

**PRESTASI MORTAR TERUBAHSUAI POLIMER
DALAM FEROSIMEN**

oleh

MOHD ZAILAN BIN HAJI SULIEMAN

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi
keperluan bagi Ijazah Doktor Falsafah**

Mei 2004

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan buat penyelia utama penyelidikan yang dijalankan ini, iaitu Professor Ir. Dr. Mahyuddin Ramli, *P.J.K.* Tunjuk ajar dan komitmen yang telah diberikan telah banyak membantu penulis dalam mendapatkan ilmu pengetahuan yang tidak ternilai. Ucapan ribuan terima kasih juga kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi kerana menyediakan hadiah biasiswa *National Science Fellowship* (NSF) kepada penulis.

Penghargaan juga ditujukan khas buat penyelia kedua penyelidikan ini, iaitu Dr. Mohd Fadzil Mohd Idris, kerana telah banyak memberi bimbingan dalam penulisan tesis.

Penghargaan yang teristimewa juga penulis tujukan buat ibu, Puan Maimunah, isteri tercinta, Fauzlina dan anak tersayang, Nur Fatini Zulaikha, di atas dorongan dan sokongan yang diberikan selama ini. Tidak lupa juga kepada rakan seperjuangan yang banyak memberi semangat dan inspirasi.

Buat arwah bapa, Haji Sulieman bin Mohamad Al Fatihah

ISI KANDUNGAN

PENGHARGAAN	ii
ISI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xvi
ABSTRAK	xxviii
BAB 1 MUQADDIMAH	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Penyelidikan	8
1.3 Skop Penyelidikan	9
1.4 Susunan Bab	10
BAB 2 TEKNOLOGI MORTAR BERPOLIMER	13
2.1 Pengenalan	13
2.2 Teknologi Lateks Polimer	15
2.3 Lateks Getah Sintetik	16
2.3.1 Lateks Stirena Butadiena (SBR)	17
2.4 Lateks Getah Asli	18
2.4.1 Pengawetan Lateks Getah Asli	20
2.4.2 Pemungutan dan Pemprosesan Lateks Getah Asli	21
2.5 Teknologi Polimer Dalam Mortar dan Konkrit	23

2.5.1	Mortar dan Konkrit Isian Polimer	26
2.5.2	Mortar dan Konkrit Polimer	27
2.5.3	Mortar dan Konkrit Terubahsuai Polimer	28
2.6	Klasifikasi Bahan Campuran Berasaskan Polimer	28
2.6.1	Lateks Polimer	30
2.6.1.1	Mortar dan Konkrit Terubahsuai Lateks Getah Asli	32
2.6.1.2	Mortar dan Konkrit Terubahsuai Lateks Stirena Butadiena	35
2.6.2	Serbuk Polimer <i>Redispersible</i>	39
2.6.3	Polimer Terlarut Air	40
2.6.4	Cecair Polimer	42
2.7	Ciri-Ciri Mortar dan Konkrit Terubahsuai	44
2.7.1	Ciri-Ciri Mortar dan Konkrit Terubahsuai Polimer Segar	45
2.7.1.1	Kebolehkerjaan	45
2.7.1.2	Kemasukan Udara	45
2.7.1.3	Rintangan Terhadap Air	46
2.7.1.4	Penjujukan dan Pengasingan	46
2.7.1.5	Tempoh Pengerasan	47
2.7.2	Ciri-Ciri Mortar dan Konkrit Terubahsuai Polimer Keras	47
2.7.2.1	Kekuatan	47
2.7.2.2	Keboleh Bentuk, Kekenyalan Modulus dan Nisbah Poisson	52
2.7.2.3	Pengecutan Kering, Pergerakan dan Pengembangan Haba	52
2.7.2.4	Kalis Air, Rintangan Terhadap Penembusan Ion klorida dan Pengkarbonatan	53
2.7.2.5	Kekuatan Lekat	61
2.7.2.6	Rintangan Terhadap Hentaman	61

2.7.2.7	Rintangan Terhadap Pelececan	62
2.7.2.8	Rintangan Terhadap Bahan Kimia	62
2.7.2.9	Kesan Suhu, Rintangan Terhadap Haba dan Api	62
2.7.2.10	Ketahanan Terhadap Cuaca	63
2.8	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ciri-Ciri Kejuruteraan Mortar dan Konkrit Terubahsuai Polimer	68
2.8.1	Kadar Campuran Bahan	68
2.8.2	Jenis Lateks Polimer	71
2.8.3	Faktor-Faktor Lain	72
2.9	Rumusan Kajian Tinjauan	73
BAB 3	METODOLOGI KAJIAN DAN CIRI-CIRI BAHAN	75
3.1	Pengenalan	75
3.2	Peringkat Pertama Ujian	75
3.2.1	Ujian Masa Pengerasan Simen	76
3.2.2	Ujian Agregat Halus (Pasir)	76
3.2.3	Ujian Jejaring Besi Terkimpal	79
3.3	Peringkat Kedua Ujian	82
3.3.1	Ujian Mortar Segar	82
3.3.1.1	Ujian Penurunan	82
3.3.1.2	Ujian Ketumpatan	83
3.3.2	Ujian Mortar Keras	84
3.3.2.1	Ujian Kekuatan Mampat	84
3.3.2.2	Ujian Kekuatan Lentur	85
3.3.2.3	Ujian Ketumpatan Kiub Keras	87

3.3.2.4	Ujian Halaju Denyut dan Kualiti Konkrit	87
3.3.2.5	Ujian Kekenyalan Modulus Dinamik	89
3.3.2.6	Ujian Kesan Pengkarbonatan	90
3.3.2.7	Ujian Resapan Air	90
3.3.2.8	Ujian Pengembangan dan Pengecutan	91
3.3.2.9	Ujian Resapan Klorida	92
3.3.2.9.1	Tatacara Ujian	94
3.3.2.10	Ujian Kehilangan Berat	95
3.3.2.11	Ujian Ketelapan Oksigen	96
3.4	Peringkat Ketiga Ujian	100
3.4.1	Ujian Beban-Pesongan dan Pengukuran Rekahan	100
3.4.2	Penyediaan Spesimen Ujian Berukuran 350 mm x 125 mm x 30 mm	100
3.4.2.1	Penyediaan Tetulang Jejaring Terkimpal	101
3.4.2.2	Rekabentuk Ferosimen	102
3.4.2.3	Penyediaan Acuan Spesimen Ujian	103
3.4.3	Persediaan Peralatan Eksperimen	105
3.4.4	Penyediaan Spesimen Ujian Berukuran 1000 mm x 300 mm x 75 mm	107
3.4.4.1	Rekabentuk Campuran Spesimen	108
3.4.5	Peralatan Ujian	110
3.5	Kaedah dan Tempoh Masa Pengawetan	112
3.6	Pengawalan Kualiti dan Tatacara Kerja	114
3.6.1	Kerja-Kerja Pemasangan Acuan	114
3.6.2	Proses Membancuh Campuran	115
3.6.3	Proses Pematatan	116
3.6.4	Kerja Membuka Acuan	116

3.6.5	Pengawetan	117
3.7	Rekabentuk Campuran	119
3.7.1	Rekabentuk Campuran Kajian	120
3.8	Prosedur Rekabentuk Spesimen Ujian	123
3.9	Sifat-Sifat Bahan untuk Rekabentuk Kajian	124
3.9.1	Simen	124
3.9.2	Agregat Halus	129
3.9.3	Air	134
3.9.4	Bahan Polimer	135
3.9.5	Bahan Pemplastik	137
3.9.6	Jejaring Besi	138
 BAB 4 PRESTASI KEJURUTERAAN MORTAR TERUBAHSUAI POLIMER		 140
4.1	Pengenalan	140
4.2	Kestabilan Dimensi	141
4.2.1	Ketumpatan	141
4.2.1.1	Kesan Kaedah Pengawetan Terhadap Ketumpatan Mortar	142
4.2.1.2	Kesan Mortar Terubahsuai Polimer Terhadap Ketumpatan	147
4.2.2	Keboleherjaan dan Ujian Penurunan	150
4.3	Ciri-Ciri Mekanikal Mortar	155
4.3.1	Kekuatan Mampat	155
4.3.2	Kekuatan Lentur	160
4.3.3	Hubungan antara Kekuatan Mampat dan Kekuatan Lentur	166
4.4	Kekenyalan Modulus Dinamik	169

4.4.1	Kesan Kaedah Pengawetan ke atas Kekenyalan Modulus Dinamik	171
4.4.2	Hubungan antara Kekenyalan Modulus Dinamik dan Modulus Statik	177
4.5	Pengecutan dan Pengembangan	180
4.5.1	Perubahan Dimensi Pengecutan dan Pengembangan Mortar Terubahsuai Polimer	181
4.6	Halaju Denyut dan kualiti Konkrit	185
4.6.1	Hubungan Halaju Denyut dan Kekuatan Mampat	189
4.6.2	Hubungan Halaju Denyut dan Kekenyalan Modulus Dinamik	193
4.7	Kesimpulan	196
 BAB 5 CIRI-CIRI KETAHANAN DAN PENDEDAHAN AGGRESIF MORTAR TERUBAHSUAI POLIMER		201
5.1	Pengenalan	201
5.2	Ciri-Ciri Ketahanan	201
5.2.1	Pengkarbonatan	201
5.2.2	Resapan Air	204
5.2.3	Kehilangan Berat	213
5.2.4	Resapan Klorida	217
5.2.5	Ketelapan Oksigen	227
5.2.5.1	Program ujian	229
5.2.5.2	Ciri-Ciri Ketelapan	230
5.2.5.3	Kesan Pengubahsuaian Polimer	231
5.2.5.4	Kesan Kaedah Pengawetan	232
5.2.6	Hubungan di antara Nilai Ketelapan dengan Kekuatan Mampat	235
5.2.7	Hubungan di antara Nilai Ketelapan dengan Kadar Resapan Air	241

5.3	Kesimpulan	249
BAB 6 PRESTASI STRUKTUR FEROSIMEN TERUBAHSUAI POLIMER TERHADAP PEMBEBANAN STATIK		255
6.1	Pengenalan	255
6.2	Perbincangan dan Keputusan Ujian	256
6.2.1	Ciri-Ciri Mekanikal	257
6.2.2	Pengujian Struktur Ferosimen	262
6.2.2.1	Beban Rekahan Pertama (F_{cr}) dan Beban Muktamad (F_u) Struktur Ferosimen	262
6.2.2.2	Ciri-Ciri Beban-Pesongan Struktur Ferosimen	268
6.2.2.3	Lebar Rekahan	274
6.2.2.4	Jarak Rekahan	278
6.3	Kesimpulan	285
BAB 7 KETAHANAN STRUKTUR FEROSIMEN TERUBAHSUAI POLIMER DALAM PENDEDAHAN BERULANG		289
7.1	Pengenalan	289
7.1.1	Kepentingan Kesan Pesongan	289
7.1.2	Sifat Pesongan Ferosimen Terubahsuai Polimer	291
7.2	Pengujian Struktur Ferosimen	292
7.2.1	Beban Rekahan Pertama (F_{cr}), Beban Muktamad (F_u) dan Nilai Pesongan	294
7.2.2	Lebar, Jarak, Bilangan dan Bentuk Rekahan	298
7.3	Pesongan Ferosimen	303
7.4	Kesimpulan	304

