

Tajuk Penuh Tesis : **Kelakunan Beban Pesongan Kekuda-
Komposit GFRP- Teori dan Eksperimen**

Nama Penuh Pengarang: **Nor faeza Binti Ali**

Nama Ijazah : **Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam**

Fakulti : **Fakulti Kejuruteraan Awam**

Tarikh Penghantaran : **27 April 2006**

Nama Penyelia : **Dr Jamaludin M. Yatim**

Nama Panel Pemeriksa : **Prof Ir Dr Mohd Warid Hussin
Pn Zainab Arman Ali**

Tarikh Pembentangan : **12 April 2006**

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: KELAKUNAN BEBAN PESONGAN KEKUDA KOMPOSIT GFRP –
TEORI DANEKSPERIMEN.

SESI PENGAJIAN: 2005/2006

Saya NORFAEZA BINTI ALI

mengaku membenarkan tesis (PSM/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hak milik Universiti Teknologi Malaysia.
2. Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. ** Sila tandakan (√)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

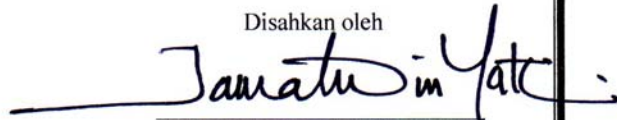
(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD



(TANDATANGAN PENULIS)

Disahkan oleh



(TANDATANGAN PENYELIA)

Alamat Tetap:

KAMPUNG TELUK,
32400 AYER TAWAR,
PERAK DARUL RIDZUAN

DR. JAMALUDIN M. YATIM
Nama Penyelia

Tarikh: 27 APRIL 2006

Tarikh: 27 APRIL 2006

- CATATAN
- * Potong jika tidak berkenaan
 - ** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT atau TERHAD.
 - ◇ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (PSM)

**KELAKUNAN BEBAN PESONGAN KEKUDA KOMPOSIT GFRP –
TEORI DAN EKSPERIMEN**


NORFAEZA BINTI ALI

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam

Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia

APRIL 2006

“Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.”

Tandatangan : 
Nama Penulis : NORFAEZA BT ALI
Tarikh : 27 APRIL 2006

“Saya mengakui bahawa saya telah membaca tesis ini dan pada pandangan saya tesis ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam

Tandatangan



Nama Penyelia

: **DR. JAMALUDIN M. YATIM**

Tarikh

: **27 APRIL 2006**

Istimewa untuk ayah dan ibu yang sentiasa
menyokong saya. Tidak lupa juga
buat adik-beradik yang tersayang
serta teman yang dikasihi

PENGHARGAAN

Sekalung terima kasih diucapkan kepada Dr. Jamaludin M.Yatim selaku penyelia Projek sarjana Muda ini. Bimbingan dan nasihat yang beliau berikan telah banyak membantu dalam menjalankan dan menjayakan Projek Sarjana Muda ini.

Tidak dilupakan juga kepada semua pensyarah di Fakulti Kejuruteraan Awam dan para juruteknik makmal bahan dan struktur..

Selain daripada itu, penghargaan juga diberikan kepada ibubapa, keluarga serta semua yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan Projek Sarjana Muda ini.

ABSTRAK

Aplikasi penggunaan bahan komposit GFRP (*Glass Fibre Reinforced Polymer*) telah menunjukkan keberkesanan dalam industri pembinaan. Namun, tiada prosedur reka bentuk kejuruteraan yang dipermudahkan disebabkan bahan komposit yang terlalu kompleks. Persamaan rekabentuk yang sedia ada bagi keratan GFRP belum menyeluruh dan memerlukan kajian lebih mendalam. Kelakunan ubah bentuk struktur kekuda GFRP seperti kekuatan muktamad, pesongan maksimum dan ragam kegagalan dikaji dengan menjalankan ujian ke atas struktur kekuda dengan dua kaedah sambungan yang berbeza. Iaitu sambungan bolt dan sambungan bolt-perekat. Ujian ke atas sampel dijalankan dengan menggunakan sistem pembebanan empat titik. Kekuatan muktamad dan pesongan maksimum kekuda didapati dengan mengaplikasi kaedah kebolehlenturan. Manakala ragam kegagalan pada beban muktamad dianalisis dengan mengambilkira kelakunan bahan berlaminat di bawah tegasan. Keputusan ujikaji yang diperoleh jauh berbeza dengan analisis teori. Kaedah sambungan yang berbeza mempengaruhi pesongan, kekuatan dan mod kegagalan pada sambungan. Mod kegagalan ricih menunjukkan punca kegagalan premier pada bahagian sambungan. Didapati sambungan bolt-perekat mempunyai kekukuhan yang lebih tinggi berbanding sambungan bolt.

