaikan dalam prestasi kejuruteraan komposit simen, seperti keboleherjaan, kekuatan ikatan antara simen dengan agregat, bebanan dinamik, rintangan terhadap hentaman dan kekuatan lentur, ketahanan, kestabilan fizikal dan kimia dan ia juga mengurangkan ketelapan komposit simen. (Morlat, Oren, Bomal, dan Godard, 2007; Kardon, 1997; Silva, John, Ribeiro, dan Rom, 2001; Wong, Fang, dan Pan, 2003; Su, Sujata, Bijen, Jennings dan Fraaij, 1996).

Dalam industri binaan, kebanyakan polimer disediakan dalam bentuk lateks, epoksi, serbuk atau damar poliester tidak tepu. Perbandingan antara jenis-jenis bentuk polimer yang disebutkan menunjukkan bahawa, lateks adalah lebih efektif dalam pembentukan filem polimer. Dengan itu, penggunaan polimer dalam bentuk lateks digunakan secara meluas dalam persediaan PMM atau PMC.

2.2 Sejarah Pembangunan Konkrit Berpolimer

Semenjak paten yang pertama telah diterbitkan pada tahun 1902-an berkaitan dengan konkrit berpolimer maka penyelidikan dan pembangunan (R&D) dalam bidang tersebut diusahakan oleh pelbagai pihak secara berterusan sehingga hari ini. Hasil penemuan R&D mereka meningkatkan pemahaman kita tentang mekanisme proses pengubahsuaian polimer dan kesan penambahbaikan

pelbagai ciri-ciri mortar dan konkrit tradisional (Isenberg & Vanderhoff 1974; Ohama, 1987; Ramakrishnan, 1992)

Paten yang dimiliki oleh Lefebure telah menjadi sumbangan besar dari sudut pandangan bersejarah apabila konsep sistem hidraulik semen berpolimer dipertimbangkan. (Lefebure, 1924) Sepanjang tempoh 1920-an – 1930-an, sistem simen berpolimer lateks getah asli dibangunkan. Situasi ini diikuti oleh pembangunan lateks getah sintetik pada tahun 1940-an disebabkan oleh kekurangan bekalan getah asli semasa peperangan (Jaenicke, Knoop, Miedel dan Schweitzer, 1943) Campuran sintetik polimer ke dalam mortar dan konkrit seperti *polyvinyl acetate* (PVAC) dan *polyacrylic ester* (PAE) bermula pada tahun 1950-an. Semenjak itu, perhatian lebih ditumpukan pada sintetik polimer untuk menghasilkan konkrit berpolimer. (Chandra & Ohama, 1994) Lateks sintetik polimer seperti lateks getah *styrene-butadiene* (SBR) dalam sistem simen portland mendapat sambutan yang baik dalam banyak aplikasi. Dengan itu, pelbagai jenis lateks sintetik polimer digunakan dalam industri pembinaan. (Anon, 1956) Pada tahun 1980-an, mortar dan konkrit berpolimer telah menjadi bahan binaan yang digunakan secara meluas di seluruh dunia. Di Amerika Syarikat, konkrit berlateks polimer SBR merupakan bahan binaan yang paling popular digunakan untuk melapisi geladak jambatan dan kerja-kerja jalan dan landasan. (ACI Committee 548, 1986) Disebabkan oleh sifat konkrit