

**KAJIAN REKABENTUK RUMAH BANGLO 2 TINGKAT MENGGUNAKAN  
KONKRIT TERUBAHSUAI POLIMER LATEKS**

Oleh

**LUKE JETIE ANAK BENJAMIN**

Disertasi ini dikemukakan kepada

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat  
keperluan untuk ijazah dengan kepujian

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)**



## **ABSTRAK**

Memiliki bangunan atau tempat kediaman yang mempunyai pemandangan yang menarik, contohnya pemandangan di tepi pantai menjadi idaman bagi setiap individu atau keluarga. Tetapi, seringkali struktur rumah kediaman atau bangunan khususnya mempunyai masalah yang ketara sekiranya ia dibina berdekatan dengan tepi pantai, khususnya yang mudah terdedah kepada air masin, seperti air laut. Masalah ini mungkin dapat dikurangkan dengan penggunaan konkrit terubahsuai polimer lateks (KTPL) di dalam pembinaan struktur tersebut. Bagaimanapun, para kontraktor kurang menggemari menggunakan konkrit terubahsuai polimer sepenuhnya di dalam pembinaan kerana kos yang kurang efisien, iaitu kos pembinaan yang agak tinggi. Pada hakikatnya, penggunaan konkrit terubahsuai polimer merupakan alternatif terbaik dari segi kos juga kerana ia terbukti melibatkan kos kitaran hayat (life cycle cost) bagi struktur tersebut, cuma sebilangan kontraktor atau pemaaju yang tidak menyedari hakikat ini. Disertasi ini bertujuan membandingkan perubahan kuantiti tetulang di antara penggunaan konkrit konvensional dan juga konkrit terubahsuai polimer. Ia juga bertujuan untuk melihat perubahan harga kuantiti isipadu konkrit jika dibandingkan penggunaan konkrit konvensional atau konkrit terubahsuai polimer. Kedua – dua data ini diperolehi dengan merekabentuk struktur rumah banglo sebagai model rujukan. Keputusan yang diperolehi mendapati penggunaan konkrit terubahsuai polimer memberikan harga kuantiti konkrit dan juga kuantiti tetulang yang lebih tinggi daripada penggunaan konkrit konvensional. Literasi ini penting kerana mungkin konkrit terubahsuai polimer dapat digunakan sepenuhnya dalam industri pembinaan pada masa hadapan.

## **ABSTRACT**

Every individual or family has a dream to buy a building or house that has nice scenery such as the area near the seaside. But, there are always a lot of problems if the building or house was built on this kind of area; especially the main problem is the surface of the concrete normally exposed of the seawater that contained a high level of chloride (salt). At this moment, this problem can be solved by using the Polymer Latex Modified Concrete (PLMC) as the patching for the damaged conventional concrete. However, most of the contractors are not really interested in using of PLMC fully in the construction of the structure because the cost quantity of using PLMC is higher than conventional concrete. In fact, this is not true because higher price is only at the beginning of construction, but not during the maintenance of the structure. PLMC is the best alternative especially involving of life cycle cost. The main objective of dissertation is to compare any changing quantity of rebar if using PLMC than conventional concrete and also comparing the price between these two kinds of the concretes. Both of this data are produced by designing the bungalow house as a model as the reference. The result shows that the using of PLMC giving the higher quantity of rebar and also the price rather than using the conventional concrete. This literature is important so that in the future, the using of PLMC would take the place of conventional concrete as a main construction material during the construction of any structures.

## PENGHARGAAN

Dengan penuh rasa ikhlas dan sukacita saya ingin merakamkan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada pensyarah – pensyarah Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam, khususnya kepada Dr. Mohd Sanusi Ahmad, Prof. Madya Dr. Ir. Razip Selamat, Dr. Hj. Ismail Abustan, Prof. Madya Dr. Wan Aminuddin dan Prof. Madya Dr. Meor yang memberikan taklimat untuk menjalankan projek tahun akhir. Mereka telah memberikan penerangan tentang cara pelaksanaan projek tahun akhir. Sekalung budi juga saya tujukan kepada penyelia projek tahun akhir saya, Dr. Mohd. Zaid Yusof yang telah memberikan segala tunjuk ajar, panduan, bantuan serta sokongan dalam usaha saya menyiapkan disertasi ini. Tunjuk ajar dan bimbingan yang telah diberikan bukan sahaja melibatkan teori berkaitan dan aplikasi, malahan sokongan moral dalam menghadapi pelbagai masalah untuk menyiapkan projek ini.

Di sini juga saya ingin mengucapkan terima kasih kepada syarikat perunding di mana saya membuat latihan industri ketika cuti tahun 3, iaitu Jurutera Perunding Wahba Sdn Bhd, Kuching, Sarawak yang telah memberikan saya tunjuk ajar menggunakan perisian PROKON. Perisian PROKON merupakan perisian yang saya gunakan semasa membuat rekabentuk banglo yang digunakan untuk menyediakan data. Ucapan terima kasih saya tujukan kepada staf syarikat ini, khususnya kepada para jurutera perekabentuk, iaitu Encik Fung Kok Fei, Encik Chaim Heng Loon, Encik Albert Liew Tze Kaw, Encik Adrian Law Pang, Encik Oliver Junaidi, Encik Mazolizam bin Mohamad dan Encik Houg How Lik yang sebenarnya banyak memberi panduan menggunakan perisian ini. Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada Encik Murgan, Pembantu Teknikal di Bahagian Cawangan Bangunan, Jabatan Kerja Raya, Parit Buntar kerana telah

menyediakan beberapa dokumen berkenaan tentang ‘Schedule of Rates’ kepada saya bagi bahan rujukan untuk tesis saya.

Di sini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada ibu dan bapa saya, iaitu Puan Roselyn Abunawas dan Encik Benjamin Timban kerana banyak memberi dorongan dan sokongan moral kepada saya di samping doa mereka yang sentiasa sewaktu saya mengikuti pengajian di sini. Sekalung budi dan kasih saya tujukan kepada Cik Frauline Engkamat kerana telah memberikan saya tunjuk ajar dalam hal berkaitan dengan ukur kuantiti di samping sokongan moral kepada saya ketika saya menyiapkan disertasi ini.

# KANDUNGAN

	<b>Muka Surat</b>
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PENGHARGAAN	iii
KANDUNGAN	v
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI CARTA ALIR	xvii
 <b>BAB 1 PENGENALAN</b>	
1.1 Latar Belakang Kajian	1
1.2 Jenis – jenis Lateks yang biasa digunakan di dalam konkrit terubahsuai polimer lateks	3
1.1.1 Getah SBR	3
1.1.2 Getah Akrilik	4
1.1.3 Getah Akrilonitril Butadiena (NBR)	5
1.1.4 Polivinilid klorida	6
1.1.5 Polivinil klorida	7
1.1.6 Polivinil Asetat	7

1.3	Jenis jenis pengemulsi lateks konvensional yang biasa digunakan dalam konkrit terubahsuai polimer lateks	8
1.3.1	Natrium dodesil sulfat ( <i>Sodium dodecyl sulfate</i> )	8
1.3.2	Natrium dodesil benzena sulfonat ( <i>Sodium dodecyl benzene sulfonate</i> ).	9
1.4	Penggunaan konkrit terubahsuai polimer lateks di dalam industri pembinaan	10
1.5	Objektif kajian	11
1.6	Skop kajian	12
1.7	Kepentingan kajian	13
1.8	Falsafah rekabentuk	15

## **BAB 2 KAJIAN LITERITUR**

2.1	Pengenalan	16
2.2	Sifat – sifat mekanikal dan kimia konkrit terubahsuai polimer lateks	16
2.3	Harga getah sintetik di pasaran dunia.	23
2.4	Kajian harga kitaran penggunaan konkrit terubahsuai polimer	25

## **BAB 3 METODOLOGI**

3.1	Pengenalan	27
3.2	Beban mati	27



3.3	Beban hidup	28
3.4	Kekuatan konkrit, ( $f_{cu}$ ) dan kekuatan tetulang, ( $f_y$ )	28
3.5	Teori rekabentuk keratan	29
3.5.1	Rekabentuk keratan segiempat bertetulang tunggal	29
3.5.2	Rekabentuk keratan segiempat bertetulang ganda	32
3.5.2.1	Tegasan dalam tetulang mampatan	34
3.5.3	Langkah – langkah rekabentuk keratan segiempat menurut BS8110	35
3.5.4	Keratan Bebibir	36
3.5.4.1	Lebar rasuk,b	37
3.5.4.1.1	Paksi neutral di dalam bebibir	39
3.5.4.1.2	Paksi neutral di bawah bebibir	39
3.5.4.1.3	Paksi neutral di luar bebibir ( $M_u > M_{Rf}$ )	40
3.5.6	Ricih Pesongan Dan Keretakan	42
3.5.6.1	Ricih	42
3.5.6.1.1	Mekanisma kegagalan ricih	43
3.5.6.1.2	Rintangan Ricih	43
3.5.6.1.3	Bar condong	45
3.5.7	Prosedur untuk merekabentuk ricih yang tertakluk kepada Fasal 3.4.5 dalam BS8110: Part1.	46
3.5.8	Pesongan	47
3.5.8.1	Samakan bagi pesongan	47