BAB 8 KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUT	306
8.1 Kesimpulan Utama Hasil Penyelidikan	306
8.2 Cadangan untuk Kajian Lanjut	313
BAHAN RUJUKAN	315
DAFTAR ISTILAH	326
SENARAI SINGKATAN	328
APPENDIK I	330
APPENDIK II	337
APPENDIK III	341

SENARAI JADUAL

Jadual	2.0	Analisis tipikal lateks getah asli	19
Jadual	2.1	Pembentukan proses pempolimeran cecair untuk lateks polimer sebagai bahan campuran tambahan berasaskan polimer	31
Jadual	2.2	Nisbah lateks polimer dan bahan pemplastik	33
Jadual	2.3	Contoh ciri-ciri tipikal konkrit terubahsuai polimer	34
Jadual	2.4	Spekifikasi keperluan kualiti untuk serbuk polimer <i>redispersible</i> dalam JIS 6203	40
Jadual	2.5	Koefisien penembusan/penyebaran ion klorida mortar dan konkrit terubahsuai lateks polimer	59
Jadual	3.0	Had penggredan agregat halus	77
Jadual	3.1	Kualiti konkrit berdasarkan halaju denyut ultrabunyi	88
Jadual	3.2	Parameter ujian	113
Jadual	3.3	Rekabentuk campuran mortar	121
Jadual	3.4	Komposisi kimia simen Portland biasa (OPC)	126
Jadual	3.5	Komposisi utama simen Portland biasa (OPC)	127
Jadual	3.6	Pengiraan peratusan (%) bahagian komposisi utama simen Portland biasa (OPC)	127
Jadual	3.7	Ciri-ciri fizikal jenis simen	128
Jadual	3.8	Keputusan ujian pengerasan simen Portland biasa (OPC)	128
Jadual	3.9	Keputusan ujian ketumpatan bandingan dan penyerapan air	130
Jadual	3.10	Analisis ayak agregat halus yang digunakan dalam kajian	131
Jadual	3.11	Peratusan kandungan kelembapan agregat halus	132
Jadual	3.12	Ciri-ciri fizikal agregat halus	133

Jadual	3.13	Analisis kimia agregat halus	134
Jadual	3.14	Sifat-sifat bahan yang digunakan dalam rekabentuk kajian	136
Jadual	3.15	Keputusan analisis ayak ke atas serbuk silika	136
Jadual	3.16	Ciri-ciri fizikal dan kimia serbuk silika	137
Jadual	3.17	Ciri-ciri fizikal dan kimia bahan pemplastik Admix SP1000	138
Jadual	3.18	Sifat-sifat jejaring terkimpal	139
Jadual	4.0	Ketumpatan mortar pengawetan di dalam air garam (kg/m^3)	143
Jadual	4.1	Ketumpatan mortar, pengawetan di dalam udara (kg/m^3)	144
Jadual	4.2	Persamaan am dan nilai pekali kolerasi	149
Jadual	4.3	Kadar kehilangan penurunan (mm) untuk mortar kawalan, terubahsuai polimer dan terubahsuai serbuk silika	151
Jadual	4.4	Persamaan am dan nilai pekali kolerasi untuk mortar kawalan, terubahsuai polimer dan terubahsuai serbuk silika	154
Jadual	4.5	Kekuatan mampat mortar, pengawetan di dalam air garam (N/mm^2)	155
Jadual	4.6	Kekuatan mampat mortar, pengawetan di dalam udara (N/mm^2)	156
Jadual	4.7	Persamaan am dan nilai pekali kolerasi untuk pengukuran kekuatan mampat	160
Jadual	4.8	Kekuatan lentur mortar, pengawetan di dalam air garam (N/mm^2)	161
Jadual	4.9	Kekuatan lentur mortar, pengawetan di dalam udara (N/mm^2)	161
Jadual	4.10	Persamaan am dan nilai pekali kolerasi untuk pengukuran kekuatan lentur	165

Jadual	4.11	Kekenyalan modulus dinamik mortar, pengawetan di dalam air garam (N/mm ²)	169
Jadual	4.12	Kekenyalan modulus dinamik mortar, pengawetan di dalam udara (N/mm ²)	170
Jadual	4.13	Persamaan regrasi dan nilai pekali kolerasi terhadap hubungan di antara tempoh masa dengan kekenyalan modulus dinamik, untuk pengawetan di dalam air garam	174
Jadual	4.14	Persamaan regrasi dan nilai pekali kolerasi terhadap hubungan di antara tempoh masa dengan kekenyalan modulus dinamik, untuk pengawetan di dalam udara	176
Jadual	4.15	Persamaan α_m dan nilai pekali kolerasi (r) untuk hubungan di antara kekenyalan modulus dinamik, E_d dan modulus statik, E_c	180
Jadual	4.16	Pengembangan mortar, pengawetan di dalam air garam ($\times 10^{-6}$)	182
Jadual	4.17	Pengecutan mortar, pengawetan di dalam udara ($\times 10^{-6}$)	182
Jadual	4.18	Halaju denyut dan kualiti mortar, pengawetan di dalam air garam (km/s)	186
Jadual	4.19	Halaju denyut dan kualiti mortar, pengawetan di dalam udara (km/s)	187
Jadual	5.0	Pengkarbonatan mortar, pengawetan di dalam air garam (mm)	202
Jadual	5.1	Pengkarbonatan mortar, pengawetan di dalam udara (mm)	203
Jadual	5.2	Peratusan resapan air mortar, pengawetan di dalam air garam (%)	206
Jadual	5.3	Peratusan resapan air mortar, pengawetan di dalam udara (%)	206

Jadual	5.4	Persamaan am dan nilai pekali kolerasi di antara resapan air dengan tempoh pengawetan untuk mortar, pengawetan di dalam air garam sehingga tempoh ujian	211
Jadual	5.5	Persamaan am dan nilai pekali kolerasi di antara resapan air dengan tempoh pengawetan untuk mortar, pengawetan di dalam udara sehingga tempoh masa ujian	212
Jadual	5.6	Kehilangan berat mortar, pengawetan di dalam larutan asid sehingga tempoh masa ujian (%)	213
Jadual	5.7	Persamaan am dan nilai pekali kolerasi untuk pengukuran kehilangan berat mortar	216
Jadual	5.8	Persamaan am dan nilai pekali kolerasi di antara hubungan resapan klorida (%) dan tempoh pengawetan (hari) untuk mortar	226
Jadual	5.9	Nilai ketelapan mortar, pengawetan di dalam air garam ($k \times 10^{-16} \text{ m}^2$)	233
Jadual	5.10	Nilai ketelapan mortar, pengawetan di dalam udara ($k \times 10^{-16} \text{ m}^2$)	233
Jadual	5.11	Nilai pekali kolerasi untuk pengukuran hubungan nilai ketelapan dengan kekuatan mampat	241
Jadual	5.12	Persamaan am dan nilai pekali kolerasi (r) untuk pengukuran hubungan di antara nilai ketelapan dengan kadar resapan air	248
Jadual	6.0	Ciri-ciri mekanikal mortar untuk tempoh masa ujian 30 hari	257
Jadual	6.1	Ciri-ciri mekanikal mortar untuk tempoh masa ujian 90 hari	258
Jadual	6.3	Ciri-ciri mekanikal mortar untuk tempoh masa ujian 180 hari	259
Jadual	6.4	Ciri-ciri mekanikal mortar untuk tempoh masa ujian 365 hari	259

Jadual	6.4	Nilai Eksperimen ujian dan anggaran pengiraan beban rekahan pertama (F_{cr}) dan beban muktamad (F_u) untuk tempoh masa ujian 30 hari	264
Jadual	6.5	Nilai Eksperimen ujian dan anggaran pengiraan beban rekahan pertama (F_{cr}) dan beban muktamad (F_u) pada untuk tempoh masa ujian 90 hari	265
Jadual	6.6	Nilai Eksperimen ujian dan anggaran pengiraan beban rekahan pertama (F_{cr}) dan beban muktamad (F_u) pada untuk tempoh masa ujian 180 hari	266
Jadual	6.7	Nilai Eksperimen ujian dan anggaran pengiraan beban rekahan pertama (F_{cr}) dan beban muktamad (F_u) pada untuk tempoh masa ujian 365 hari	267
Jadual	6.8	Purata lebar rekahan untuk struktur ferosimen dengan cara beban lenturan statik	276
Jadual	6.9	Purata jarak rekahan untuk struktur ferosimen dengan cara beban lenturan statik	280
Jadual	6.10	Bilangan rekahan untuk struktur ferosimen dengan cara beban lenturan statik	282
Jadual	7.0	Ciri-ciri mekanikal mortar untuk tempoh masa pengawetan selama 12 bulan	292
Jadual	7.1	Beban rekahan pertama (F_{cr}), beban muktamad (F_u) dan nilai pesongan untuk tempoh masa pengawetan selama 12 bulan	296
Jadual	7.2	Lebar, jarak, bilangan dan bentuk rekahan untuk tempoh masa pengawetan selama 12 bulan	299
Jadual	7.3	Peringkat perubahan pesongan	304

SENARAI RAJAH

Rajah	2.0	Bahan mentah untuk penghasilan polimer	14
Rajah	2.1	Perhubungan di antara kelikatan dan kandungan pepejal	15
Rajah	2.2	Klasifikasi bahan campuran berasaskan polimer	29
Rajah	2.3	Kekuatan mampat konkrit terubahsuai polimer menggunakan simen jenis I dan III	36
Rajah	2.4	Pengecutan konkrit terubahsuai polimer	38
Rajah	2.5	Kekuatan mampat konkrit terubahsuai polimer	38
Rajah	2.6	Kesan nisbah monomer dalam lateks stirena butadiena (SBR), Poly (ethylene-vinly acetate) (EVA) dan Poly styrene acrlie ester (SAE) ke atas kekuatan lentur dan mampat terubahsuai polimer	48
Rajah	2.7	Kesan kaedah pengawetan ke atas kekuatan lentur mortar terubahsuai polimer	49
Rajah	2.8	Kesan kaedah pengawetan ke atas kekuatan mampat mortar terubahsuai polimer	50
Rajah	2.9	Hubungan di antara nisbah bahan pengikat atau pengeras dan ruang kosong dan kekuatan mampat mortar terubahsuai polimer	51
Rajah	2.10a	Resapan air dan jumlah ketelapan air oleh mortar terubahsuai polimer	54
Rajah	2.10b	Resapan air dan jumlah ketelapan air oleh mortar terubahsuai polimer	54
Rajah	2.11	Kesan polimer ke atas keliangan mortar	56