ABSTRACT

The applications of glass fibres reinforced polymer (GFRP) have its benefit in the construction industry. However, there is no simplified procedure to engineering design due to the complexity of composite materials. The existing design equations are still not précised for the designing work. This study conducted the test on GFRP truss to investigate load deformation behaviour, strength and failure modes of the joints with different joining techniques. The joining of bolted joints and bolted-bonded joints were employed for the truss connection. Four point loading system was used for the structure test. The calculated ultimate load and maximum deflection were derived from the flexibility method. Whereas the mode of failure at ultimate load was predicted through the behaviour of laminated materials under stress. Results found that there were significant different between the test and theoretical analysis. It also found that joining techniques of GFRP truss significantly influenced the deflection, strength and failure modes of the joints. It was observed that shear failure mode at the joint was the primary cause of failure at ultimate. The results indicated that the bonded-bolted joint exhibited the better performance than the bolted joints.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iv
	PENGHARGAAN	v
	ABSTRAK	vi
	ABSTRACT	vii
	KANDUNGAN	viii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI SIMBOL	xiv
	SENARAI LAMPIRAN	xvi
BAB I	Pengenalan	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Kenyataan Masalah	3
	1.3 Objektif Kajian	4
	1.4 Skop Kajian	4
	1.5 Kepentingan Kajian	7

BAB II KAJIAN LITERATUR

2.1	Pengenalan	8
2.2	Kelebihan Penggunaan GFRP	9
2.3	Polimer Bertetulang Gentian Kaca	9
2.3.1	Kaca A	11
2.3.2	Kaca C	11
2.3.3	Kaca D	12
2.3.4	Kaca E	12
2.3.5	Kaca M	12
2.3.6	Kaca S	13
2.4	Proses Pultrusi	13
2.5	Jenis-Jenis Bahan Komposit	15
2.6	Aplikasi Bahan Komposit GFRP dalam Industri Pembinaan	16

BAB III METODOLOGI

3.1	Pengenalan	20
3.2	Bahan dan Peralatan	21
3.2.1	Anggota GFRP	21
3.2.2	Plat Logam	22
3.2.3	Resin Epoksi dan Pengeras	22
3.2.4	Bolt dan Nat	23
3.2.5	Spanar	23
3.2.6	Mesin Pemotong	23
3.2.7	Mesin Gerudi Elektrik	24
3.2.8	Mesin pemotong Logam	24
3.2.9	Struktur Kerangka Magnus	25
3.3	Prosuder Penyediaan Sampel	28

3.4	Ujian Pembebanan Titik	29
-----	------------------------	----

BAB IV ANALISIS DAN KEPUTUSAN

4.1	Pengenalan	33
4.2	Analisis Kekuda	34
4.2.1	Kaedah Kebolehlenturan	34
4.3	Analisis Sambungan	40
4.3.1	Tegasan Tegangan	41
4.3.2	Tegasan Ricih	43
4.3.3	Tegasan Galas	45
4.4	Beban Muktamad Teori	47
4.5	Keputusan Ujikaji	
4.5.1	Kekuda GFRP dengan Sambungan Bolt	48
4.5.2	Kekuda GFRP dengan Sambungan Bolt-Perekat	50
4.5.3	Beban Muktamad Ujikaji	54
4.6	Perbincangan	
4.6.1	Beban Muktamad	55
4.6.2	Pesongan	56
4.6.3	Mod Kegagalan	57

BAB V KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1	Kesimpulan	59
5.2	Cadangan	61

RUJUKAN	62
LAMPIRAN A	63
LAMPIRAN B	69
LAMPIRAN C	72

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Sifat-sifat beberapa jenis gentian	10
2.2	Komposisi gentian kaca	10
4.1	Kekuatan dan sifat elastik bagi bahan Orientasi GFRP	29
4.2	Beban Muktamad Teori	42
4.3	Data ujikaji Kekuda GFRP dengan Sambungan Bolt	44
4.4	Data ujikaji Kekuda GFRP dengan Sambungan Bolt-Perekat	46
4.5	Beban Muktamad Ujikaji	49
4.6	Perbezaan beban muktamad teori dan ujikaji	51
4.7	Perbezaan pesongan teori dan ujikaji	52