3.5.9	Keretakan	49
3.5.9.1	Pengiraan lebar retak	49
3.5.9.2	Kawalan jarak luang antara bar	49
3.6	Rekabentuk struktur papak, rasuk, tiang dan tangga menggunakan perisian PROKON	51
3.6.1	Rasuk	51
3.6.1.1	Peringkat pertama	51
3.6.1.2	Peringkat kedua	53
3.6.1.3	Peringkat ketiga	56
3.6.2	Tangga	58
3.6.3	Tiang	62
3.6.4	Papak	65
3.7	Ukur kuantiti (Taking off quantity)	68
3.7.1	Ukur kuantiti isipadu konkrit	69
3.7.2	Ukur kuantiti berat tetulang	70
3.7.2	Pengiraan harga keseluruhan bagi kuantiti konkrit	70

#### **BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

4.1	Pengenalan	74
4.2	Keputusan	74
4.2.1	Perbandingan berat tetulang di antara hasil penggunaan konkrit konvensional atau konkrit terubahsuai polimer.	75

4.2.2	Perbandingan harga konkrit kuantiti keseluruhan di antara hasil penggunaan konkrit konvensional dan konkrit terubahsuai polimer.	84
-------	--	----

4.3	Perbincangan	85
-----	--------------	----

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN CADANGAN**

5.1	Kesimpulan	89
-----	------------	----

5.2	Cadangan	90
-----	----------	----

	<b>SENARAI RUJUKAN</b>	93
--	------------------------	----

	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	95
--	-------------------------	----

Lampiran A: Pelan Struktur Aras Bumbung

Lampiran B: Pelan Struktur Aras Tingkat 1

Lampiran C: Pelan Struktur Aras Luar (Bumbung) Dapur

Lampiran D: Pelan Struktur Aras Tangga

Lampiran E: Pelan Struktur Aras Bawah

Lampiran F: 'Schedule of Rates', Jabatan Kerja Raja, 2001

(Rujukan JKR 20800 – 0117 – 2001)

Lampiran G: Penyata Harga Polimer

## SENARAI JADUAL

	<b>Muka Surat</b>
Jadual 2.1: Nilai – nilai bagi sifat – sifat mekanikal bagi 3 jenis konkrit terubahsuai polimer (KTPL).	17
Jadual 2.2: Purata kekuatan ikatan terhadap tetulang (MPa) berdasarkan 3 jenis Konkrit Terubahsuai, iaitu SBR, SAR dan AR.	20
Jadual 2.3: Perbandingan kekuatan mampatan konkrit terubahsuai polimer lateks (Bahan Tambah SBR) dengan konkrit konvensional direndam di dalam sulfat.	22
Jadual 2.4: Penghasilan getah sintetik, penggunaan getah sintetik dan simpanan getah sintetik bagi ('000 tan) dari tahun 2002 hingga 2004.	24
Jadual 2.5: Perbandingan harga getah asli dan getah sintetik di pasaran dunia dari tahun 2002 hingga 2004.	25
Jadual 2.6: Pekali harga kos kitaran hayat bagi empat jambatan yang terdapat di utara Laut Jepun pada tahun 2000.	26
Jadual 3.1: Jenis beban mati yang dipertimbangkan untuk rekabentuk.	27
Jadual 3.2: Jenis beban hidup yang dipertimbangkan untuk rekabentuk.	28

Jadual 3.3:	Dua jenis konkrit yang akan dipertimbangkan semasa merekabentuk dan juga kekuatan konkrit kedua – dua jenis konkrit tersebut.	28
Jadual 3.4:	Daya jenis kekuatan tetulang yang akan digunakan semasa dalam rekabentuk	29
Jadual 3.5:	Nisbah $(L / D)_{\text{asas}}$	48
Jadual 3.6:	Sebahagian kiraan jumlah daya ricih bagi memilih daya ricih yang maksimum untuk dijadikan beban sebagai rekabentuk tiang.	62
Jadual 4.1:	Perbandingan harga bagi kuantiti isipadu konkrit keseluruhan di antara konkrit konvensional dan konkrit terubahsuai polimer	84

## SENARAI RAJAH

	<b>Muka Surat</b>
Rajah 1.1: Ikatan kimia Getah Stirena Butadiena (SBR).	3
Rajah 1.2: Proses pempolimeran radikal vinil monomer metil metakrilat.	5
Rajah 1.3 : Proses pembentukan Getah NBR.	5
Rajah 1.4: Proses pempolimeran radikal vinil terhadap monomer viniliden klorida.	6
Rajah 1.5: Proses pempolimeran radikal bebas monomer vinil klorida.	7
Rajah 1.6: Proses pempolimeran vinil radikal bebas monomer vinil asetat.	8
Rajah 1.7: Seorang pekerja membuat kerja baik pulih konkrit akibat serangan air laut.	11
Rajah 1.8: Mikrograf SEM ( X3000 ) yang memaparkan wujudnya retak mikro yang tidak bersambung.	14
Rajah 1.9: Mikrograf SEM ( X2000 ) yang memaparkan wujudnya retak mikro yang bersambung.	14
Rajah 2.1: Kelakuan sebatang rasuk tersangga mudah yang mengalami lenturan dan menunjukkan kedudukan tetulang keluli untuk menahan daya tegangan.	17

Rajah 2.2:	Kekuatan mampatan 28 hari (MPa) bagi Konkrit Terubahsuai SBR, SAR dan AR.	18
Rajah 2.3:	Kekuatan tegangan tak langsung (MPa) bagi Konkrit Terubahsuai SBR, SAR dan AR.	18
Rajah 2.4:	Kekuatan tegangan tak langsung (MPa) bagi Konkrit Terubahsuai SBR, SAR dan AR.	19
Rajah 2.5:	Purata kekuatan ikatan terhadap tetulang (MPa) bagi Konkrit Terubahsuai SBR, SAR dan AR.	21
Rajah 2.6:	Perbandingan Peratusan Pengurangan Mampatan (MPa) di antara Konkrit Terubahsuai Polimer Lateks ( Bahan Tambah SBR ) dan Konkrit Konvensional.	23
Rajah 3.1:	Keratan bertetulang tunggal dan bungkah tegasan segiempat bujur.	29
Rajah 3.2:	Keratan bertetulang ganda, bungkah tegasan segiempat bujur dan rajah terikan.	32
Rajah 3.3:	Lebar efektif bagi rasuk T	38
Rajah 3.4:	Lebar efektif bagi rasuk L	38
Rajah 3.5:	Komponen daya – daya pugak pada bar condong	46
Rajah 3.6:	Parameter yang diperlukan untuk rekabentuk rasuk RB1, A / 1-2	52
Rajah 3.7:	Dimensi bagi lebar, Bw dan kedalaman, D yang akan digunakan bagi merekabentuk rasuk RB1, A / 1 – 2	53

Rajah 3.8:	Dimensi panjang yang akan digunakan bagi rekabentuk rasuk RB1, A / 1 – 2.	54
Rajah 3.9:	Hujung kedua – dua rasuk RB1, A / 1 – 2 adalah engsel, anggapan tersebut adalah digunakan untuk rekabentuk.	55
Rajah 3.10:	Beban yang dipertimbangkan untuk merekabentuk rasuk RB1, A / 1 – 2.	56
Rajah 3.11:	Keputusan yang diperolehi bagi rekabentuk rasuk RB1, A / 1 – 2. Keputusan menunjukkan jumlah tetulang yang akan digunakan, termasuk sekali tetulang bagi pengikat.	57
Rajah 3.12:	Parameter bagi rekabentuk tiang segiempat.	64
Rajah 3.13:	Momen yang dihasilkan untuk rekabentuk tiang.	64
Rajah 3.14:	Keputusan, iaitu luas dan bilangan tetulang akan digunakan.	65
Rajah 3.15:	Parameter – parameter yang diperlukan bagi rekabentuk papak bagi papak RS1, C – D / 1.a – 3 oleh perisian PROKON.	66
Rajah 3.16:	Hasil rekabentuk papak (tetulang diberikan) oleh perisian PROKON bagi papak RS1, C – D / 1.a – 3.	67
Rajah 3.17:	Contoh Kertas Dimensi bagi ukur kuantiti.	69



