



***DETERMINATION OF  
CFRP PLATE SHEAR  
MODULUS BY ARCAN  
TEST METHOD***

**SHUKUR HJ. ABU HASSAN**



# OBJEKTIF KAJIAN

- Mendapatkan dan membandingkan nilai tegasan ricih,  $\tau$ , dan modulus ricih,  $G$ , bagi plat CFRP yang berorientasi  $0^\circ$  dan  $90^\circ$  dihasilkan secara kaedah *pultrusion*.
- Mengkaji mod kegagalan bahan komposit CFRP di bawah beban ricih tulin.



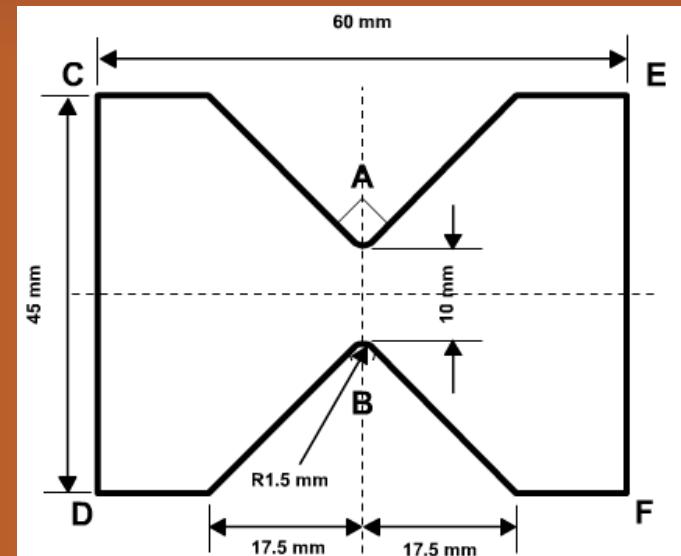
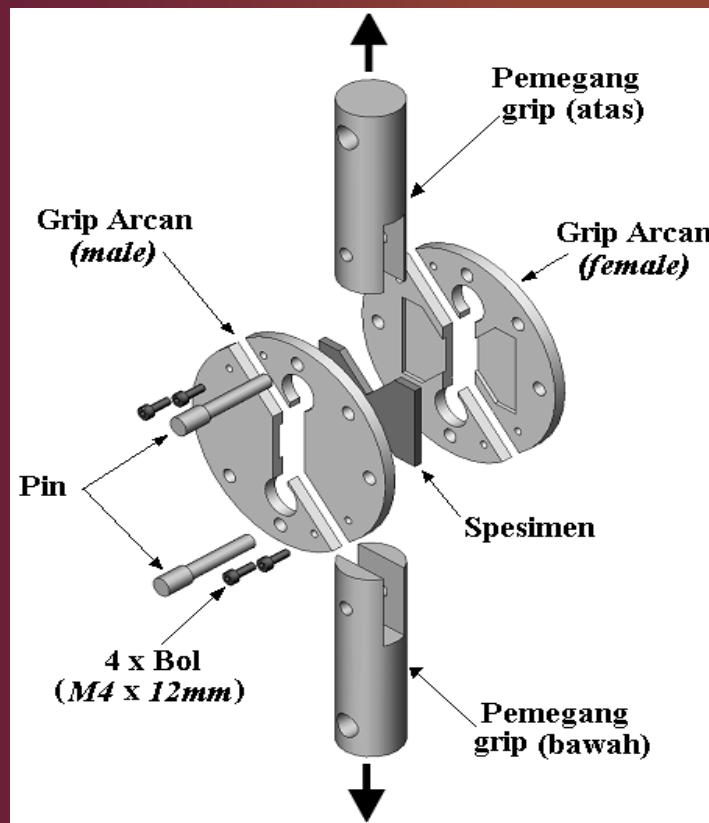
# SKOP KAJIAN

- Kajian literatur bagi plat gentian karbon bertetulangkan polimer yang diproses menggunakan kaedah penarikan.
- Kajian literatur bagi kaedah pengujian Arcan.
- Penyedian spesimen.
- Menjalankan ujikaji terhadap spesimen.
- Menganalisis keputusan yang diperolehi.
- Menghasilkan laporan kajian.