Rajah	2.12	Kehilangan berat konkrit berpolimer SBR	57
Rajah	2.13	Kehilangan berat konkrit berpolimer EVA	57
Rajah	2.14	Kesan penggunaan polimer SBR ke atas pengecutan	58
Rajah	2.15	Kesan penggunaan polimer EVA ke atas pengecutan	58
Rajah	2.16	Jarak pengkarbonatan mortar terubahsuai lateks selepas 10 tahun pendedahan terbuka dan tertutup (nisbah polimer simen, 20%)	60
Rajah	2.17a	Bilangan kombinasi keadaan sejuk dan cair dan hubungan kekenyalan modulus dinamik mortar terubahsuai polimer. (Mortar terubahsuai SBR, nisbah polimer simen – 0%, 5%, 10% dan 20%)	64
Rajah	2.17b	Bilangan kombinasi keadaan sejuk dan cair dan hubungan kekenyalan modulus dinamik mortar terubahsuai polimer. (Mortar terubahsuai PAE, nisbah polimer simen – 0%, 5%, 10% dan 20%)	65
Rajah	2.17c	Bilangan kombinasi keadaan sejuk dan cair dan hubungan kekenyalan modulus dinamik mortar terubahsuai polimer. (Mortar terubahsuai EVA, nisbah polimer simen – 0%, 5%, 10% dan 20%)	65
Rajah	2.18	Ketahanan terhadap cuaca mortar terubahsuai polimer (nisbah polimer simen, 20%)	66
Rajah	2.19	Kekuatan lekat mortar terubahsuai polimer (bulan)	67
Rajah	3.0	Lengkuk tegasan – terikan	80
Rajah	3.1	Teras sampel yang di ambil daripada spesimen mortar untuk ujian resapan klorida	93

Rajah	3.2	Radas dan bahan-bahan ujian resapan klorida	95
Rajah	3.3	Sampel ujian dengan penutup serta silinder getah dan besi tahan karat	98
Rajah	3.4	Alat ujian ketelapan oksigen	99
Rajah	3.5	Kekuatan tegangan ferosimen mengikut orientasi jejaring	102
Rajah	3.6	Keratan spesimen ferosimen untuk ujian	104
Rajah	3.7	Acuan panel ferosimen	105
Rajah	3.8	Kaedah pembebanan empat titik	106
Rajah	3.9	Kaedah pembebanan empat titik dijalankan dengan menggunakan mesin pemampat jenis TORSEE	106
Rajah	3.10	Rekabentuk jejaring terkimpal	108
Rajah	3.11	Rekabentuk spesimen ferosimen	109
Rajah	3.12	Keratan spesimen ferosimen ujian	110
Rajah	3.13	Kaedah pembebanan empat titik	111
Rajah	3.14	Ujian lentur menggunakan mesin pemampat TORSEE	112
Rajah	3.15	Ferosimen berukuran 1000 mm x 300 mm x 75 mm	117
Rajah	3.16	Pengawetan dalam air garam	118
Rajah	3.17	Pengawetan dalam udara	118
Rajah	3.18	Faktor-faktor yang mempengaruhi kebolehkeraan konkrit dan mortar segar	120
Rajah	3.19	Pengredan agregat halus (pasir)	131
Rajah	4.0	Ketumpatan mortar, pengawetan di dalam air garam (kg/m^3)	145
Rajah	4.1	Ketumpatan mortar, pengawetan di dalam udara (kg/m^3)	146
Rajah	4.2	Hubungan di antara tempoh masa dengan ketumpatan (pengawetan dalam air garam)	148

Rajah	4.3	Hubungan di antara tempoh masa dengan ketumpatan (pengawetan dalam udara)	149
Rajah	4.4	Kadar kehilangan penurunan mortar kawalan, terubahsuai polimer dan serbuk silika	152
Rajah	4.5	Hubungan di antara tempoh masa, (minit) dengan kehilangan penurunan, (mm) mortar kawalan, terubahsuai polimer dan serbuk silika	154
Rajah	4.6	Kekuatan mampat mortar, pengawetan di dalam air garam (N/mm^2)	157
Rajah	4.7	Kekuatan mampat mortar, pengawetan di dalam udara (N/mm^2)	157
Rajah	4.8	Hubungan di antara kekuatan mampat dengan tempoh masa untuk di dalam air garam sehingga tempoh masa ujian	159
Rajah	4.9	Hubungan di antara kekuatan mampat dengan tempoh masa untuk pengawetan di dalam udara sehingga tempoh masa ujian	159
Rajah	4.10	Kekuatan lentur mortar, pengawetan di dalam air garam (N/mm^2)	163
Rajah	4.11	Kekuatan lentur mortar, pengawetan di dalam udara (N/mm^2)	163
Rajah	4.12	Hubungan di antara kekuatan lentur dengan tempoh masa untuk di dalam air garam sehingga tempoh masa ujian	164
Rajah	4.13	Hubungan di antara kekuatan lentur dengan tempoh masa untuk pengawetan di dalam udara sehingga tempoh masa ujian	165
Rajah	4.14	Lengkung regrasi kekuatan mampat dan kekuatan lentur untuk mortar, pengawetan di dalam air garam (N/mm^2)	167

Rajah	4.15	Lengkung regrasi kekuatan mampat dan kekuatan lentur untuk mortar, pengawetan di dalam udara (N/mm^2)	168
Rajah	4.16	Kekenyalan modulus dinamik mortar, pengawetan di dalam air garam (N/mm^2)	172
Rajah	4.17	Kekenyalan modulus dinamik mortar, pengawetan di dalam udara (N/mm^2)	172
Rajah	4.18	Hubungan di antara kesan kaedah pengawetan dengan kekenyalan modulus dinamik, untuk pengawetan di dalam air garam	174
Rajah	4.19	Hubungan di antara kesan kaedah pengawetan dengan kekenyalan modulus dinamik, untuk pengawetan di dalam udara	175
Rajah	4.20	Hubungan di antara kekenyalan modulus dinamik dan modulus statik mortar, pengawetan di dalam air garam sehingga tempoh ujian	177
Rajah	4.21	Hubungan di antara kekenyalan modulus dinamik dan modulus statik mortar, pengawetan di dalam udara sehingga tempoh ujian	178
Rajah	4.22	Pengembangan mortar, pengawetan di dalam air garam ($\times 10^{-6}$)	184
Rajah	4.23	Pengecutan mortar, pengawetan di dalam udara ($\times 10^{-6}$)	185
Rajah	4.24	Halaju denyut mortar, pengawetan di dalam air garam (km/s)	188
Rajah	4.25	Halaju denyut mortar, pengawetan di dalam udara (km/s)	188

Rajah	4.26	Hubungan di antara kekuatan mampat, f_{cu} dan halaju denyut, V mortar, pengawetan di dalam air garam sehingga tempoh ujian	191
Rajah	4.27	Hubungan di antara kekuatan mampat, f_{cu} dan halaju denyut, V mortar, pengawetan di dalam udara sehingga tempoh ujian	192
Rajah	4.28	Hubungan di antara halaju denyut, V dan kekenyalan modulus dinamik, E_d untuk mortar, pengawetan di dalam air garam sehingga tempoh ujian	194
Rajah	4.29	Hubungan di antara halaju denyut, V dan kekenyalan modulus dinamik, E_d untuk mortar, pengawetan di dalam udara sehingga tempoh ujian	195
Rajah	5.0	Kesan pengkarbonatan mortar, pengawetan di dalam air garam (mm)	204
Rajah	5.1	Kesan pengkarbonatan mortar, pengawetan di dalam udara (mm)	205
Rajah	5.2	Resapan air mortar, pengawetan di dalam air garam (%)	208
Rajah	5.3	Resapan air mortar, pengawetan di dalam udara (%)	208
Rajah	5.4	Resapan air purata spesimen ujian yang mengalami tempoh pengawetan di dalam air garam berbanding mortar kawalan	209
Rajah	5.5	Resapan air purata spesimen ujian yang mengalami tempoh pengawetan di dalam udara berbanding mortar kawalan	209
Rajah	5.6	Hubungan di antara resapan air (%) dengan tempoh pengawetan (hari) untuk mortar, pengawetan di dalam air garam sehingga tempoh ujian	211

Rajah 5.7	Hubungan di antara resapan air (%) dengan tempoh pengawetan (hari) untuk mortar, pengawetan di dalam udara sehingga tempoh ujian	212
Rajah 5.8	Kehilangan berat mortar, pengawetan di dalam larutan asid sehingga tempoh ujian (%)	215
Rajah 5.9	Kolerasi kehilangan berat mortar dengan tempoh masa pengawetan di dalam larutan asid.	216
Rajah 5.10	Resapan klorida dalam spesimen untuk tempoh pengawetan 30 hari	217
Rajah 5.11	Resapan klorida dalam spesimen untuk tempoh pengawetan 90 hari	218
Rajah 5.12	Resapan klorida dalam spesimen untuk tempoh pengawetan 180 hari	219
Rajah 5.13	Resapan klorida dalam spesimen untuk tempoh pengawetan 365 hari	219
Rajah 5.14	Peningkatan dalam kandungan klorida untuk tempoh pengawetan yang berbeza pada ketebalan teras mortar 5.0 mm daripada permukaan spesimen.	221
Rajah 5.15	Peningkatan dalam kandungan klorida untuk tempoh pengawetan yang berbeza pada ketebalan teras mortar 15.0 mm daripada permukaan spesimen.	222
Rajah 5.16	Peningkatan dalam kandungan klorida untuk tempoh pengawetan yang berbeza pada ketebalan teras mortar 25.0 mm daripada permukaan spesimen.	222

Rajah 5.17	Peningkatan dalam kandungan klorida untuk tempoh pengawetan yang berbeza pada ketebalan teras mortar 35.0 mm daripada permukaan spesimen.	223
Rajah 5.18	Peningkatan dalam kandungan klorida untuk tempoh pengawetan yang berbeza pada ketebalan teras mortar 45.0 mm daripada permukaan spesimen.	223
Rajah 5.19	Peningkatan dalam kandungan klorida untuk tempoh pengawetan yang berbeza untuk jumlah keseluruhan tebal sampel spesimen.	224
Rajah 5.20	Hubungan di antara peratusan kandungan klorida dengan ketebalan (mm) mortar untuk tempoh pengawetan selama 30 hari	224
Rajah 5.21	Hubungan di antara peratusan kandungan klorida dengan ketebalan (mm) mortar untuk tempoh pengawetan selama 90 hari	225
Rajah 5.22	Hubungan di antara peratusan kandungan klorida dengan ketebalan (mm) mortar untuk tempoh pengawetan selama 180 hari	225
Rajah 5.23	Hubungan di antara peratusan kandungan klorida dengan ketebalan (mm) mortar untuk tempoh pengawetan selama 365 hari	226
Rajah 5.24	Kesan pengubahsuaian polimer ke atas nilai ketelapan	231
Rajah 5.25	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar kawalan (MOKAW), pengawetan di dalam air garam	236