Rajah 4.1:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk papak aras bumbung bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa	75
Rajah 4.2:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk papak aras tingkat pertama bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	76
Rajah 4.3:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk papak aras bawah bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	76
Rajah 4.4:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk rasuk aras bumbung bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	77
Rajah 4.5:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk rasuk aras tingkat pertama bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	77

Rajah 4.6:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk rasuk aras bumbung dapur bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	78
Rajah 4.7:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk rasuk aras tangga bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	78
Rajah 4.8:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk rasuk aras bawah bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	79
Rajah 4.9:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk semua tiang bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	79
Rajah 4.10:	Perbandingan kuantiti tetulang yang digunakan untuk struktur tangga bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	80

Rajah 4.11:	Perbandingan kuantiti keseluruhan tetulang yang digunakan untuk semua anggota struktur bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	81
Rajah 4.12:	Perbandingan harga bagi kuantiti isipadu konkrit keseluruhan di antara konkrit konvensional dan konkrit terubahsuai polimer.	84
Rajah 4.13:	Kehubungan harga konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa berbanding dengan harga konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa	85
Rajah 4.14:	Kehubungan jumlah kuantiti tetulang bagi penggunaan konkrit konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa atau konkrit terubahsuai polimer, $f_{cu} = 20$ MPa.	86
Rajah 4.15:	Kehubungan tegasan – terikan dengan momen dalam keadaan had muktamad, $M_u$ dan momen rintangan, $M_R$ .	87

## SENARAI CARTA

		<b>Muka Surat</b>
Carta Alir 3.1	Proses menyediakan data untuk tesis	73
Carta Alir 4.1	Jumlah kuantiti tetulang bagi penggunaan Konkrit Konvensional, $f_{cu} = 25$ MPa	82
Carta Alir 4.2	Jumlah kuantiti tetulang bagi penggunaan Konkrit Terubahsuai Polimer, $f_{cu} = 20$ MPa	83

# BAB 1

## Pengenalan

### 1.2 Latar Belakang Kajian

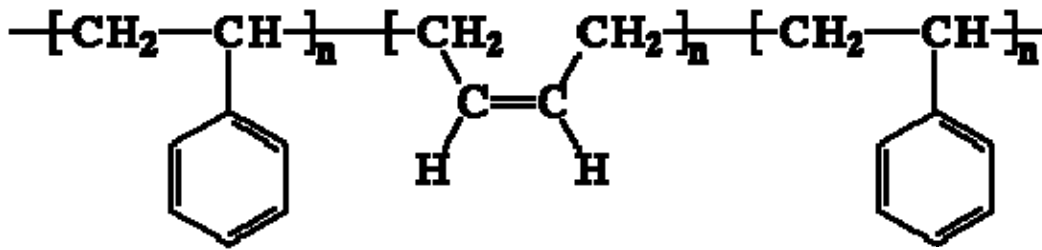
Penggunaan konkrit terubahsuai polimer lateks bukanlah kaedah yang asing lagi dalam industri pembinaan di negara ini mahupun di peringkat antarabangsa. Konkrit jenis ini merupakan konkrit campuran dengan polimer sintetik organik yang meliputi 10 hingga 15 peratus berdasarkan berat simen sebagai simen pengikat (A. Blaga, J.J. Beaudoin, 1985 ). Menurut Cement and Concrete Research 32 (2002), polimer lateks yang meliputi kandungan konkrit terubahsuai polimer merupakan serakan berkoloid bagi partikel polimer kecil di dalam air, di mana secara umum dihasilkan dengan cara pempolimeran emulsi bagi monomer dengan pengemulsi. Kandungan polimer lateks kebanyakan mengalami kesan akibat komponen kimia yang sedia ada terdapat di dalam polimer lateks dan pengemulsi yang digunakan semasa proses pempolimeran. Pengemulsi konvensional yang biasa digunakan di dalam proses pempolimeran ini ialah agen molekul rendah permukaan aktif seperti natrium dodesil sulfat (*sodium dodecyl sulfate*) dan natrium dodesil benzena sulfonat (*sodium dodecyl benzene sulfonate*). Kebaikan utama polimer lateks termasuklah, kestabilan dimensinya, tahan lasak, merekat dengan baik pada pelbagai bahan, mempunyai rintangan yang tinggi terhadap serangan kimia daripada banyak asid, alkali dan pelarut, contohnya kakisan, dan terhadap luluhawa dan lelasan, serta bersifat penebatan haba elektrik yang baik (A.M Neville,1994). Konkrit terubahsuai polimer lateks juga mempunyai kekuatan mekanikal yang tinggi dan juga kadar resapan air yang rendah terhadap air. Walaubagaimanapun, keburukan konkrit terubahsuai polimer lateks ialah kekuatan mampatan ia akan berkurangan daripada mortar biasa. Ini

adalah kerana polimer terubahsuai tersebut akan menghasilkan rongga – rongga udara yang tinggi dan juga modulus elastik yang rendah filem polimer yang terbentuk di dalam konkrit terubahsuai polimer lateks jika modulus elastik filem polimer adalah rendah. Kekuatan mampatan akan meningkat berdasarkan peningkatan modulus elastik filem polimer (Cement and Concrete Research 32 (2002)). Walaubagaimanapun, banyak penyelidikan telah dilakukan bagi meningkatkan lagi prestasi kimia dan mekanikal konkrit terubahsuai polimer lateks.

### 1.3 Jenis – jenis lateks yang biasa digunakan di dalam konkrit terubahsuai polimer lateks.

#### 1.3.1 Getah SBR

Ia merupakan getah sintetik hidrokarbon yang lazim digunakan dan dikenali sebagai Getah Stirena Butadiena. Ia juga mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan getah asli kerana getah asli bersifat termoplastik, iaitu boleh biorosot dan tiada rintangan terhadap resin. SBR merupakan kopolimer rawak yang terdiri daripada butadiena dan stirena seperti yang ditunjukkan dalam di bawah:



**Rajah 1.1: Ikatan kimia Getah Stirena Butadiena (SBR)**

(Sumber gambarajah : <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pva.htm>)

SBR merupakan 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 (Hitam karbon), silika atau silikat untuk mendapatkan sifat – sifat fizikal yang baik (Hanafi, Azanam, 1998).

SBR mempunyai berapa sifat – sifat berikut:

- SBR tidak tahan jika dibandingkan dengan getah asli dan ia tidak digunakan dalam penggunaan dinamik.

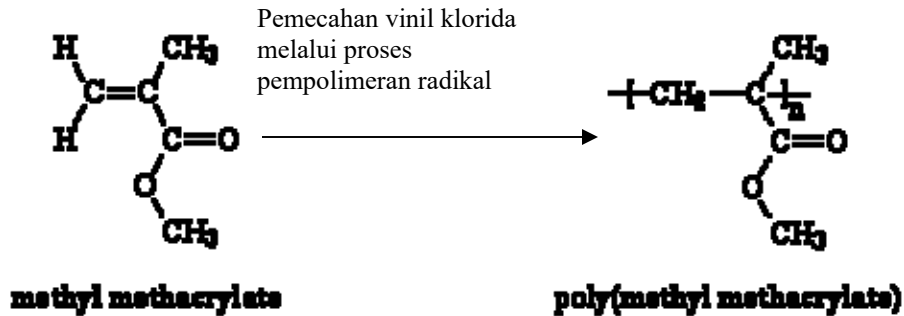
- b) SBR adalah kurang reaktif daripada getah asli dan memerlukan sistem pematangan yang lebih aktif.
- c) SBR juga mempunyai rintangan yang lebih baik kepada penuaan sekitaran dan pada suhu tinggi.
- d) SBR mempunyai ikatan dubel (tak tepu) dalam rantaian tulang belakang. Ia memerlukan kehadiran satu atau dua bahagian antipengoksida untuk kegunaan umum.
- e) SBR memerlukan sistem pematangan yang mengandungi kurang sulfur tetapi paras pencepat organik yang lebih tinggi sedikit. Sebagai contoh, 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.