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Sampel struktur kekuda GFRP	5
1.2	Laminat CUW	6
1.3	Keratan kotak GFRP	6
2.1	Proses Pultrusi	15
3.1	Anggota GFRP	22
3.2	Pandangan tepi anggota GFRP	22
3.3	Bolt dan Nat berdiameter 6mm	25
3.4	Mesin Gerudi Elektrik	25
3.5	Gerudi berdiameter 7mm	26
3.6	Mesin Pemetong	26
3.7	Mesin Pemetong Logam Automatik	27
3.8	Mesin Pemetong Logam Manual	27
3.9	Struktur Kerangka Magnus	37
3.10	Jek Hidraulik	30
3.11	Sel Beban	30
3.12	Pin dan Rod	30
3.13	LVD <i>transducer</i>	30
3.14	Pengellog Data	31
3.15	Pam untuk jek hidraulik	31
4.1	Struktur asal kekuda boleh tentu static	35
4.2	Kes 1	36

4.3	Kes 2	37
4.4	Kes 3	37
4.5	Dimensi Sambungan Antara Bolt dan Plat	41
4.6	Tegasan Tegangan	42
4.7	Sambungan Bolt	43
4.8	Sambungan Bolt-Perekat	44
4.9	Plat yang disambung dengan bolt	45
4.10	Luas berkesan tegasan galas	46
4.11	Struktur Kekuda GFRP yang telah siap sedia untuk diuji	48
4.12	Graf Beban (kN) Lawan Pesongan (mm) bagi Kekuda GFRP dengan sambungan Bolt dan Bolt-Perekat	53
4.13	Mod Kegagalan Sambungan Bolt	58
4.14	Mod Kegagalan Sambungan Bolt-Gam	58

SENARAI SIMBOL

P	-	Beban
P_b	-	Beban muktamad galas
R_n	-	Daya yang bertindak
F_4	-	Daya Dalam Kekuda
T_n	-	Matriks Penjelmaan Daya.
K_n	-	Matriks Kebolehlenturan
f_n	-	Matriks Daya Dalam
T^T	-	Matriks Transposisi
Δ	-	Anjakan pada noddaya riceh
σ_n	-	tegasa normal
P_t	-	Beban Muktamad Tegangan
A	-	luas keratan rentas
D	-	Diameter
w	-	lebar
t	-	tebal
l	-	panjang
P_s	-	Kekuatan Ricih Muktamad

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Pengiraan analisis kekuda	62
B	Pengiraan analisis sambungan	68
C	Pengiraan Pesongan	71

BAB I

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Kekuda adalah satu struktur binaan yang terdiri daripada beberapa anggota lurus (dan kadangkala anggota lengkung) dengan hujung-hujungnya disambungkan antara satu sama lain untuk membentuk segitiga [1]. Bahan binaan yang meluas digunakan sebagai anggota kekuda ialah besi, keluli dan kayu. Namun begitu, pendekatan baru iaitu penggunaan bahan komposit GFRP sebagai bahan binaan anggota struktur kekuda wajar diperkenalkan bagi memberi alternatif lain dalam bidang pembinaan. Walaupun bahan komposit bukan sesuatu yang baru dalam bidang kejuruteraan, penggunaannya di dalam bidang pembinaan masih lagi terhad.

Bahan komposit merupakan bahan yang dibuat melalui gabungan dua atau lebih bahan. Salah satu bahan yang lazim digunakan ialah gentian yang kukuh seperti gentian kaca, Kevlar atau gentian karbon yang memberikan bahan tersebut kekuatan tegangan, sementara bahan lain (dikenali sebagai matriks) biasanya sejenis bahan matriks resin seperti polyester atau epoksi yang memegang gentian dan menjadikan bahan tersebut

keras dan kukuh. Selain itu, ada juga bahan komposit yang menggunakan agregat selain daripada atau bersama-sama.

Secara amnya, bahan komposit terdiri daripada dua atau lebih bahan yang bergabung secara fizikal dan kimia. Bahan komposit berlaminat terdiri daripada satu atau lebih elemen tetulang yang digabungkan dengan campuran polimer. Unsur tetulang atau gentian lazimnya lebih keras dan kuat daripada campuran polimer manakala campuran polimer adalah bahan rekatan yang juga dipanggil matriks.

Jenis bahan komposit yang digunakan sebagai anggota kekuda ini ialah Polimer Bergentian Kaca (GFRP). Gabungan gentian kaca yang berlainan orientasi dengan resin yang membentuk ikatan antara gentian membolehkan satu bahan komposit dihasilkan mengikut kehendak kekuatan rekabentuk. Lapisan gentian berfungsi mengambil tegasan utama manakala polimer bertindak sebagai pelindung kepada kerosakan serta mengagihkan tegasan kepada lapisan-lapisan gentian.