Rajah	5.26	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar terubahsuai lateks stirena butadiena (MOSBR), pengawetan di dalam air garam	236
Rajah	5.27	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar terubahsuai lateks getah asli (MOGA), pengawetan di dalam air garam	237
Rajah	5.28	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar terubahsuai resin epoksi (MOER), pengawetan di dalam air garam	237
Rajah	5.29	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar terubahsuai serbuk silika (MOSS), pengawetan di dalam air garam	238
Rajah	5.30	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar kawalan (MOKAW), pengawetan di dalam udara	238
Rajah	5.31	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar terubahsuai lateks stirena butadiena (MOSBR), pengawetan di dalam udara	239
Rajah	5.32	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar terubahsuai lateks getah asli (MOGA), pengawetan di dalam udara	239
Rajah	5.33	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar terubahsuai resin epoksi (MOER), pengawetan di dalam udara	240

Rajah 5.34	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kekuatan mampat mortar terubahsuai serbuk silika (MOSS), pengawetan di dalam udara	240
Rajah 5.35	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar kawalan (MOKAW), pengawetan di dalam air garam	243
Rajah 5.36	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar terubahsuai lateks stirena butadiena (MOSBR), pengawetan di dalam air garam	243
Rajah 5.37	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar terubahsuai lateks getah asli (MOGA), pengawetan di dalam air garam	244
Rajah 5.38	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar terubahsuai resin epoksi (MOER), pengawetan di dalam air garam	244
Rajah 5.39	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar terubahsuai serbuk silika (MOSS), pengawetan di dalam air garam	245
Rajah 5.40	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar kawalan (MOKAW), pengawetan di dalam udara	245
Rajah 5.41	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar terubahsuai lateks stirena butadiena (MOSBR), pengawetan di dalam udara	246

Rajah	5.42	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar terubahsuai lateks getah asli (MOGA), pengawetan di dalam udara	246
Rajah	5.43	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar terubahsuai resin epoksi (MOER), pengawetan di dalam udara	247
Rajah	5.44	Hubungan di antara nilai ketelapan dan kadar peratusan resapan air mortar terubahsuai serbuk silika (MOSS), pengawetan di dalam udara	247
Rajah	6.0	Hubungan di antara kekuatan mampat dengan tempoh masa pengawetan untuk spesimen ferosimen	261
Rajah	6.1	Hubungan di antara kekuatan lentur dengan tempoh masa pengawetan untuk spesimen ferosimen	261
Rajah	6.2	Hubungan di antara kekenyalan modulus Young dengan tempoh masa pengawetan untuk spesimen ferosimen	262
Rajah	6.3	Hubungan di antara bebanan dengan pesongan struktur ferosimen untuk tempoh pengawetan selama 30 hari	270
Rajah	6.4	Hubungan di antara bebanan dengan pesongan struktur ferosimen untuk tempoh pengawetan selama 90 hari	271
Rajah	6.5	Hubungan di antara bebanan dengan pesongan struktur ferosimen untuk tempoh pengawetan selama 180 hari	272
Rajah	6.6	Hubungan di antara bebanan dengan pesongan struktur ferosimen untuk tempoh pengawetan selama 365 hari	273
Rajah	6.7	Bentuk atau corak rekahan struktur ferosimen untuk tempoh masa pengawetan 30 hari	283

Rajah 6.8	Bentuk atau corak rekahan struktur ferosimen untuk tempoh masa pengawetan 90 hari	283
Rajah 6.9	Bentuk atau corak rekahan struktur ferosimen untuk tempoh masa pengawetan 180 hari	284
Rajah 6.10	Bentuk atau corak rekahan struktur ferosimen untuk tempoh masa pengawetan 365 hari	284
Rajah 7.0	Nilai kekuatan lentur (f_{cf}) dan kekuatan mampat (f_{cu}) mortar untuk tempoh masa pengawetan selama 12 bulan	293
Rajah 7.1	Bahagian bawah spesimen ujian diletakkan alat pengukur untuk mengukur pesongan yang disebabkan oleh beban statik yang dikenakan	295
Rajah 7.2	Nilai beban rekahan pertama (F_{cr}) dan beban muktamad (F_u) untuk tempoh masa pengawetan selama 12 bulan	297
Rajah 7.3	Nilai pesongan yang ditunjukkan pada masa berlaku beban rekahan pertama (F_{cr}) dan beban muktamad (F_u) untuk tempoh masa pengawetan selama 12 bulan	298
Rajah 7.4	Purata lebar rekahan ferosimen	300
Rajah 7.5	Purata jarak rekahan ferosimen	301
Rajah 7.6	Bilangan rekahan ferosimen	302

ABSTRAK

Masalah utama yang dihadapi di dalam industri pembinaan ialah masalah ketahanan struktur konkrit terhadap keadaan persekitaran dan kakisan tetulang besi oleh ion-ion klorida. Untuk mengatasi permasalahan ini beberapa kaedah telah dipraktikkan. Salah satu kaedah ialah dengan menggunakan bahan yang mempunyai ciri-ciri mekanikal dan nilai estatika yang tinggi, iaitu melalui kaedah pengubahsuaian polimer di dalam rekabentuk mortar dan konkrit. Hasil perkembangan ini beberapa jenis campuran polimer untuk mortar dan konkrit telah dihasilkan. Ini menjadikan mortar dan konkrit terubahsuaai polimer adalah bahan pembinaan yang popular kerana wujud keseimbangan yang baik antara kos dan prestasinya. Untuk mencapai ciri-ciri konkrit yang dikehendaki, kajian eksperimen ke atas beberapa jenis campuran polimer adalah diperlukan. Ciri-ciri konkrit yang dihasilkan akan dapat dipertingkatkan melalui penyelidikan dan penemuan kuantiti campuran bahan yang optimum. Perkembangan penggunaan bahan polimer di dalam campuran mortar dan konkrit, mendesak para penyelidik menjalankan kajian penyelidikan yang lebih intensif untuk menghasilkan rekabentuk campuran bahan polimer dengan mortar dan konkrit yang lebih baik cirinya.

Hasil kajian menunjukkan dengan percampuran bahan polimer iaitu lateks stirena butadiena (SBR), resin epoksi (ER) dan lateks getah asli (GA) di dalam mortar bukan sahaja telah mempertingkatkan keupayaan kekuatan lentur pada mortar tetapi juga telah mempertingkatkan ciri-ciri ketahanan, iaitu dengan mengurangkan kekenyalan modulus,

resapan air, pengecutan dan pengembangan, resapan klorida dan ketelapan udara. Sementara itu kaedah pengawetan selama 28 hari di dalam air pada peringkat awal pengawetan, dapat mengurangkan hidrasi simen serta dapat membantu pembentukan lapisan nipis filem polimer di sekeliling partikel simen yang dapat menutupi liang-liang roma kecil yang wujud di antara partikel simen dan agregat. Peringkat pengujian struktur dan prestasi kekuatan, dengan percampuran bahan polimer di dalam spesimen ferosimen telah menunjukkan nilai beban rekahan pertama, beban muktamad dan beban-pesongan struktur yang lebih tinggi daripada ferosimen kawalan atau biasa. Hasil ujian peringkat struktur, menunjukkan ferosimen terubahsuai polimer mengalami lebar rekahan dan jarak rekahan yang lebih kecil berbanding ferosimen kawalan atau biasa.

PERFORMANCE OF POLYMER MODIFIED MORTAR IN FERROCEMENT

ABSTRACT

Deterioration of the concrete may be due to the environmental conditions and corrosion of steel reinforcement as a result of chloride ions has become a major problem in reinforced concrete structures. In an attempt to combat the problem various methods have been used. One of the ways to make a material of high mechanical properties and high aesthetic values is through a polymer modification of mortar and concrete. As a result, various polymer-based admixture have been developed, and polymer modified mortar and concrete using them are currently popular construction material because of their good cost-performance balance. To achieve desired concrete properties, experimental research on certain types of polymer admixture is necessary. Through researching and finding the optimal admixture quantity, concrete properties can be significantly improved. The wide applications of polymer modification for mortar and concrete urges researchers to carry out extensive work in order to establish a good base for this development.

The test result show that the addition of polymer emulsions, namely a styrene butadiene latex (SBR), epoxy resin (ER) and natural rubber latex (GA) to the mixes improve not only the flexural strength of the mortar matrix, but also enhance the durability characteristics of the material by reducing the modulus of elasticity, water absorption, shrinkage and expansion, chloride penetration and oxygen permeability. Initial water curing for 28 days allows the cement hydration to proceed, and enables the polymers

particles to coalesce to form a continuous layer of polymer films which partially fills the smaller voids and microspores, surrounds the aggregate and coats the gel resulting in a less porous, and a less permeable mortar matrix. Polymer modification also enhances the flexural properties of ferrocement by exhibiting higher first crack and ultimate loads, and smaller cracks width and crack spacing.

BAB 1

MUQADDIMAH

1.1 PENGENALAN

Teknologi mortar dan konkrit telah diperkenalkan sejak 170 tahun dahulu lagi. Kemunculan teknologi mortar dan konkrit pada masa itu telah membuka era baru dalam teknologi pembinaan. Struktur-struktur yang dahulunya lebih banyak menggunakan bahan-bahan tradisional seperti kayu, kini menggunakan mortar dan konkrit sebagai bahan pembinaan utama. Pada dasarnya, mortar dan konkrit terdiri daripada bahan simen, agregat dan air yang diadunkan untuk membentuk satu komposisi campuran yang berjeleket dan mudah dikerjakan. Ciri-ciri fizikal dan mekanikal ketiga-tiga bahan ini, iaitu simen, agregat dan air akan mempengaruhi mutu dan kekuatan mortar dan konkrit yang dihasilkan.

Namun begitu salah satu masalah utama yang dihadapi di dalam industri pembinaan ialah masalah kekuatan dan ketahanan konkrit terhadap persekitaran yang agresif seperti keadaan berasid, beralkali, garam daripada air laut, pencemaran dan sebagainya. Di negara-negara yang mengalami iklim cuaca sejuk contohnya, kebanyakan kemudahan infrastruktur seperti jalan raya dan jambatan mudah mengalami masalah penghidratan yang agresif daripada klorida terhadap mortar dan konkrit biasa pada masa dan selepas

musim salji turun. Selain itu juga keretakan dan kakisan pada mortar dan konkrit yang berlaku ini juga disebabkan oleh tindakbalas oksigen, karbon dioksida dan juga persekitaran yang berasid. Kesan daripada tindakbalas ini akan menyebabkan struktur jalan raya dan jambatan akan menjadi lemah dan hilang daya kekuatannya (Ohama Y., 1998). Manakala di negara-negara Teluk seperti Kuwait, Mesir, Jordan dan lain-lain. Kemudahan infrastruktur yang dibina menggunakan mortar dan konkrit biasa juga mengalami masalah serangan garam daripada air laut dan juga masalah kandungan sulfat yang tinggi di dalam tanah. Merujuk kepada kajian yang dijalankan oleh El-Hawary M., *et al.* (1998), iaitu pengkarbonatan ke atas struktur konkrit dalam persekitaran panas kering di perairan Kuwait. Dalam kajian yang dijalankan ke atas 50 buah bangunan yang dibina daripada konkrit, mendapati kesemuanya mengalami masalah pengkarbonatan yang tinggi.