### **1.3.2 Getah Akrilik**

Sebahagian saintis gemar menggelarkan getah akrilik sebagai poli metil metakrilat, atau PMMA. Manakala nama – nama polimer ini di pasaran ialah ‘Diakon Lucite Oroglas Perspex Plexiglas’. PMMA merupakan amorfus, lutsinar dan tidak berwarna sebagai termoplastik yang keras dan kukuh tetapi rapuh dan peka takuk. Ia juga merupakan lelasan yang baik dan rintangan kepada UV dan baik dari segi kejernihan optik tetapi mempunyai takat suhu rendah yang lemah, mudah lesu dan lemah rintangan kepada pelarut (Sumber : <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pva.htm>). Ia merupakan plastik yang umum digunakan di dalam cat. Walaubagaimanapun, cat yang diperbuat daripada akrilik sukar untuk melarut di dalam air, maka satu lagi penggunaan polimer, iaitu poli - vinil asetat digunakan untuk dicampurkan di dalam air bagi melarutkan PMMA.



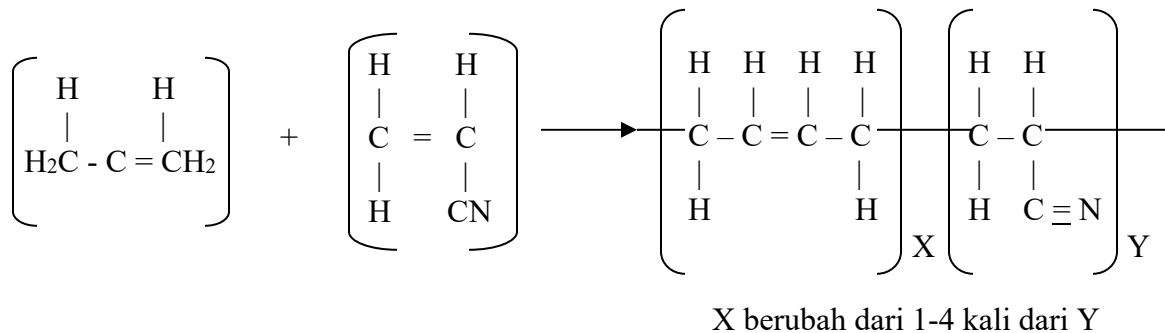
PMMA ialah polimer vinil yang dihasilkan dengan cara pemolimeran radikal vinil daripada monomer metil metakrilat seperti rajah di bawah:



**Rajah 1.2: Proses pemolimeran radikal vinil monomer metil metakrilat.**  
(Sumber gambarajah: <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pva.htm>)

### 1.3.3 Getah Akrilonitril Butadiena (NBR)

Getah jenis ini terdiri daripada kopolimer butadiena dan akrilonitril. Kumpulan CN bagi akrilonitril adalah berkutub dan menjadikan polimer ini berkutub serta tahan kepada bahan bukan berkutub seperti gasolin dan minyak mineral. Kumpulan CN pada sisi tulang belakang polimer ini menghalang berlakunya pengabluran atau penguatan sendiri (Hanafi, Azanam, 1998). Rajah di bawah menunjukkan struktur NBR yang terhasil daripada kopolimer butadiena dan akrilonitril.



**Rajah 1.3 : Proses pembentukan Getah NBR**  
( Sumber gambarajah : Hanafi, Azanam, 1998)

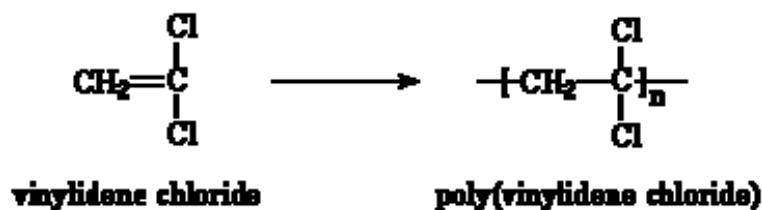
Getah jenis ini banyak digunakan kerana sifatnya yang tahan rintangan minyak dan pelarut. Ia digunakan dalam pembuatan gasket, kedad aci berputar, gegendang pam bahan api, kegunaan dalam industri minyak dan pembuatan hos yang membawa minyak dan bahan api serta hos hidraulik automatif. Oleh sebab itu getah jenis ini mempunyai molekul, maka ia adalah sensitif kepada serangan ozon dan oksigen dan perlu disebatkan dengan bahan antipengozon dan antipengoksida semasa menggunakannya.

NBR atau nitril boleh diubah suai untuk ditingkatkan rintangan kepada bahan kimia dan sekitarnya dengan mengurangkan ketidaktepuan di dalam rantaian tulang belakangnya.

### 1.3.4 Polivinliden klorida

Ia merupakan polimer yang tidak terhad penggunaannya, iaitu pelbagai kegunaan. Biasanya, nama singkatan bagi polimer ini ialah PVDC (*Poly - (vinylidene chloride)*), contoh bagi polimer ini semasa kegunaan seharian ialah pembalut plastik pemelihara kesegaran makanan. Getah ini telah dihasilkan oleh makmal Dow Chemical, dan ia dinamakan sebagai *Saran* (Sumber : <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pva.htm>).

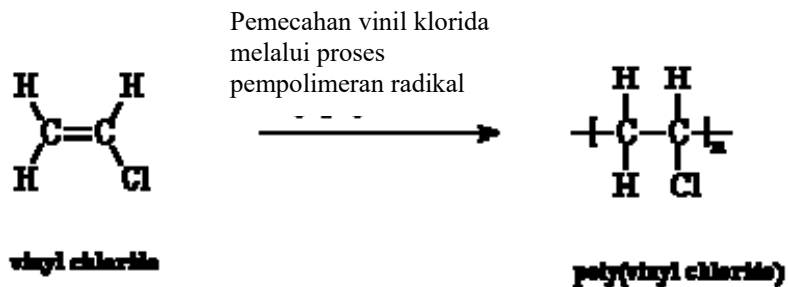
Polivinliden klorida juga merupakan polimer vinil. Ia dihasilkan daripada monomer vinliden klorida yang menggunakan kaedah pempolimeran radikal vinil yang ditunjukkan seperti rajah di bawah:



**Rajah 1.4: Proses pempolimeran radikal vinil terhadap monomer vinliden klorida.**  
 (Sumber gambarajah : <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pva.htm>)

### 1.3.5 Polivinil klorida

Polivinil klorida atau PVC (nama komersial) merupakan plastik yang sering digunakan dalam pembuatan peralatan bangunan seperti paip PVC dan sebagainya. PVC merupakan polimer yang mempunyai rintangan kepada air dan api. PVC telah dicipta oleh Waldo Semon, ahli kimia Amerika pada tahun 1926. Secara ikatan struktur, PVC ialah polimer vinil dan ia adalah hampir sama dengan poli - etilin, tetapi setiap karbonnya berada pada keadaan rantaian utama, satu atom hidrogen digantikan dengan atom klorida (Sumber : <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pva.htm>). Seperti polimer sintetik yang lain, ia juga dihasilkan melalui proses pemolimeran radikal bebas vinil klorida seperti pada rajah di bawah:

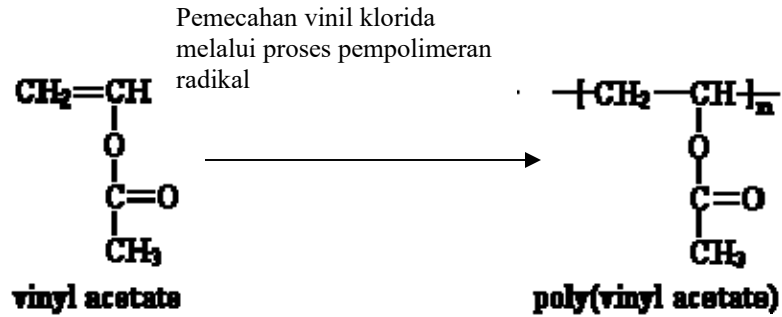


**Rajah 1.5: Proses pemolimeran radikal bebas monomer vinil klorida**  
(Sumber gambarajah : <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pva.htm>)

### 1.3.6 Polivinil Asetat

Ia dikenali sebagai PVA dan polimer jenis ini merupakan polimer yang jarang didapati, tidak seperti polimer yang lain. PVA lazim digunakan sebagai gam untuk kayu dan begitu juga dengan bahan pelekat yang lain. Kertas dan tekstil juga menggunakan PVA sebagai bahan pengilat.