Terdapat beberapa jenis GFRP bergantung kepada jenis dan orientasi gentian yang digunakan. Setiap jenis kepingan GFRP ini mempunyai ciri-ciri dan kekuatan yang berlainan. Polimer juga dikenali dengan panggilan resin dalam GFRP. Penggunaan resin dalam GFRP adalah sebagai perekat kepada gentian kaca. Selain itu, resin juga berperanan mengasingkan gentian kaca daripada bersentuhan antara satu sama lain. Ini dapat mengelakkan keretakan daripada merebak. Sifat resin yang mulur juga bertindak sebagai satu bentuk mekanisme untuk melambatkan proses keretakan. Antara jenis polimer yang biasa digunakan dalam penghasilan GFRP ialah epoksi, *polyester* dan *vinylester*. Ia juga mempunyai beberapa jenis keratan GFRP seperti T, I dan kekotak terdiri daripada panel atau kepingan GFRP yang mempunyai lapisan (atau lapisan-lapisan) gentian yang berlainan orientasi [2].

Di Malaysia, penggunaan GFRP dalam industri pembinaan masih di peringkat awal. Berdasarkan kepada potensinya yang baik, usaha-usaha penyelidikan dan pembangunan sedang giat dijalankan bagi mengkaji kesesuaian bahan ini apabila digunakan sebagai struktur binaan. Aspek yang diberi perhatian ialah sifat-sifat kejuruteraan bahan, kemampuan anggota struktur menanggung beban dan kelasakan.

1.2 Kenyataan Masalah

Penggunaan bahan komposit GFRP sebagai anggota kekuda adalah salah satu pendekatan yang boleh digunakan untuk memberi pembaharuan kepada bidang pembinaan. Terdapat banyak kajian yang dilakukan untuk menentukan tahap keberkesannya dibawah beban. Namun, dalam pada itu, masih banyak lagi ujikaji yang belum dilakukan untuk menilai kekuatan bahan komposit GFRP sebagai anggota struktur kekuda.

Bahan komposit GFRP juga mempunyai ciri-ciri yang agak kompleks dari segi struktur. Disebabkan itu, beberapa pertimbangan perlu diberi perhatian dalam proses merekabentuk. Antara faktor-faktor yang perlu diambil kira ialah :

- a) Kemungkinan mengalami perubahan bentuk secara ricihan disebabkan oleh modulus ricih bahan komposit GFRP yang rendah.
- b) Kekuatan mampatan dan kekuatan ricih GFRP yang rendah menimbulkan kemungkinan berlaku kegagalan bahan.
- c) Pesongan yang agak besar terhasil daripada beban yang dikenakan ke atas struktur kekuda GFRP kerana modulus keanjalan gentian dan resin yang rendah.

Oleh itu, kajian ini akan menilai kelakunan beban pesongan struktur kekuda daripada bahan komposit GFRP di bawah pembebanan secara analisis dan ujikaji.