Begitu juga di Malaysia, kebanyakan infrastruktur seperti jambatan, jeti, jalan raya dan lain-lain lagi yang dibina menggunakan konkrit mengalami masalah kekuatan dan ketahanan struktur terhadap persekitaran yang agresif seperti pengkarbonatan dan penghidratan. Keadaan ini memberikan kesan dari segi peningkatan kos penyenggaraan dan pembaikan. Oleh itu penggunaan mortar dan konkrit biasa di dalam pelbagai keadaan persekitaran adalah tidak efektif dan tidak dapat menyelesaikan masalah ini dalam jangka panjang. Langkah penggunaan cerucuk besi di dalam konkrit biasa mungkin akan dapat menambahkan kekuatan dan ketahanan konkrit dalam satu jangka masa tertentu sahaja. Tetapi perkara ini mungkin melibatkan penambahan kos pembinaan yang tinggi dan masalah kualiti mortar dan konkrit mungkin tidak dapat diselesaikan sepenuhnya. Ini adalah kerana masalah berkaitan kekuatan dan ketahanan mortar dan konkrit akan berlaku selepas satu masa yang tak dijangkakan.

Ohama Y. (1996), dalam penyelidikannya melaporkan yang bahan mortar dan konkrit biasa mengambil masa yang terlalu lama untuk mencapai kekuatan mampat. Selain mempunyai kekuatan tegang dan lentur yang lemah, masalah pengembangan dan pengucupan adalah tinggi yang disebabkan oleh perubahan haba dan juga daya rintangan yang lemah terhadap tindakbalas kimia dan alkali. Pendapat beliau ini juga disokong oleh Ramli M. (1998), di dalam kajiannya berkaitan peranan polimer dalam pengubahsuaian ke atas ciri-ciri kejuruteraan mortar simen. Oleh itu penggunaan bahan polimer di dalam mortar dan konkrit adalah merupakan salah satu alternatif yang boleh diambil dan diketahui akan daya ketahanan dan kekuatannya dalam mengatasi masalah pengkarbonatan dan penghidratan. Dengan adanya kajian dan pembangunan penyelidikan yang berterusan mengenai polimer di dalam mortar dan konkrit ini masalah kelemahan mortar dan konkrit biasa dapat diselesaikan. Ia juga dapat mengurangkan kos kerja-kerja penyenggaraan dan pembaikan pada struktur mortar dan konkrit.

Secara umumnya, penggunaan polimer di dalam konkrit telah mula diperkenalkan sejak lebih 70 tahun dahulu lagi. Konkrit isian polimer (*polymer impregnated concrete*) merupakan konkrit komposit polimer yang pertama yang mendapat perhatian orang ramai. Manakala konkrit polimer (*polymer concrete*) dan simen konkrit terubahsuai polimer (*polymer modified cement concrete*) telah mula diperkenalkan secara meluas pada tahun 1970an untuk kerja-kerja pembaikan dan lapisan permukaan lantai, jambatan dan komponen konkrit pasang siap (Ohama Y., 1998). Mikhailov, *et al.* (1992), telah mengkategorikan polimer di dalam mortar dan konkrit mengikut nama mortar dan konkrit yang dihasilkan. Konkrit isian polimer (*polymer impregnated concrete*) ialah konkrit polimer jenis monomer seperti *polymethyl methacrylate* (PMA), *methl*

methacrylate (MMA) dan sulfur. Monomer ini akan dimasukkan ke dalam retakan dan ruang-ruang kosong yang terbentuk di dalam konkrit keras dengan kaedah tekanan, rendaman pada suhu tertentu, pemanasan dan sebagainya supaya berlaku proses pempolimeran. Konkrit polimer jenis ini mempunyai kekuatan dan ketahananlasakan yang tinggi serta ekonomi dan juga merupakan salah satu alternatif kompetitif dalam mencapai kekuatan yang wajar di tempat yang asal. Keadaan ini tidak boleh dilakukan oleh mortar atau konkrit biasa. Walau bagaimanapun penggunaan konkrit isian polimer adalah terhad kepada rekabentuk konkrit nipis panel pasang siap dan juga kerja-kerja perbaikan permukaan jalanraya. Masalah ini adalah disebabkan jarak pengisian polimer di dalam ruang-ruang kosong konkrit keras adalah terhad.

Manakala konkrit polimer (*polymer concrete*) ialah konkrit yang tidak menggunakan simen dan air untuk mengikat agregat. Tetapi sebaliknya ia menggunakan monomer resin seperti epoksi, *polyurethane*, *polyester* dan sebagainya untuk mengikat agregat bagi meningkatkan prestasi ketahanan dan ketahananlasakan mortar atau konkrit. Konkrit polimer ini juga dikenali sebagai konkrit plastik, kerana ia menggunakan kaedah pempolimeran dengan cara pemanasan dan penyejukan atau sebaliknya supaya proses pempolimeran berlaku. Penggunaan konkrit polimer di dalam industri pembinaan adalah terhad konkrit pasang siap dan juga sebagai lapisan kemas pada permukaan konkrit atau dalam kerja-kerja perbaikan.

Kategori ketiga polimer mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer (*polymer modified cement mortar and concrete*) . Ia adalah merupakan campuran mortar atau konkrit biasa dengan polimer sebagai bahan tambah. Tindakbalas di antara simen dan polimer akan membentuk jisim yang saling mengikat antara satu sama lain, bagi

mempertingkatkan lagi kekuatan bahan tersebut. Mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer juga telah diketahui sebagai bahan yang mempunyai ciri-ciri kadar resapan yang rendah. Ini kerana partikel-partikel polimer lateks yang mempunyai saiz-saiz zarah yang lebih kecil akan dapat mengisi lompong-lompong yang wujud di antara simen, agregat dan air. Keadaan ini menjadikan mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer adalah lebih kalis air, kerana lapisan polimer yang terbentuk akan dapat mengurangkan resapan air daripada memasuki ke dalam mortar atau konkrit. Keadaan kering ini juga menjadikan ketahanan mortar atau konkrit tersebut lebih kuat berbanding mortar atau konkrit biasa.

Menurut laporan oleh *ACI Committee 548*, (1992) dengan kandungan polimer sebanyak 20 %, kadar pengoksidaan yang berlaku mungkin dapat dikurangkan melebihi 75 %. Mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer ini juga mempunyai tahap rintangan yang tinggi terhadap klorin, berdasarkan kajian oleh Metha (1986) ke atas mortar simen terubahsuai latek *acrylic* dengan 3 % *sodium chloride* untuk tempoh masa 60 hari. Keputusan ujian yang sama juga telah dilaporkan oleh Swamy dan Nagao, (1995) daripada ujian yang telah dijalankan ke atas papak mortar simen terubahsuai polimer dengan 4 % *sodium chloride*. Pendedahan mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer ke atas keadaan sejuk dan panas secara berulang kali selama 60 hari, mendapati mortar simen dan konkrit tersebut mengalami sedikit kakisan, manakala mortar dan konkrit konvensional mengalami lubang-lubang yang teruk dan terhakis. Hasil ujian ini juga mendapati mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer mengalami kadar penembusan garam dan air yang rendah dan juga tahan lasak terhadap persekitaran agresif (Swamy dan Nagao, 1995).

Ohama Y. (1995), juga mendapati mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer adalah merupakan salah satu jenis mortar dan konkrit polimer yang sesuai untuk memperbaiki beberapa kelemahan pada simen mortar dan konkrit biasa. Selain daripada itu juga, ia mudah di rekabentuk dan mempunyai kos yang efektif untuk membuat campuran komposit tersebut, di mana kuantiti polimer yang digunakan hanya 10 % hingga 20 % daripada kuantiti simen yang digunakan. Di antara bahan polimer yang digunakan di dalam rekabentuk mortar simen dan konkrit terubahsuai ialah jenis getah asli, polimer sintetik, *redispersible polymer powders*, polimer terlarut air, cecair resin dan monomer. Manakala dari segi ketahanan dan kekuatan mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer. Ciri-ciri kebaikan seperti tahan lasak, tidak telap air, tahan kerosakan akibat air laut dan persekitaran agresif serta dapat memerangkap udara di dalam konkrit.

Penggunaan polimer di dalam konkrit seperti pembinaan struktur jambatan adalah perkara yang universal di Amerika Syarikat. Merujuk kepada laporan Fowler, (1990) lebih kurang 60,000 cum konkrit terubahsuai polimer telah digunakan dalam pembinaan infrastruktur yang baru dan juga kerja-kerja pembaikan. Ini jelas membuktikan mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer memberikan kesan yang efektif dalam menghalang resapan ion klorida daripada menembusnya. Selain itu juga sistem matrik polimer dalam mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer juga berupaya menghalang keliangan dan keretakan kecil, dan juga menghalang kelembapan serta oksigen dan garam daripada menembusi konkrit. Keadaan ini memberikan struktur simen konkrit terubahsuai polimer lebih daya ketahanan. Di Jepun contohnya, mortar simen terubahsuai polimer telah digunakan secara meluas dalam bahan pembinaan untuk kerja-kerja pembaikan dan juga pengemasan permukaan struktur.

Hasil kajian terdahulu juga menunjukkan terdapat hanya sedikit aliran lembapan terhadap polimer di dalam mortar dan konkrit berbanding mortar dan konkrit biasa apabila didedahkan pada air dan udara berselang-seli. Resapan air dan pengembangan terhadap mortar dan konkrit ini turut dihalang apabila bahan polimer digunakan di dalam mortar dan konkrit. Lapisan polimer yang terbentuk mengurangkan resapan air dari memasuki mortar atau konkrit dan keadaan kering ini akan menjadikan lapisan polimer lebih keras dan menghalang resapan air ke dalam. Ini menjadikan mortar atau konkrit polimer adalah lebih kalis air. Selain sifat bahan polimer yang berupaya untuk mengikat zarah simen dan agregat, ia juga menjadikan mortar atau konkrit berpolimer mempunyai nilai kekuatan lentur yang tinggi. Namun begitu kekuatan mampat mortar atau konkrit berpolimer adalah lebih rendah akibat sifat bahan polimer itu sendiri. Tetapi bahan polimer seperti resin boleh menghasilkan kekuatan mampat lebih tinggi daripada mortar atau konkrit biasa. Atas sifat polimer di dalam fasa mortar atau konkrit, yang berupaya menghasilkan mortar atau konkrit yang begitu kalis air, maka ketahanan jangka panjang mortar atau konkrit berpolimer adalah baik. Mortar atau konkrit sedemikian mempunyai sifat rintangan yang tinggi terhadap sebarang pendedahan dan persekitaran yang lebih agresif seperti air laut, cecair agresif dan gas toksid yang tidak mudah menembusi lapisan mortar atau konkrit polimer. Begitu juga sifatnya terhadap ketelapan air, resapan dari klorida, sulfat dan sebagainya.