Polimer ini juga dihasilkan melalui proses pemolimeran vinil radikal bebas dan ia juga merupakan polimer vinil. Proses pemolimeran tersebut boleh ditunjukkan melalui rajah di bawah:



**Rajah 1.6: Proses pempolimeran vinil radikal bebas monomer vinil asetat**

(Sumber gambarajah : <http://www.psrc.usm.edu/macros/pva.htm>)

#### 1.4 Jenis – jenis pengemulsi lateks konvensional yang biasa digunakan dalam konkrit terubahsuai polimer lateks.

##### 1.4.1 Natrium dodesil sulfat (*Sodium dodecyl sulfate*)

Natrium dodesil sulfat dikenali sebagai SDS atau NaDS ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3\text{Na}$ ) dan juga dikenali sebagai natrium lauril sulfat (SLS). Ia merupakan detergen ionik yang digunakan di dalam produk harian seperti ubat gigi, syampu, bebuih untuk mencukur dan gelembung mandi untuk menambahkan kesan dan kebolehannya untuk membuat buih. Pada molekulnya pula terdapat ikatan 12 atom karbon, yang mengikat dengan kumpulan sulfat juga dan ini memberikan molekul kandungan amphifilik yang diperlukan di dalam detergen.

Natrium dodesil sulfat dihasilkan daripada proses pensulfatan alkohol lauril (1-dodekanol, alkohol dodesil,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2\text{OH}$ ) diikuti dengan peneutralan bersama – sama natrium karbonat. Ia digunakan di dalam industri penghasilan dan barangan

kosmetik (Sumber : [http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_dodecyl\\_sulfate](http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_dodecyl_sulfate)).

#### **1.4.2 Natrium dodesil benzena sulfonat (*Sodium dodecyl benzene sulfonate*).**

Ia juga dikenali sebagai agen molekul rendah permukaan aktif anionik dan perbezaan di antara natrium dodesil sulfat ialah ia mempunyai kandungan benzena. Seperti natrium dodesil sulfat juga, ia merupakan detergen yang biasanya terdapat di dalam produk kebersihan dan pestisid. Di dalam kerja – kerja kejuruteraan geoteknikal, natrium dodesil benzena sulfonat dicampurkan dengan agen molekul rendah permukaan aktif kationik, iaitu poli-oksipropolin metil dietil ammonium klorida dapat menghasilkan pengurangan berkadar di dalam keberaliran hidraulik tepu, kemeresapan kandungan lembapan tanah dan penusukan hadapan terhadap ketidakberaliran tanah lembap. Dengan menggunakan pemampatan mekanikal dapat mengurangkan kandungan lembapan optimum mewakili dengan ketumpatan kering pukal maksimum. Ini akan memudahkan ujian mampatan di lapangan dan akan memberikan keputusan yang konsisten.

( Sumber : <http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/1698.pdf> )

### **1.5 Penggunaan konkrit terubahsuai polimer lateks di dalam industri pembinaan.**

Di dalam industri pembinaan, kebanyakan konkrit terubahsuai polimer digunakan di dalam membaiki struktur yang telah merosot, contohnya konkrit yang terdedah kepada serangan sulfat atau klorida seperti struktur tambangan untuk jambatan dan tiang untuk perlabuhan. Walaubagaimanapun, kos yang melibatkan membaiki konkrit yang telah merosot adalah lebih tinggi jika dibandingkan dengan kos pembinaan baru struktur konkrit yang telah merosot kualitasnya. Pada 1996, Jabatan Pengangkutan Amerika Syarikat melalui Agensi Pengurusan Lebuhraya Persekutuan telah mencatatkan perbelanjaan US\$20 billion bagi memperbaiki struktur dek jambatan di seluruh negeri di negara itu dengan menggunakan konkrit terubahsuai polimer dan kos ini meningkat sebanyak US\$500 juta setiap tahun (Jeffrey et. all, 1996). Tetapi, fakta ini masih belum menyakinkan para pelanggan kerana sememangnya diakui penggunaan konkrit terubahsuai polimer sepenuhnya di dalam pembinaan agak tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan konkrit konvensional. Walaupun begitu, kos yang tinggi tersebut hanyalah pada peringkat pembinaan tetapi kos membaiki struktur yang menggunakan konkrit terubahsuai polimer dapat dikurangkan. Para pelanggan mestilah berkehendakkan bangunan yang mempunyai kualiti yang baik dan kos yang rendah dari segi membaiki atau baikpulih struktur. Dalam hal ini, penggunaan konkrit terubahsuai polimer adalah penyelesaian bagi masalah ini.



**Rajah 1.7: Seorang pekerja membuat kerja baik pulih konkrit akibat serangan air laut**  
(Sumber : <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pva.htm>).

### **1.5 Objektif kajian.**

Tujuan utama penyelidikan ini dijalankan ialah mengkaji kos rekabentuk atau pembinaan untuk superstruktur bagi rumah banglo dengan menggunakan konkrit berasaskan lateks. Ini memandangkan kurangnya penyelidikan telah dilakukan oleh para penyelidik, terutama sekali para jurutera struktur mengenai harga sebenar sebuah struktur bangunan jika konkrit terubahsuai polimer lateks digunakan. Daripada hasil penyelidikan kos yang akan dijalankan, diharapkan penggunaan konkrit terubahsuai polimer menjadi perhatian kepada para kontraktor atau jurutera struktur, terutama sekali bagi pembinaan struktur yang terdedah kepada ancaman agen pengakis. Ada kemungkinan pada masa hadapan, konkrit terubahsuai polimer dapat digunakan berasaskan Kod Amalan rekabentuk yang digunakan dalam rekabentuk bangunan pada masa sekarang.

## **1.6 Skop kajian**

1. Kajian literatur adalah untuk mengenalpasti ciri – ciri konkrit terubahsuai polimer lateks. Kajian ini penting kerana akan menyenaraikan kebaikan dan keburukan konkrit terubahsuai polimer lateks dan juga sifat – sifat fizikal dan kimia konkrit tersebut. Ia juga menyenaraikan definisi – definisi berkenaan dengan polimer lateks dan bahan – bahan kimia yang lain dan perbincangan tentang kos penggunaan konkrit terubahsuai polimer lateks.
2. Kajian rekabentuk rumah banglo 2 tingkat ini akan melibatkan penggunaan utama perisian, iaitu PROKON. PROKON untuk merekabentuk rasuk, tiang, tangga dan sebagainya.
3. Untuk kajian kos, ukur kuantiti bahan akan dilakukan bagi mengenalpasti jumlah kuantiti bahan dan seterusnya mengira perbezaan kos di antara konkrit terubahsuai polimer lateks dengan dengan konkrit konvensional. Pengiraan kos adalah berdasarkan kepada harga indeks bahan yang digunakan.



## 1.7 Kepentingan kajian

Kajian ini penting untuk mengetahui sejauh mana konkrit yang berasaskan lateks dapat digunakan dalam rekabentuk sebenar dan bukannya untuk kajian makmal semata – mata. Oleh sebab kebanyakan konkrit terubahsuai berasaskan lateks diselidik untuk mengetahui sifat – sifat yang ada padanya, ramai penyelidik ini tidak mengetahui kesesuaian konkrit ini jika digunakan dalam industri pembinaan, khususnya di negara ini.

Salah satu kelebihan konkrit terubahsuai polimer lateks ialah ia akan memenuhi rongga – rongga udara dan ini akan meningkatkan modulus elastik konkrit tersebut. Ia diwakilkan melalui satu konsep nisbah gel / rongga (Powers dan Brownyard, 1981) seperti yang dinyatakan di dalam rumus di bawah:

$$X = \frac{0.68 \alpha}{0.32 \alpha + \frac{w}{c}} \quad (1.1)$$

di mana      X                      = Nisbah gel / rongga  
                  w / c                    = Nisbah Air / Simen  
                   $\alpha$                             = darjah hidrasi

Apabila nisbah air / simen berkurangan, ia akan menurunkan modulus elastik konkrit tersebut. Walaubagaimanapun, jika campuran polimer lateks ditambah seterusnya ditambah kuantitinya, polimer lateks ini akan memenuhi rongga – rongga udara dan modulus elastik akan bertambah kerana lateks bersifat jauh lebih elastik daripada konkrit. Ini seolah – olah konkrit terubahsuai polimer lateks bersifat separa elastik, iaitu konkrit tersebut mempunyai daya menahan daya tegangan yang lebih tinggi daripada konkrit konvensional.

Rajah di bawah menunjukkan secara mikrograf SEM ( Scanning Electron Microscope ) bagi konkrit konvensional dan konkrit terubahsuai polimer lateks:



**Rajah 1.8: Mikrograf SEM ( X3000 ) yang memaparkan wujudnya retak mikro yang tidak bersambung** (Sumber : Cement and Concrete Research, Vol 27).