1.3 Objektif Kajian

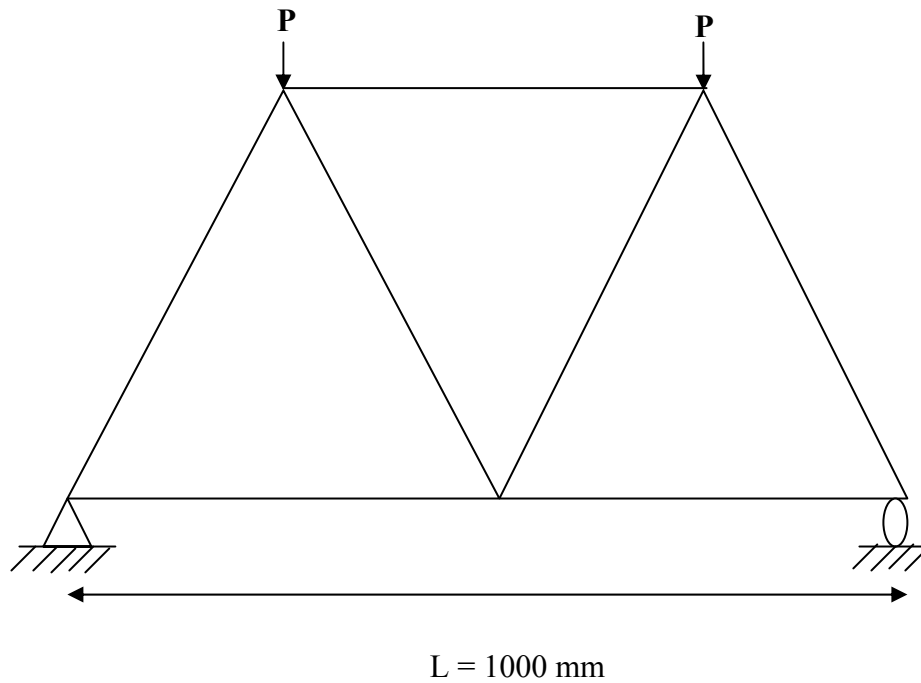
Objektif kajian ialah untuk

- a) Menganalisis kelakunan beban pesongan kekuda komposit GFRP berdasarkan teori mekanik bahan.
- b) Mengesahkan analisis teori melalui ujikaji makmal ke atas kekuda GFRP.

1.4 Skop Kajian

Skop kajian ini meliputi :

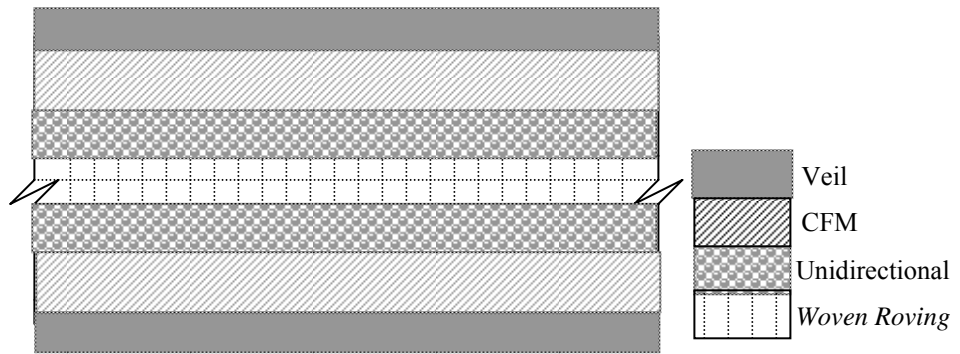
- a) Bahan komposit GFRP Pultruded sebagai anggota kekuda.
- b) Kelakuan beban pesongan kekuda GFRP akibat kesan lenturan, ricih dan sambungan.
- c) Kelakunan beban pesongan kekuda GFRP di bawah sistem pembebanan seperti dalam Rajah 1.1



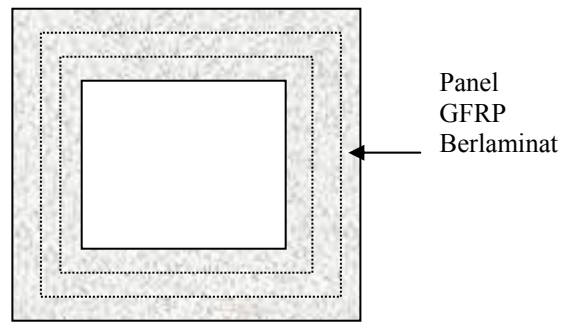
Rajah 1.1 : Sampel struktur kekuda GFRP

Untuk mengkaji kelakunan beban pesongan GFRP secara lebih terperinci, kajian ini telah menetapkan dua parameter supaya pengaruh beban ke atas kelakunan beban pesongan dapat dikehtahui :

- 1) Jenis laminat yang akan dikaji ialah laminat CUW seperti dalam Rajah 1.2
- 2) Bentuk geometri keratan yang akan digunakan ialah keratan kekotak seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.3



Rajah 1.2 : Laminat CUW



Rajah 1.3 Keratan Kekotak GFRP

1.5 Kepentingan Kajian

Kajian ini akan memberi pemahaman yang lebih mendalam terhadap kelakunan beban pesongan kekuda GFRP. Ia juga dapat menerangkan lagi mengenai kekuatan bahan komposit GFRP sebagai anggota kekuda dan dapat memperjelaskan lagi penyelidikan yang telah dilakukan sebelum ini.

Kajian sebelum ini lebih menumpukan kepada kekuatan bahan-bahan komposit GFRP sebagai struktur rasuk. Oleh itu, kajian ini akan lebih tertumpu kepada kekuatan bahan komposit GFRP sebagai struktur kekuda di dalam bidang kejuruteraan awam dan kelakunan anggota struktur kekuda tersebut terhadap beban pesongan apabila dikenakan beban.