Objektif penyelidikan ini adalah seperti berikut :-

1. Membangunkan rekabentuk campuran untuk kekuatan dan ketahanan dalam kesan kaedah pengawetan yang berbeza ke atas ciri-ciri kejuruteraan mortar terubahsuai polimer.
2. Mengkaji ketahanan mortar terubahsuai polimer terhadap beberapa kaedah pendedahan persekitaran contohnya air garam, asid , udara dan secara kitaran.
3. Mengkaji hubungkait ciri-ciri mekanik dan ketahanan mortar terubahsuai polimer dalam bentuk persamaan seperti hubungan di antara kekuatan mampat dan resapan air, kekuatan mampat dan ketumpatan, resapan air dan ketumpatan dan sebagainya.
4. Mengkaji ketahanan ferosimen terubahsuai polimer di dalam struktur dan prestasi kekuatan apabila menerima bebanan.

Skop penyelidikan ini ialah mengkaji prestasi kekuatan dan ketahanan dalam kesan kaedah pengawetan yang berbeza ke atas ciri – ciri kejuruteraan, mekanik dan struktur ke atas mortar dan ferosimen terubahsuai polimer iaitu lateks stirena butadiena, resin epoksi dan lateks getah asli berbanding dengan mortar dan ferosimen kawalan atau biasa. Selain itu mortar dan ferosimen terubahsuai serbuk silika juga merupakan salah satu bahan yang digunakan sebagai bahan perbandingan dengan bahan polimer.

Kajian tertumpu terhadap ciri-ciri kekuatan dan ketahanan dalam keadaan pendedahan agresif seperti di dalam air garam, larutan asid dan udara dengan tempoh maksima pendedahan adalah selama 365 hari. Ujian-ujian yang dijalankan ke atas kiub dan prisma mortar ialah ketumpatan, keboleherjaan, kekuatan mampat, kekuatan lentur, halaju denyut, kekenyalan modulus dinamik, pengkarbonatan, resapan air, resapan klorida, pengembangan dan pengecutan, kehilangan berat dan juga ketelapan oksigen. Hasil analisis akan dibuat perbandingan ciri-ciri kekuatan dan ketahanan dengan mortar simen biasa dan mortar simen terubahsuai serbuk silika sebagai bahan perbandingan dengan polimer yang digunakan.

Untuk ujian struktur ke atas ferosimen dalam prestasi kekuatan dan ketahanan apabila menerima bebanan. Kaedah ujian pembebanan adalah dengan menggunakan kaedah pembebanan empat titik. Parameter ujian yang dijalankan ialah beban-pesongan, beban permulaan rekahan, beban muktamad, lebar rekahan dan bilangan rekahan. Tempoh maksima pengawetan ialah selama 365 hari dalam dua persekitaran yang berbeza iaitu di dalam air garam dan udara secara pendedahan berulang.

Tesis ini mengandungi 8 bab yang merangkumi aspek utama kejuruteraan bahan dan kekuatan serta ketahananlasakan mortar simen dan konkrit terubahsuai polimer.

Di dalam Bab 1, ia merangkumi pengenalan terhadap projek penyelidikan serta kepentingan dan juga objektif projek penyelidikan ini dijalankan.

Bab 2, menerangkan kajian literatur tentang sejarah teknologi mortar berpolimer dalam konkrit. Selain itu juga di dalam bab ini juga menerangkan prinsip dan kaedah penghasilan polimer, klasifikasi bahan campuran tambahan berasaskan polimer, faktor-faktor yang mempengaruhi ciri-ciri kejuruteraan mortar dan konkrit terubahsuai polimer, ciri-ciri mortar dan konkrit terubahsuai polimer, aktiviti penyelidikan dan pembangunan mortar dan konkrit terubahsuai polimer .

Bab 3, pula menerangkan metodologi kajian dan ciri-ciri bahan yang digunakan di dalam penyelidikan ini. Iaitu dari segi kaedah pengawetan dan tempohnya, perincian ujian yang dijalankan iaitu ujian turun, ujian kekuatan mampat, ujian kekuatan lentur, ujian halaju denyut, ujian kekenyalan modulus dinamik, ujian kesan pengkarbonatan, ujian resapan air, ujian ketelapan, ujian pengembangan dan pengecutan, ujian kehilangan berat, ujian resapan klorida dan ujian beban-pesongan dan pengukuran rekahan. Dalam bab ini juga menerangkan rekabentuk campuran untuk mortar di dalam eksperimen yang dijalankan.

Bab 4, membincangkan prestasi kejuruteraan mortar terubahsuai polimer, dari segi ciri-ciri kekuatan mortar terubahsuai polimer seperti kestabilan dimensi iaitu mengenai perubahan dimensi seperti pengembangan dan pengecutan, sifat-sifat kejuruteraan iaitu dari segi kekuatan mampat dan kekuatan lentur serta hubungan di antara kekuatan mampat dan kekuatan lentur, sifat-sifat fizikal seperti ketumpatan, kekenyalan, halaju denyut dan kualiti mortar, hubungan antara halaju denyut dengan kekuatan mampat dan kekenyalan. Kaedah penentuan parameter-parameter kekuatan mortar terubahsuai polimer terhadap kaedah pengawetan atau pendedahan seperti halaju denyut, ketumpatan, kekuatan mampat, kekuatan lentur dan perubahan dimensi juga diterangkan secara terperinci.

Bab 5, membincangkan ciri-ciri ketahanan dan pendedahan agresif mortar terubahsuai polimer seperti pengkarbonatan, resapan air, ketelapan, kehilangan berat dan resapan klorida. Selain itu juga, dalam bab ini akan membincangkan kesan pengubahsuaian polimer dan kaedah pengawetan terhadap ciri-ciri ketahanan mortar terubahsuai polimer serta hubungan di antara ketelapan dengan kekuatan mampat dan resapan air.

Bab 6, membincangkan prestasi struktur ferosimen terubahsuai polimer di dalam pembebanan statik. Di dalam bab ini menerangkan objektif, program eksperimen dan juga ujian-ujian yang dijalankan ke atas ferosimen terubahsuai polimer yang mengalami pengawetan dalam dua persekitaran yang berbeza secara pendedahan berulang iaitu di dalam air garam dan udara. Parameter ujian seperti beban-pesongan, beban permulaan rekahan, beban muktamad, lebar rekahan dan bilangan rekahan juga dibincangkan.

Bab 7, membicarakan pengujian ketahanan struktur ferosimen terubahsuai polimer dalam pendedahan berulang. Bab ini juga menerangkan rekabentuk sesebuah struktur kejuruteraan seperti perhubungan tegasan dan keterikan. Parameter ujian seperti beban-pesongan, beban permulaan rekahan, beban muktamad, lebar rekahan dan bilangan rekahan dibincangkan untuk memperlihatkan kesesuaiannya di dalam struktur dan prestasi kekuatan apabila menerima bebanan.

Bab 8, merupakan kesimpulan hasil penyelidikan dan analisis yang dijalankan serta cadangan-cadangan untuk kajian lanjut.

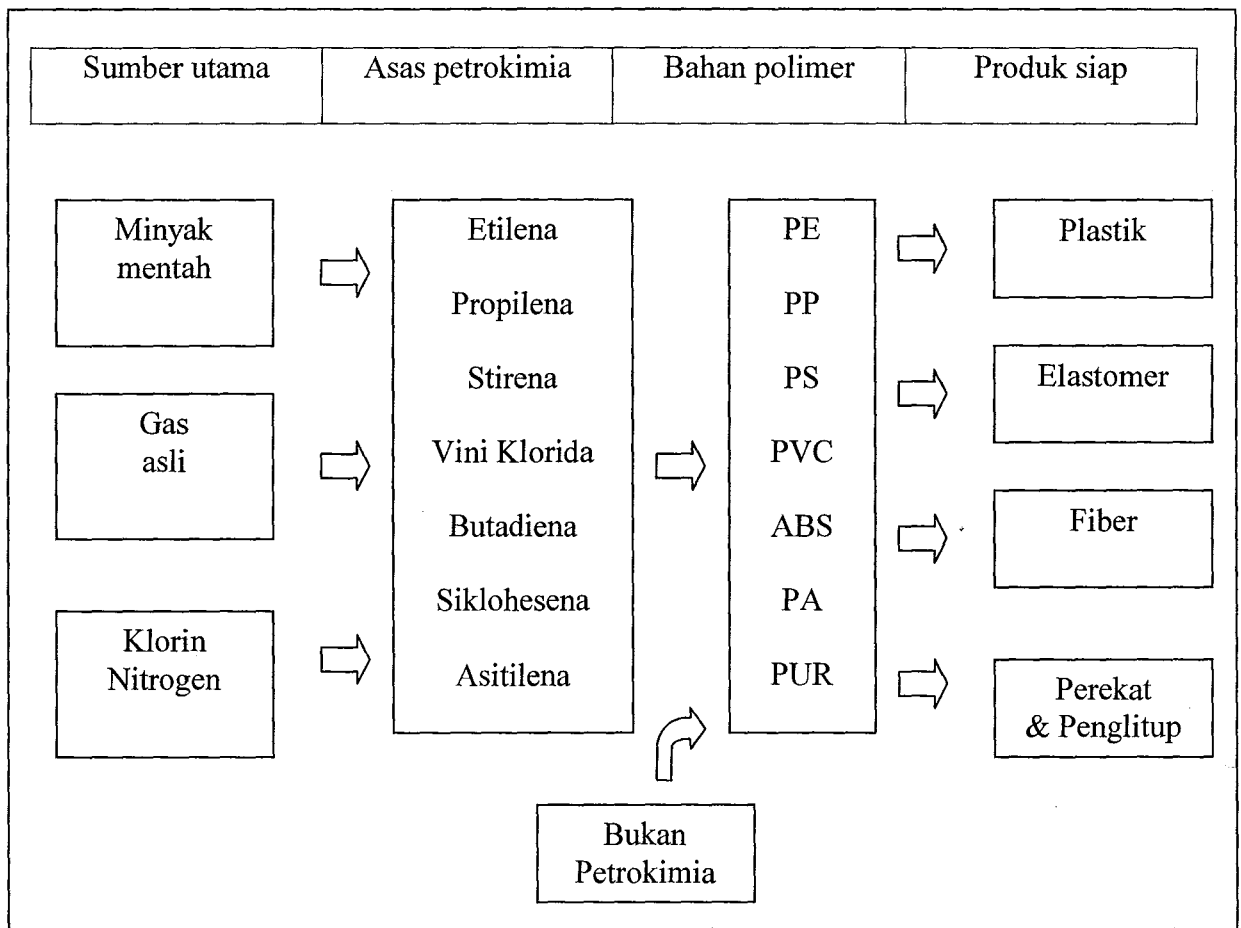
BAB 2

TEKNOLOGI MORTAR DAN KONKRIT BERPOLIMER

2.1 PENGENALAN

Polimer dibahagikan kepada tiga jenis polimer utama iaitu termoplastik, termoset dan elastomer. Polimer termoplastik seperti *Polyacrylic ester* (PAE), *Poly (ethylene-vinly acetate)* (EVA), *Poly (styrene-acrylic ester)* (SAE), *Polyvinly propionate* (PVP), *Polyproplene* (PP) dan *Polyvinly acetate* (PVAC) adalah polimer yang mudah bentuk iaitu melembut apabila dipanaskan dan mengeras apabila disejukkan. Proses melembut dan mengeras ini boleh diulang-ulang. Polimer termoset seperti polyester dan epoksi, apabila dipanaskan akan melembut dan mengeras apabila disejukkan, tetapi proses ini tidak boleh diulang balik. Polimer elastomer iaitu asli dan sintetik pula ialah polimer yang mempunyai keupayaan untuk kembali ke dimensi asalnya apabila beban dikenakan ke atasnya dialihkan. Jenis polimer elastomer yang bersifat sedemikian termasuklah polimer asli seperti getah asli. Polimer sintetik elastomer pula terdiri dari SBR (Lateks stirena butadiena), CR (*Choroprene rubber*), MBR (*methyl methacrylate-butadiene rubber*), *polikloropren*, EPM (*ethylene-propylene rubber*) dan lain-lain lagi (Yusof, M.Z., 2000). Sifat-sifat fizikal polimer pula boleh diperolehi dalam berbagai bentuk seperti amorfos keras, polimer separa hablur, fiber, cecair dan sebagainya. Walaupun monomer-monomer lateks sintetik yang dihasilkan mempunyai berbagai nama seperti