**Rajah 1.9: Mikrograf SEM ( X2000 ) yang memaparkan wujudnya retak mikro yang bersambung** (Sumber : Cement and Concrete Research, Vol 27).

## 1.8 Falsafah rekabentuk

Bagi tujuan penyelidikan kos yang akan dibuat di antara konkrit konvensional dan konkrit terubahsuai polimer, satu rekabentuk rumah banglo 2 tingkat akan dibuat. Rekabentuk rumah banglo 2 tingkat yang digunakan adalah rekabentuk keadaan had muktamad. Faktor keselamatan bagi rekabentuk adalah amat dipengaruhi dengan kualiti konkrit, tetulang dan bahan dan mutu kerja semasa pembinaan. Ini adalah kerana faktor keselamatan bagi beban mati,  $G_k$  adalah disebabkan oleh beban sendiri struktur itu sendiri, kekemasan, siling dan dinding manakala beban hidup,  $Q_k$  adalah disebabkan oleh beban individu, peralatan dan sebagainya yang secara ringkas takrifannya ialah beban tersebut bersifat tidak kekal (Macginley et. al,1990).

Bagi beban mati,  $G_k$  faktor keselamatan yang digunakan ialah 1.4 dan beban hidup,  $Q_k$  ialah 1.6. Maka beban rekabentuk diambil kira seperti berikut (Mosley & Bungey,1988):

a) Bagi beban mati rekabentuk  $= 1.4 \times \text{beban ciri mati, } G_k$  (1.2)

b) Bagi beban hidup rekabentuk  $= 1.6 \times \text{beban ciri hidup, } Q_k$  (1.3)

c) Oleh itu beban muktamad,  $n = 1.4 G_k + 1.6 Q_k$  (1.4)

Untuk semua rekabentuk struktur, BS8110 – 1997 akan digunakan sebagai panduan rekabentuk rumah banglo 2 tingkat ini.

## **BAB 2**

### **KAJIAN LITERITUR**

#### **2.1 Pengenalan**

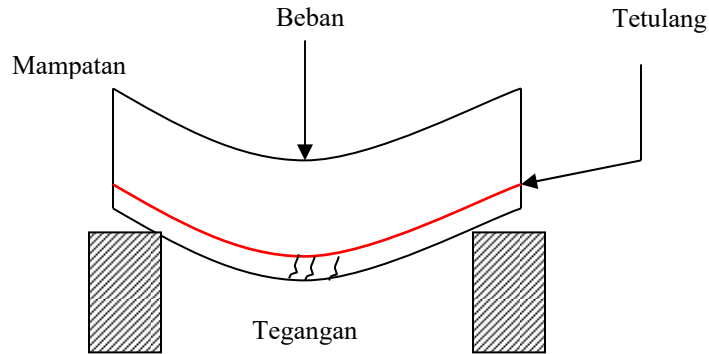
Penggunaan konkrit terubahsuai polimer telah dimulakan pada tahun 1970-an di dalam industri pembinaan. Fungsinya adalah tetap sama, iaitu sebagai konkrit khusus bagi proses salutan baikpulih bagi konkrit yang telah merosot. Pembangunan komposit yang digunakan di dalam konkrit terubahsuai polimer terus ditingkatkan, sehingga kini penggunaan fiber di dalam kandungan terubahsuai polimer telah diperkenalkan bagi meningkatkan keupayaan konkrit terubahsuai polimer. Walaubagaimanapun, masalah mula timbul apabila tiada harga yang tetap bagi getah sintetik yang digunakan di dalam kandungan konkrit terubahsuai polimer kerana terdapat pelbagai jenis getah sintetik yang digunakan mempunyai harga yang berbeza. Harga getah sintetik di dalam pasaran dunia sentiasa berubah – ubah, walaupun getah sintetik bukanlah tergolong di dalam harga komoditi, tidak seperti harga getah asli.

#### **2.2 Sifat – sifat mekanikal dan kimia konkrit terubahsuai polimer lateks**

Sifat – sifat mekanikal dan kimia konkrit terubahsuai polimer lateks tidak mempunyai banyak perbezaan dari segi jenis getahnya walaupun ia menggunakan lateks SBR (Getah Stirena Butadiena), akrilik dan lain – lain yang telah dinyatakan di dalam Bab 1 sebagai pengikat di dalam konkrit terubahsuai.

Konkrit seperti yang telah diketahui adalah lebih kuat jika dikenakan kepada daya mampatan berbanding dengan daya tegangan. Jika daya tegangan bertambah dan tetulang yang digunakan tidak dapat menampung lagi daya tegangan yang maksimum,

maka retakan akan berlaku dan runtuh struktur juga akan mudah berlaku. Perkara sebegini haruslah diketahui oleh semua jurutera awam, khususnya kepada jurutera struktur. Kenyataan ini dapat diwakili dengan rajah di bawah:



**Rajah 2.1: Kelakuan sebatang rasuk tersangga mudah yang mengalami lenturan dan menunjukkan kedudukan tetulang keluli untuk menahan daya tegangan**  
( Sumber : Mosley & Bungey, 1988).

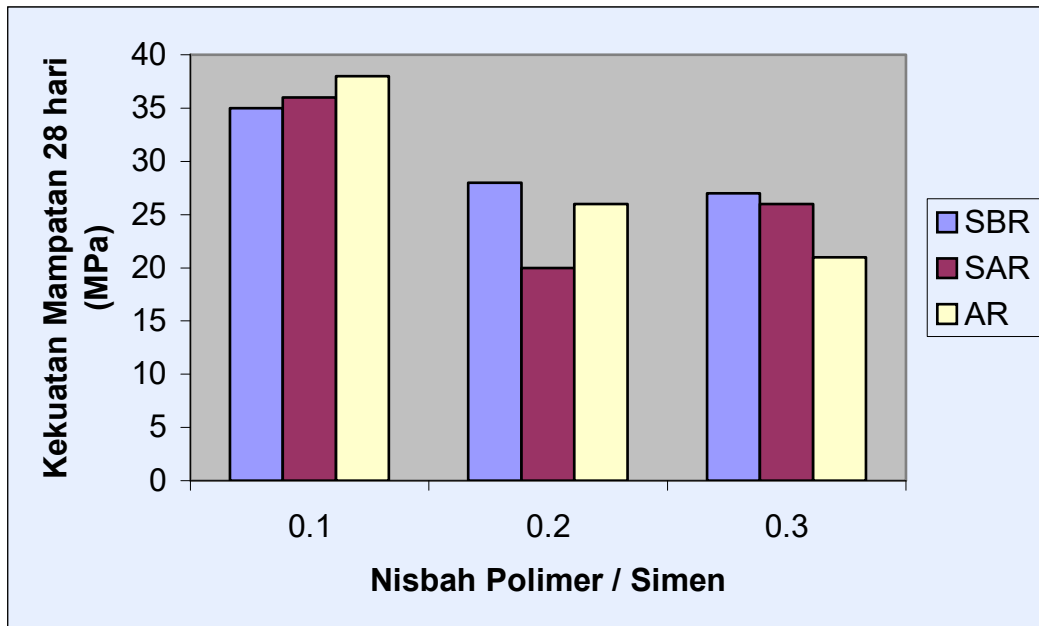
Nilai – nilai sifat mekanikal bagi beberapa konkrit terubahsuai polimer lateks adalah seperti yang ditunjukkan pada Jadual di bawah:

**Jadual 2.1: Nilai – nilai bagi sifat – sifat mekanikal bagi 3 jenis konkrit terubahsuai polimer(KTPL)(Mahmoud M.Red,2004).**