# PROGRAM PENGUJIAN

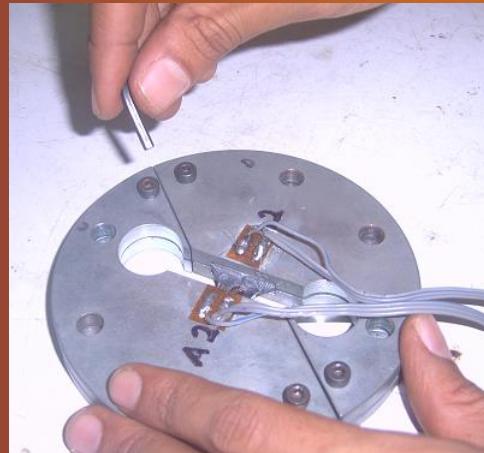
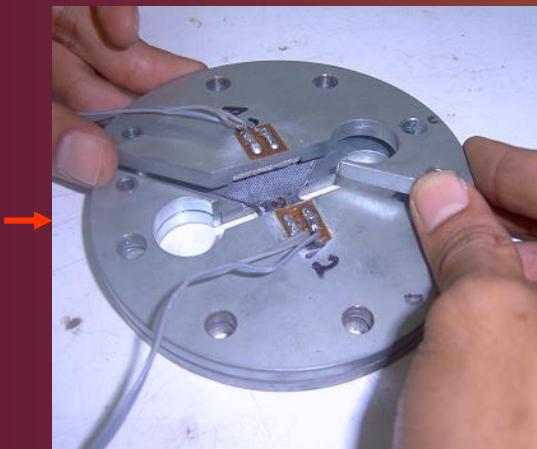
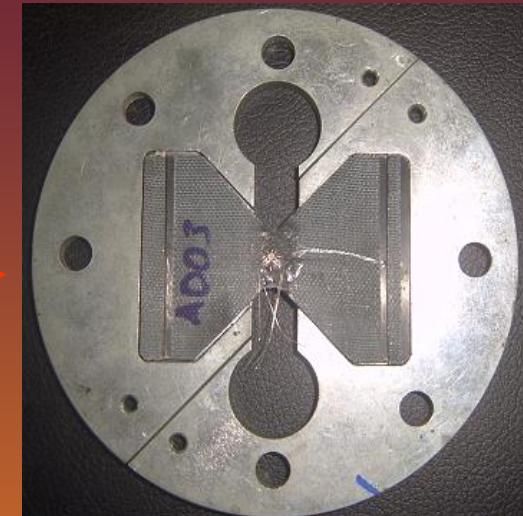
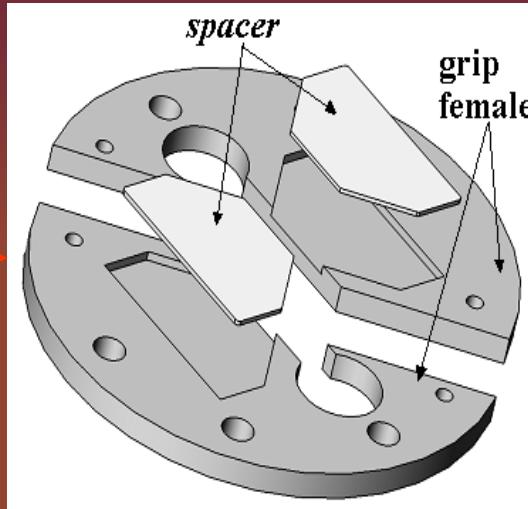
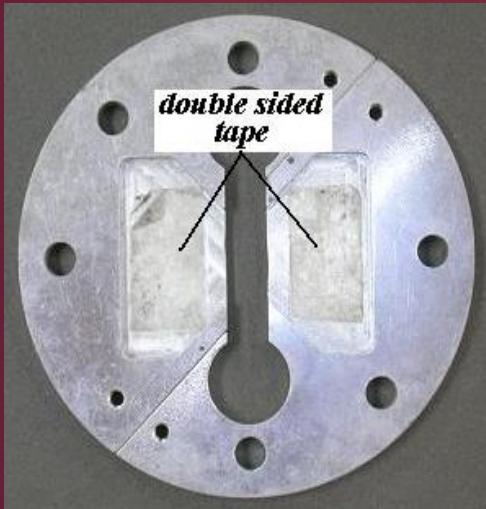
Nama Pengeluar	Kod Spesimen	Proses Pembuatan	Jumlah Spesimen		Bahan Matrik	
			Orientasi			
			0°	90°		
Exchem (A)	A	Penarikan	2	3	Vinylester	
Sika	B	Penarikan	2	3	Epoksi	
Fosroc	C	Beg Bertekanan	2	3	Epoksi	
Exchem (B)	D	Penarikan	2	3	Vinylester	