epoksi, polyester, PVAC, PAE, SBR dan sebagainya. Dari segi bahan mentah utama yang digunakan untuk menghasilkan polimer-polimer tersebut adalah sama iaitu minyak mentah, gas asli dan nitrogen klorin adalah seperti yang ditunjukkan di Rajah 2.0 (Hall, 1989).

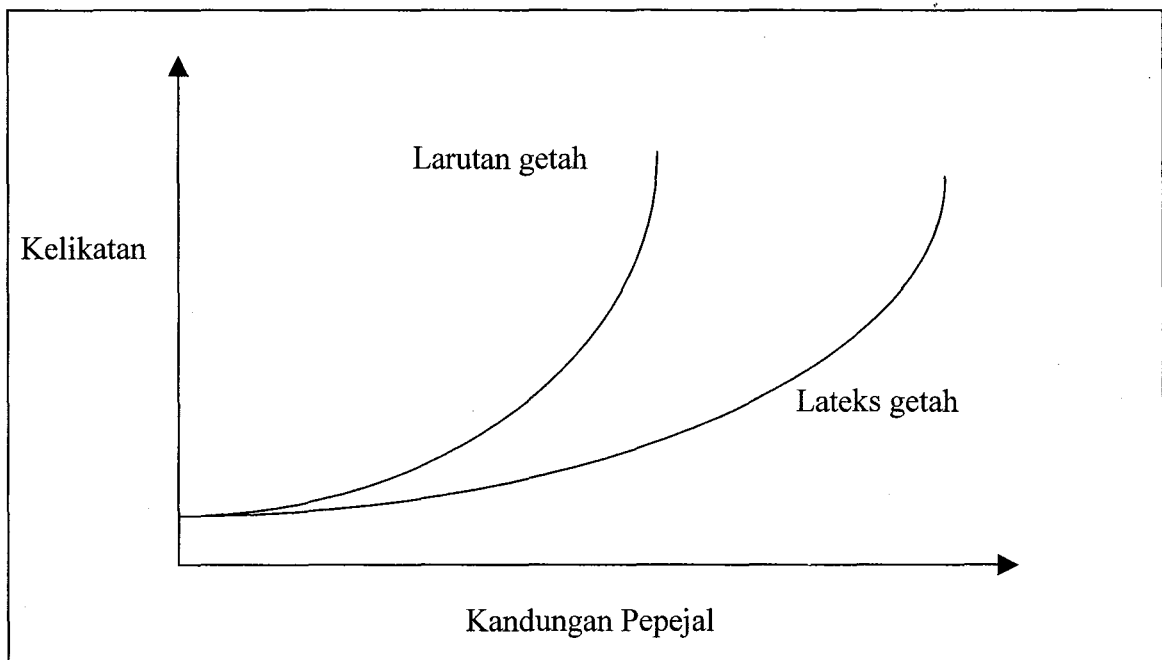


Rajah 2.0 : Bahan mentah untuk penghasilan polimer (Hall, 1989)

Lateks ialah suatu sebaran yang mengandungi zarah-zarah polimer di dalam air. Ia boleh membahagikan lateks kepada dua jenis :-

- a. Lateks getah asli, iaitu lateks yang didapati daripada jenis pokok "*Hevea brasiliensis*".
- b. Lateks sintetik, iaitu polimer-polimer yang disediakan dengan cara pempolimeran emulsi.

Di dalam suatu lateks, terdapat rantai polimer yang panjang di dalam zarah-zarah tetapi di dalam suatu larutan polimer, rantai-rantai polimer disebarkan di dalam pelarut. Suatu perbezaan yang penting di antara lateks dan larutan ialah pada suatu kelikatan yang tertentu lateks mempunyai kandungan pepejal yang lebih tinggi, seperti ditunjukkan di dalam rajah 2.1 (Meng K. C., *et al.*, 1987).



Rajah 2.1. Perhubungan di antara kelikatan dan kandungan pepejal (Meng K. C., *et al.*, 1987).

Kandungan pepejal adalah suatu sifat yang penting. Di dalam kebanyakan penggunaan, seperti pencelupan, kandungan pepejal yang tinggi diperlukan. Bagi larutan getah, kelikatan yang terlalu tinggi itu akan menimbulkan masalah pemprosesan.

2.3 LATEKS GETAH SINTETIK

Lateks getah sintetik pertama dibuat di Jerman semasa Perang Dunia Pertama, iaitu polidimetil butadiena (getah metil). Pengeluaran getah ini diberhentikan apabila tamat perang. Dalam tahun 1926, getah sintetik komersil yang pertama diperkenalkan di Jerman dengan nama Buna. Ia dihasilkan secara pempolimeran butadiena dengan menggunakan natrium sebagai pemangkin. Sejak itu, pengeluaran getah sintetik telah berkembang dengan pesatnya. Hari ini getah sintetik digunakan sebanyak dua pertiga daripada jumlah penggunaan getah dunia.

Terdapat beberapa faktor yang menyumbang bertumbuhnya pengeluaran getah sintetik, iaitu :-

- a. Getah asli hanya dikeluarkan oleh negara yang beriklim tropika. Pengeluarannya tidak mencukupi untuk memenuhi permintaan getah dunia. Untuk mengelakkan masalah ini, negara Barat terpaksa mengorak langkah untuk mencipta getah sintetik.
- b. Harga getah asli yang agak tinggi dan tidak menentu.
- c. Keupayaan negara Barat yang berjaya mengeluarkan getah sintetik dan mempunyai sifat-sifat yang setanding dengan getah asli.

Pada umumnya getah sintetik boleh dikelaskan kepada dua kategori utama, iaitu :-

- a. Getah yang mempunyai kegunaan umum. Penggunaan yang paling banyak adalah dalam pembuatan tayar pneumatik, iaitu 60 %. Elastomer yang termasuk dalam kelas ini ialah lateks stirena butadiena (SBR), poliisoprena, polibutadiena dan lateks etilena-propilena (EPDM).
- b. Getah yang dihasilkan untuk kegunaan khusus. Contohnya getah yang digunakan untuk menghasilkan produk getah yang tahan kepada rintangan kimia. Ini termasuklah lateks isobutilena-isoprena (IIR), polikloroprena, lateks akrilonitril butadiena (NBR) dan elastomer termoplastik (TPE).

2.3.1 Lateks Stirena Butadiena (SBR)

Lateks stirena butadiena adalah merupakan getah sintetik hidrokarbon yang paling banyak digunakan. Ia mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan getah asli terutama dalam pembuatan tayar dan barangan kegunaan mekanik. SBR ialah kopolimer rawak yang terdiri daripada butadiena dan stirena. SBR juga ialah polimer hidrokarbon seperti getah asli dan tidak mempunyai ketahanan terhadap minyak atau bahan api. SBR ialah polimer amorfus dengan kumpulan sisi yang besar, iaitu stirena yang mencegah penghabluran. Ia juga merupakan polimer yang tidak boleh menguat secara sendiri dan perlu diperkuatkan dengan CB, silika atau silikat untuk mendapatkan sifat-sifat fizikal yang baik.

Antara sifat-sifat lateks stirena butadiena (SBR) yang lain adalah :-

- a. SBR tidak begitu popular dibandingkan dengan getah asli. Jadi ia tidak digunakan dalam penggunaan dinamik.
- b. Kurang reaktif daripada getah asli dan memerlukan sistem pematangan yang lebih aktif.
- c. Mempunyai rintangan yang lebih baik kepada penuaan sekitaran dan pada suhu tinggi.
- d. SBR mempunyai ikatan dubel (tak tepu) dalam rantaian tulang belakang. Untuk kegunaan umum ia memerlukan kehadiran satu atau dua bahagian antipengoksidaan.
- e. Memerlukan sistem pematangan yang mengandungi kurang sulfur tetapi paras pencepat organik yang lebih tinggi sedikit. Contohnya zink oksida pada kepekatan 3-5 bsg dan 1-2 bsg asid stearik. Sulfur pula pada kepekatan 1-2 bsg dengan 1 bsg MBTS atau sulfenamida.

2.4 LATEKS GETAH ASLI

Sejarah industri getah bermula sejak penemuan getah asli oleh Christopher Columbus dalam tahun 1493. Nilai sebenar getah ini mula diketahui dalam tahun 1840 apabila Goodyear dan Hancock menemui proses pemvulkanan. Terdapat lebih kurang 2000 spesis tumbuhan menghasilkan lateks yang mengandungi polisoprena. Hanya getah *Hevea Brasiliensis* sahaja yang mempunyai nilai komersil. Ia berasal dari Lembah Amazon di Amerika Selatan dan diperkenalkan ke Asia Tenggara dalam tahun 1877. Pengeluaran getah bermula pada tahun 1913. Keperluan kepada getah meningkat sejak tahun 1900-an kerana penggunaan tayar pneumatik dalam kenderaan bermotor.

Manakala industri getah asli mula bertapak di Malaysia dengan tibanya beberapa biji benih pertama ke negara ini dari Brazil melalui London, Sri Lanka dan Singapura dua abad yang lalu. Penanaman pokok getah secara komersial atau perladangan berkembang pesat sehingga menjadi suatu identiti yang penting negara. Perancangan yang lengkap serta sokongan logistik dan penyelidikan yang tepat membantu dalam menjayakan industri ini. Tertubuhnya Pusat Penyelidikan Getah Asli Malaya pada tahun 1936 menunjukkan tahap kesedaran yang tinggi oleh pihak yang terlibat terhadap penyelidikan dalam membantu industri ini.