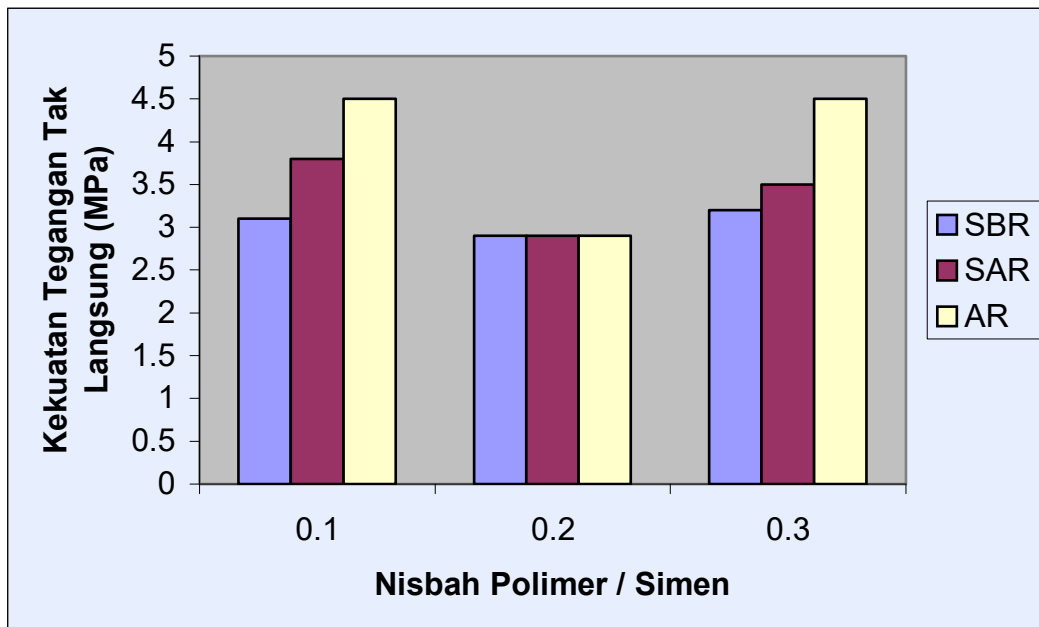
Nisbah Polimer / Simen	0	0.1	0.2	0.3
<b>Kekuatan Mampatan 28 hari (MPa)</b>				
SBR (KTPL)	-	35	36	38
SAR (KTPL)	-	28	20	26
AR (KTPL)	-	27	26	21
<b>Kekuatan Tegangan Tak Langsung (MPa)</b>				
SBR (KTPL)	-	3.1	3.8	4.5
SAR (KTPL)	-	2.9	2.9	2.9
AR (KTPL)	-	3.2	3.5	4.5
<b>Modulus Pecah (MPa)</b>				
SBR (KTPL)	-	6.1	9.1	12.1
SAR (KTPL)	-	4.5	5	5.4
AR (KTPL)	-	7.7	8.6	8.8

SBR = Getah Stirena Butadiena  
SAR = Getah Stirena Kopolimer  
AR = Getah Arkilik

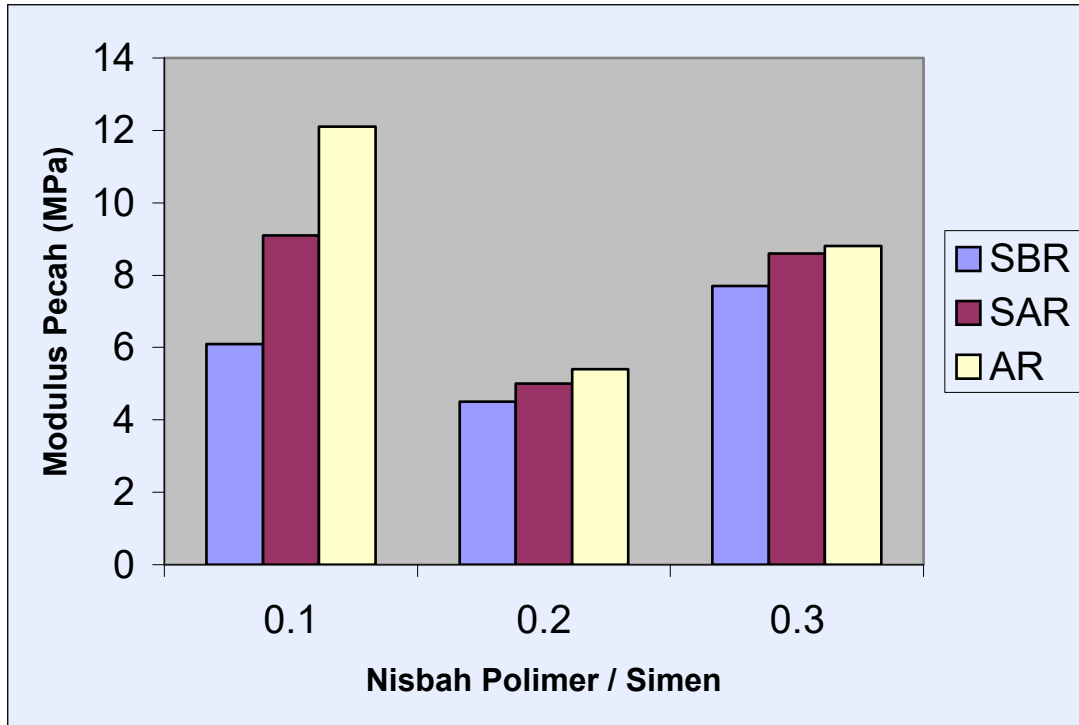
Perbezaan di antara ketiga – tiga konkrit terubahsuai polimer lateks di Jadual 2.2(a) juga juga boleh diwakili melalui graf – graf di bawah:



Rajah 2.2: Kekuatan mampatan 28 hari (MPa) bagi Konkrit Terubahsuai SBR, SAR dan AR (Mahmoud M.Red, 2004)



Rajah 2.3: Kekuatan tegangan tak langsung (MPa) bagi Konkrit Terubahsuai SBR, SAR dan AR (Mahmoud M.Red, 2004)



**Rajah 2.4: Kekuatan tegangan tak langsung (MPa) bagi Konkrit Terubahsuai SBR, SAR dan AR (Mahmoud M.Redha, 2004)**

Setiap konkrit juga cenderung untuk mempunyai ikatan dengan tetulang yang digunakan. Kekuatan ikatan dengan tetulang yang digunakan adalah dikira berdasarkan ASTM C234-86 (1999). Spesimen ujian yang berdiameter 100 mm silinder dengan tinggi 200 mm. Tetulang berdiameter 10 mm telah dibenamkan pada tengah spesimen. Beban tegangan telah dikenakan pada spesimen yang mana telah dispeksifikasi di dalam ASTM C234-86 (1999) dan beban gagal dianggarkan berlaku jika titik alah bar tetulang telah dicapai, spesimen telah gagal atau berlaku gelinciran yang lebih daripada 2.5 mm pada di mana terletak beban hujung.

Purata nominal kekuatan ikatan ( $f_{bond}$ ) diwakili melalui rumus di bawah: (M.Redha,2004)

$$f_{bond} = \frac{P_{fail}}{\pi d_{bar} l_e} \quad (2.1)$$

di mana  $f_{bond}$  = Purata nominal kekuatan ikatan

$P_{fail}$  = Beban gagal

$d_{bar}$  = diameter bar tetulang ( 10 mm)

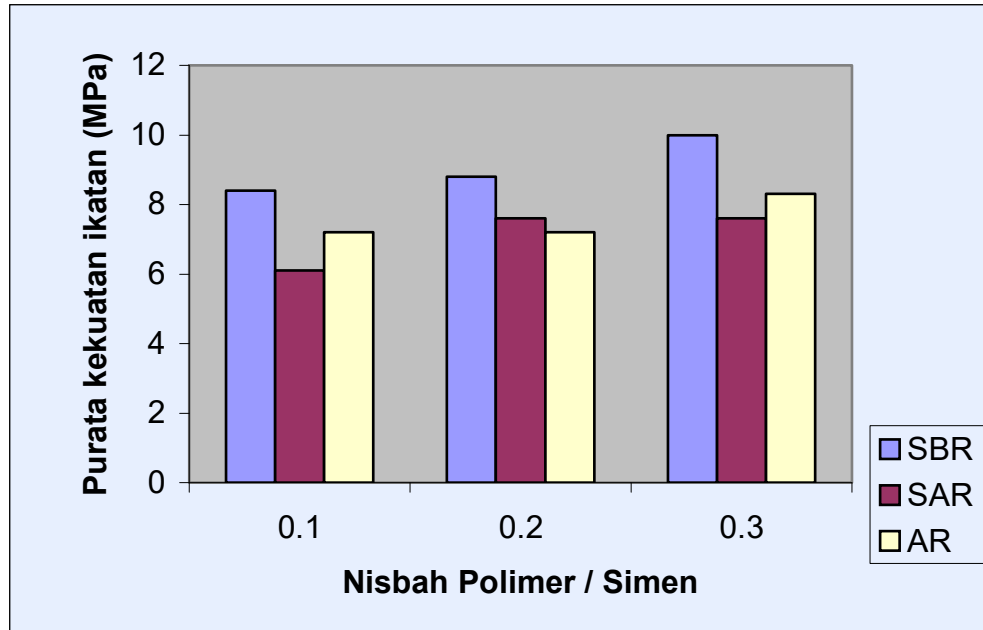
$l_e$  = jarak benaman bar tetulang di tengah spesimen konkrit