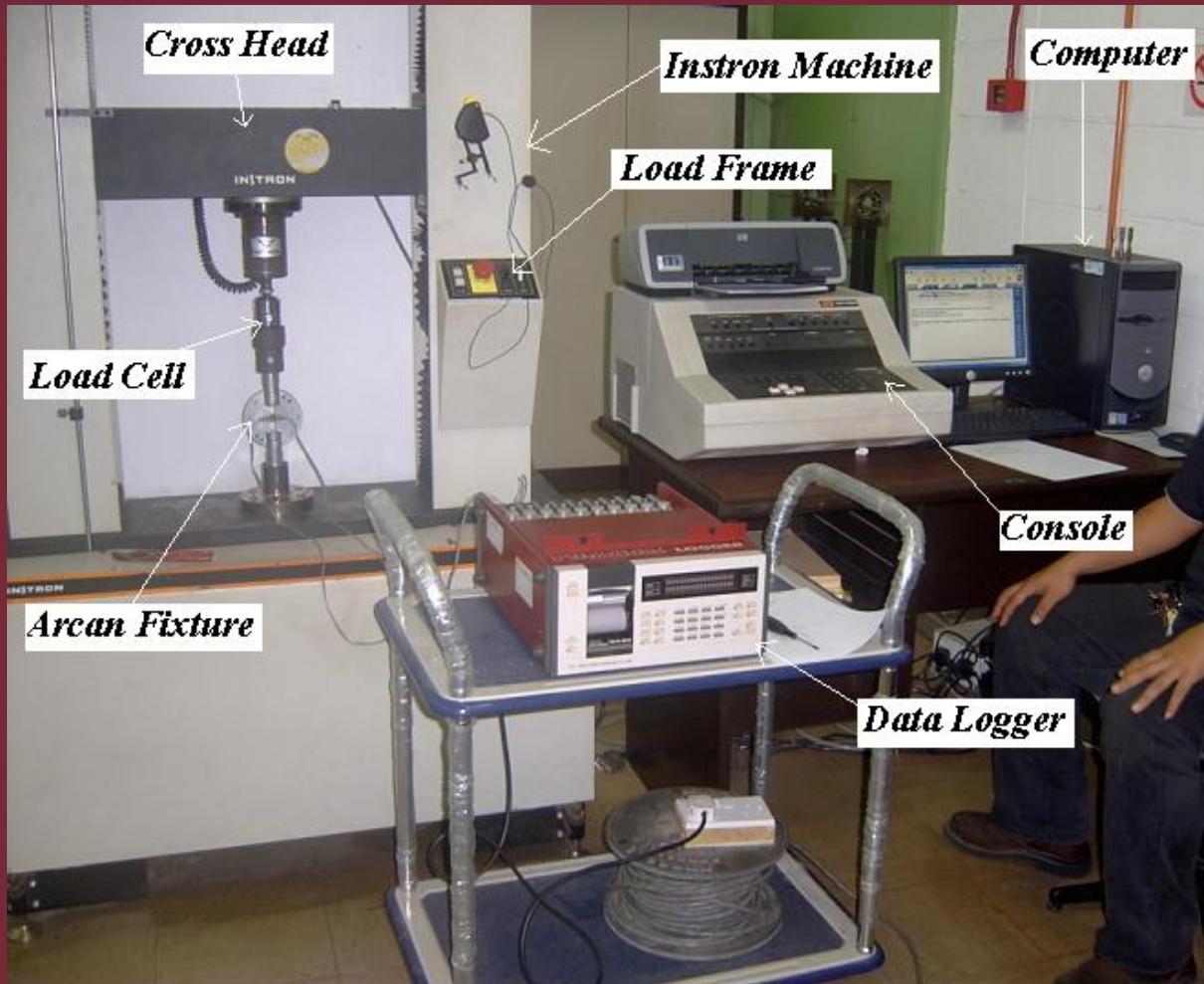
# PERSEDIAAN UJIKAJI

## Langkah memasang spesimen rig pengujian Arcan





# PERSEDIAN UJIKAJI





# DATA & KEPUTUSAN

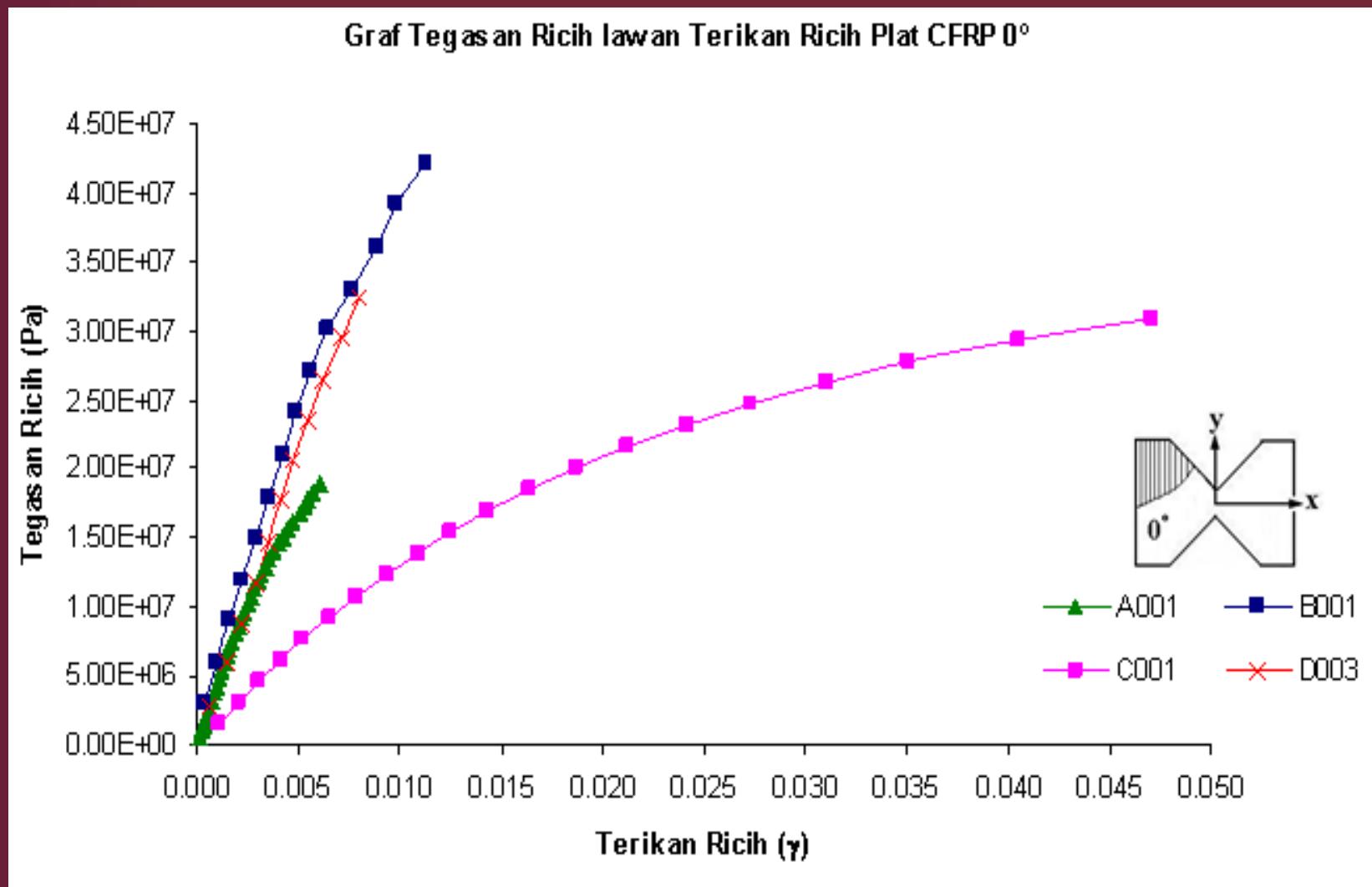
## Keputusan sampel berorientasikan 0°

Sampel	Kod Spesimen	Beban Alah Maksimum, P (kN)	Terikan yang Menghampiri Had Alah, $\epsilon$ ( $\mu\epsilon$ )		Tegasan Ricih pada Beban