Secara kimianya getah asli terdiri daripada 100 % cis-1, 4-polisoprena. Ia terdiri daripada rantaian polimer lurus dan panjang dengan unit-unit isoprenik yang berulang. Suatu komposisi lateks segar dari ladang dan getah pukal kering yang tipikal ditunjukkan di dalam Jadual 2.0 (Ismail H., *et al*, 1998). Komponen-komponen ini mempunyai sifat-sifatnya tertentu seperti komponen bukan getah yang memberi kesan positif dan negatif terhadap ciri-ciri asas getah seperti protin dalam lateks bertindak sebagai pengisi untuk meningkatkan rintangan terhadap resapan, serangan kimia, asid serta berupaya meningkatkan penumpuan haba.

Jadual 2.0 : Analisis tipikal lateks getah asli (Ismail H., *et al*, 1998).

Komponen	Peratus dalam lateks segar	Peratus dalam lateks kering
Hidrokarbon getah	36	92-94
Protein	1.4	2.5-3.5
Karbohidrat	1.6	
Lipid	1.6	2.5-3.2
Sebatian organik lain	0.4	
Sebatian tak organik	0.5	0.1-0.5
Air	58.5	0.3-1.0

2.4.1 Pengawetan Lateks Getah Asli

Kandungan pepejal di dalam lateks getah asli lebih kurang 36 % dan mempunyai pH6. Lateks yang baru didapati daripada pokok, lama-kelamaan akan menjadi ternyahstabil, maka penyahwarnaan dan kebusukan berlaku. Jika langkah tidak diambil untuk mencegah kejadian tersebut, lateks akan mengumpul. Oleh kerana itu, biasanya suatu bahan pengawet misalnya Na_2SO_3 dicampurkan dengan lateks selepas lateks itu dikumpulkan daripada pokok. Penggumpalan itu disebabkan oleh asid-asid yang terbentuk pada masa tindak balas di antara mikro organisma dan bahan-bahan tak bergetah di dalam lateks. Di samping itu hidrolisis bahan-bahan lipid menghasilkan anion-anion asid-asid lemak. Kemudiannya anion-anion tersebut menjerap ke dalam permukaan zarah-zarah getah dan apabila anion-anion ini bertindak balas dengan ion-ion logam yang berada di dalam lateks seperti Cu^{2+} , sistem lateks menjadi tidak stabil.

Pengawetan untuk masa yang panjang boleh dilakukan dengan dua cara, iaitu :-

- a. mengawal pH, oleh kerana tindakan bakteria boleh dicegahkan pada julat pH 10.
- b. menggunakan racun-racun bakteria. Pengawet-pengawet yang biasa digunakan untuk lateks getah asli ialah :-
 - i. Ammonia: 0.7 % (berdasarkan ke atas berat getah) di dalam lateks yang kandungan getah keringnya ialah 60 % (*60 % DRC (Dry Rubber Content) latex*). Lateks yang diawetkan dengan cara ini dinamakan HA (*High ammonia*) lateks. Lateks ini mempunyai pH di dalam julat 10-10.5.
 - ii. Ammonia dan racun-racun bakteria: 0.2 % ammonia dengan 0.1-0.2% racun-racun bakteria seperti (a) asid borik, (b) pentaklorofenat natrium atau ammonium dan (c) zink dietilditiolkarbamat, pH lateks yang

diawetkan dengan sistem ini ialah di dalam julat 9.8. Biasanya lateks ini dikenali sebagai LA lateks (*Low ammonia*)

- iii. Kalium hidroksida – untuk lateks yang dipekatkan oleh kaedah penyejatan.

2.4.2 Pemungutan dan Pemprosesan Lateks Getah Asli

Lateks yang diperolehi dari ladang getah melalui tiga proses utama, iaitu.

1. Pemekatan

7-10 % lateks yang diperolehi dari ladang getah dilakukan proses pemekatan. Proses ini memberikan lateks pekat yang digunakan dalam pelbagai proses pengeluaran.

2. Pengentalan dengan asid

Selalunya dengan asid formik atau asid asetik, iaitu sebanyak 75 %. Proses ini akan memberikan getah pukal kering dalam pelbagai bentuk yang digunakan dalam sektor pembuatan.

3. Pengentalan spontan

Lebih kurang 16 % dilakukan di ladang untuk memberikan hasil getah kering, getah beku pada cawan atau batang pokok getah. Ia diproses menjadi getah pukal kering dan digunakan dalam bentuk tersebut. Pengentalan spontan juga berlaku sebagai tindakan bakteria. Lateks yang diperolehi dari ladang getah biasanya mempunyai pH6-7 dan julat pH ini sangat sesuai untuk bakteria membiak terutamanya pada suhu 30° C. Bakteria ini berasal daripada pisau toreh, cawan, luka torehan atau udara dan mencemarkan lateks. Akibatnya bakteria akan menghadamkan karbohidrat yang terdapat dalam lateks dan menghasilkan asid yang akan menghilangkan kestabilan lateks dan mengentalkan lateks dalam jangka masa 4 -24 jam selepas getah ditoreh. Untuk menghalang pengentalan spontan sebagai akibat tindakan bakteria ini, suatu bahan pengawet perlu ditambah.

Terdapat tiga jenis agen pengawet, yaitu :-

a. Ammonia

Selalunya NH_3 atau NH_4OH digunakan untuk meningkatkan kealkalian lateks, iaitu pH 9-10. Ia akan merencatkan pertumbuhan bakteria dan meneutralkan sebarang asid yang terbentuk. Ia selalunya ditambahkan ke dalam cawan pada paras 0.05 - 0.15 % lateks.

b. Natrium Sulfit (Na_2SO_3)

Penambahan natrium sulfid ini akan dihidroliskan oleh air dan membentuk SO_2 yang akan membunuh bakteria. Natrium sulfid digunakan pada paras 0.02 - 0.05 % mengikut berat lateks, penambahan bahan ini juga menghasilkan getah yang berwarna cerah.

c. Formaldehid (HCHO)

Ia digunakan pada paras 0.02 % mengikut berat lateks dan merupakan pembunuh bakteria yang baik.

Di samping itu, agen pengawet juga digunakan secara gabungan untuk menghasilkan gred getah asli yang tertentu di antaranya :-

- i. Hidroksilamina neutral sulfat ($\text{H}_2\text{NOH.H}_2\text{SO}_4$) pada paras 0.05 % (mengikut berat lateks) dicampur dengan 0.05 % ammonia (NH_3 atau NH_4OH) untuk menghasilkan getah berkelikatan stabil.
- ii. Asid borik (H_3BO_3) pada paras 0.4 % dicampur dengan 0.07 % ammonia (NH_3 atau NH_4OH) untuk menghasilkan getah berwarna cerah.

Konsep penggunaan polimer di dalam mortar dan konkrit bukanlah merupakan perkara baru. Bermula dengan hasil rekaan yang pertama dipatenkan pada tahun 1920an di United Kingdom yang ada kaitan dengan penggunaan mortar dan konkrit polimer dan ia adalah merupakan bermulanya pembangunan dan penyelidikan yang berterusan tentang teknologi mortar dan konkrit polimer. Dari hasil ujian yang telah dijalankan mendapati mortar dan konkrit polimer mempunyai ketahanan yang tinggi untuk mengatasi masalah kakisan, rekahan dan pengkarbonatan berbanding mortar dan konkrit biasa. Manakala hasil rekaan Cresson dalam tahun 1923 adalah merupakan simen polimer hidraulik yang merujuk kepada penggunaan kepingan bahan menggunakan lateks getah asli. Di dalam rekaan ini, simen polimer hidraulik telah digunakan sebagai bahan untuk menutupi atau memenuhi lubang-lubang kepingan bahan. Hasil daripada kajian dan penyelidikan yang berterusan ini kefahaman berkaitan mekanisma dan proses komposit konkrit polimer telah berjaya dipertingkatkan.

Hasil rekaan Lefebure's dalam tahun 1924 adalah merupakan penemuan penyelidikan yang paling penting. Ini kerana hasil penyelidikan yang dijalankan adalah merupakan sejarah yang terpenting berhubung perkembangan konkrit polimer ini. Beliau adalah merupakan orang yang pertama yang memperkenalkan mortar dan konkrit terubahsuai polimer menggunakan kaedah campuran lateks getah asli. Dalam tahun 1920 hingga 1930, konkrit polimer menggunakan lateks getah asli telah dibangunkan. Bermula dengan pembangunan konkrit polimer menggunakan lateks getah asli inilah konkrit polimer menggunakan lateks sintetik telah dimajukan dalam tahun 1940. Ia adalah kesan daripada perang dunia kedua yang menyebabkan harga lateks getah asli menjadi terlalu

mahal kerana permintaan yang tinggi. Hasil rekaan pertama lateks konkrit menggunakan kaedah campuran lateks sintetik telah diperkenalkan oleh Bond dalam tahun 1932. Manakala hasil rekaan Rodwell's dalam tahun 1933 adalah rekaan pertama yang menggunakan lateks sintetik resin dalam lateks konkrit terubahsuai. Bermula pada tahun 1940an telah banyak hasil rekaan sistem lateks sintetik diperkenalkan seperti lateks *chloroprene* (*Neoprene*) dan lateks *polyacrylic este*.

Penggunaan polimer sintetik dalam konkrit polimer seperti *polyvinly acecate* (*PVA*) dan *polyacrylic ester* (*PAE*) telah mula digunakan dalam tahun 1950an. Sejak daripada itu dan kejayaan hasil kajian yang mendapati beberapa kebaikan penggunaan polimer sintetik di dalam konkrit, ia telah mula menggantikan tempat penggunaan lateks getah asli dalam komposit konkrit polimer. Lateks polimer sintetik seperti stirena butadiena (*SBR*) di dalam sistem simen portland, telah meningkat penerimaannya dalam berbagai penggunaan. Daripada titik tolak inilah berbagai jenis polimer sintetik telah digunakan secara meluas dalam industri pembinaan. Nut dalam tahun 1960 telah membuat rekaan sistem polimer terubahsuai menggunakan *unsaturated polyesters resins* yang dinamakan *Estercrete* dan telah di komersialkan. Manakala Donnelly dan Duff dalam tahun 1965 dan 1973 telah membuat rekaan polimer terubahsuai menggunakan epoksi resin. Dalam tahun 1959, polimer terubahsuai menggunakan *urethane prepolymer* telah di patenkan. Manakala polimer jenis *methyl cellulose* adalah yang popular digunakan sebagai polimer terlarut air untuk simen terubahsuai sejak awal tahun 1960an. Shibasaki pula telah menemui bahan polimer lain, iaitu *hydroxyethyl cellulose* dan *polyvinly alcohol* (*poval*) yang efektif untuk mortar terubahsuai polimer terlarut air. Dalam tahun 1974, Riley dan Razi telah menulis buku tentang mortar dan konkrit terubahsuai polimer.