Berikut merupakan jadual data dan graf ujian individu kekuatan ikatan terhadap tetulang, purata dan sisihan piawai (MPa) bagi 3 jenis konkrit terubahsuai polimer lateks:

**Jadual 2.2: Purata kekuatan ikatan terhadap tetulang (MPa) berdasarkan 3 jenis Konkrit Terubahsuai, iaitu SBR, SAR dan AR (F.A. Shaker, 1997).**

Jenis konkrit terubahsuai polimer lateks	Nisbah Polimer / Simen	Purata kekuatan ikatan terhadap tetulang (MPa)	Sisihan piawai bagi konkrit terubahsuai polimer lateks (MPa)
SBR	0.1	8.4	0.2
	0.2	8.8	0.5
	0.3	10	0.9
SAR	0.1	6.1	0.9
	0.2	7.6	1.6
	0.3	7.6	0.2
AR	0.1	7.2	0.6
	0.2	7.2	0.1
	0.3	8.3	0.7





**Rajah 2.5: Purata kekuatan ikatan terhadap tetulang (MPa) bagi Konkrit Terubahsuai SBR, SAR dan AR ( F.A. Shaker, 1997)**

Konkrit terubahsuai polimer lateks juga mempunyai rintangan yang rendah. Ini adalah kerana konkrit terubahsuai polimer lateks kurang mempunyai rongga – rongga udara kerana rongga – rongga udara yang terjadi telah dipenuhi dengan satu nilai kandungan yang telah ditetapkan. Pengisian rongga – rongga udara ini juga akan menyebabkan agen pengkakis seperti klorida dan sulfat dihalang untuk memasuki rongga – rongga udara tersebut dan ini menyebabkan proses pengkakis kurang atau tidak berlaku. (Palle Thoft (Palle Thoft – Christensen, 2002 ) telah menyatakan bahawa masa permulaan kakisan dinyatakan pada rumus berikut:

$$T_{corr} = \frac{d^2}{4D} (\text{erf}^{-1}(\frac{C_{cr} - C_0}{C_i - C_0}))^2 \quad (2.2)$$

- di mana
- $T_{corr}$  = Masa permulaan kakisan
  - $C_{cr}$  = pekali ambang kakisan klorida atau sulfat
  - $d$  = ketebalan penutup konkrit

D = pekali resapan

C<sub>i</sub> = kepekatan ion klorida atau sulfat

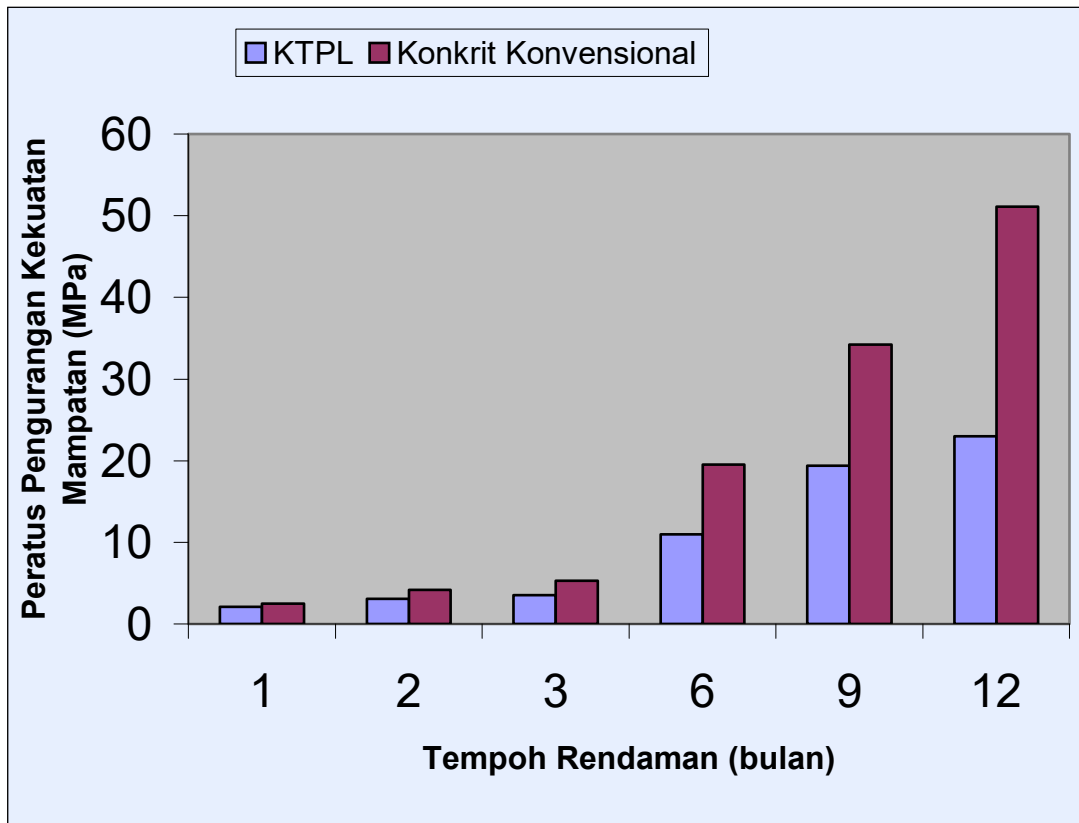
C<sub>0</sub> = kepekatan ion klorida atau sulfat pada keseimbangan

Proses pengakisan yang berlaku ke atas konkrit konvensional akan menyebabkan kekuatan mampatan akan berkurangan. Jadual di bawah menunjukkan nilai – nilai kekuatan mampatan setelah mengalami tempoh rendaman di dalam sulfat dan penurunan kekuatan mampatan:

**Jadual 2.3: Perbandingan kekuatan mampatan konkrit terubahsuai polimer lateks (Bahan Tambah SBR) dengan konkrit konvensional direndam di dalam sulfat (F.A. Shaker,1997).**

Tempoh Rendaman (bulan)	Kekuatan Mampatan Konkrit Terubahsuai Polimer Lateks (Bahan Tambah SBR) (MPa)			Kekuatan Mampatan Konkrit Konvensional (MPa)		
	Kawalan	Rendaman	%	Kawalan	Rendaman	%
1	38.0	37.2	2.1	40.0	39.0	2.5
2	39.0	37.8	3.1	40.5	38.8	4.2
3	40.4	39.0	3.5	41.2	39.0	5.3
6	41.0	36.5	11.0	42.5	34.2	19.5
9	41.8	33.7	19.4	44.4	29.2	34.2
12	42.6	32.8	23.0	45.6	22.3	51.1

Data dari Jadual 2.3 boleh diwakili melalui rajah seperti berikut:



**Rajah 2.6: Perbandingan Peratusan Pengurangan Mampatan (MPa) di antara Konkrit Terubahsuai Polimer Lateks ( Bahan Tambah SBR ) dan Konkrit Konvensional ( F.A. Shaker,1997).**

### 2.3 Harga getah sintetik di pasaran dunia

Pengeluaran dan penggunaan polimer lateks atau getah sintetik pada masa kini semakin meningkat hasil daripada penyelidikan tentang teknologi penghasilan getah sintetik. Jadual 2.4 menunjukkan data – data penghasilan, pengeluaran dan simpanan getah sintetik di dunia:

**Jadual 2.4: Penghasilan getah sintetik, penggunaan getah sintetik dan simpanan getah sintetik bagi ('000 tan) dari tahun 2002 hingga 2004(Rubber Statistical Bulletin, 2004).**

Penghasilan Getah Sintetik ('000 tan)							
Amerika Utara	2300	595	569	569	611	2344	632
Amerika Latin	614	164	161	158	159	642	162
Kesatuan Eropah	2763	674	744	699	690	2807	707
Bukan Kesatuan Eropah	1018	285	278	288	315	1166	322
Afrika	68	21	20	19	17	77	19
Asia / Ocenia	4163	1068	1066	1117	1157	4408	1171
Jumlah	10930	2750	2880	2860	2980	11470	3020
Penggunaan Getah Sintetik ('000 tan)							
Amerika Utara	2123	549	539	530	535	2152	571
Amerika Latin	659	174	174	168	174	691	181
Kesatuan Eropah	2648	658	679	649	697	2682	680
Bukan Kesatuan Eropah	819	210	238	240	237	925	223
Afrika	108	32	31	29	25	117	27
Asia / Ocenia	4304	1126	1132	1165	1286	4709	1245
Jumlah	10800	2780	2860	2810	2940	11380	2950
Simpanan Getah Sintetik ('000 tan)							
Jumlah	2990	2960	2980	3030	3080	3080	3150