Alah, $\tau$ , (MPa)	Modulus Ricih, G, (GPa)	Terikan Ricih pada Beban Alah, $\gamma$ , ( $\mu\epsilon$ )
			45°	-45°			
Exchem (A)	A001	0.38	2669	-3088	20.54	4.28	6057
	A002	0.39	3289	-3408	21.08	4.06	6697
	Purata	0.39			20.81	4.17	6377
Sika	B001	0.72	8321	-7532	43.32	4.95	15853
	B002	0.78	8215	-7453	47.44	4.42	15668
	Purata	0.75			45.38	4.69	15761
Fosroc	C001	1.03	27895	-16324	31.36	1.22	44219
	C002	1.09	25260	-21840	33.56	1.32	47100
	Purata	1.06			32.46	1.27	45660
Exchem (B)	D003	0.59	4180	-3825	35.35	4.22	7657
	D002	0.56	2879	-2330	32.05	4.39	8005
	Purata	0.58			33.70	4.40	7831



# DATA & KEPUTUSAN

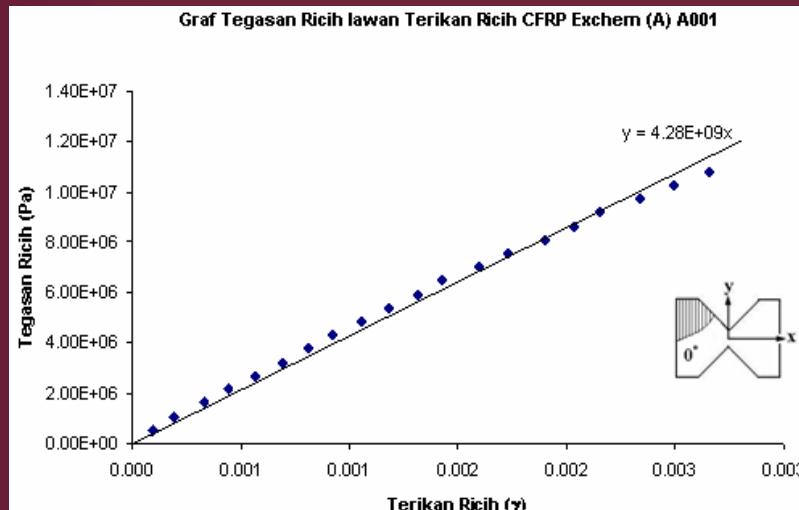
Hubungan tegasan-terikan ricih sampel berorientasikan  $0^\circ$



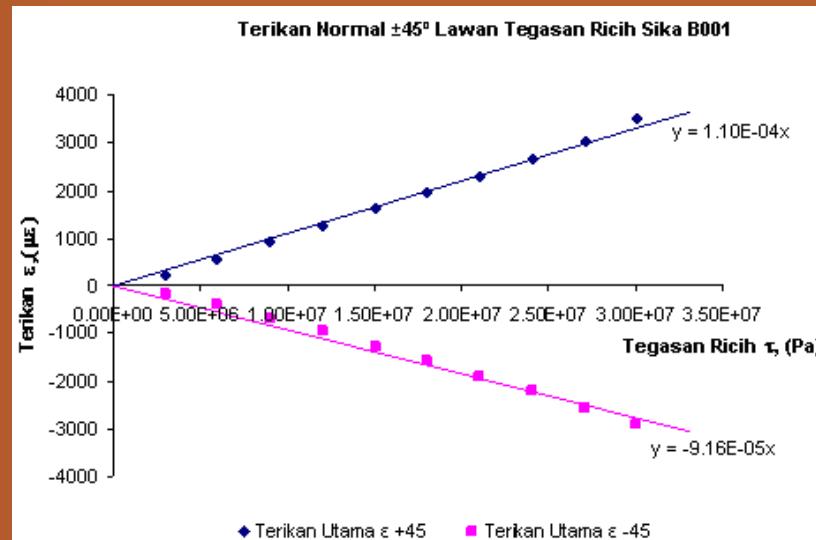
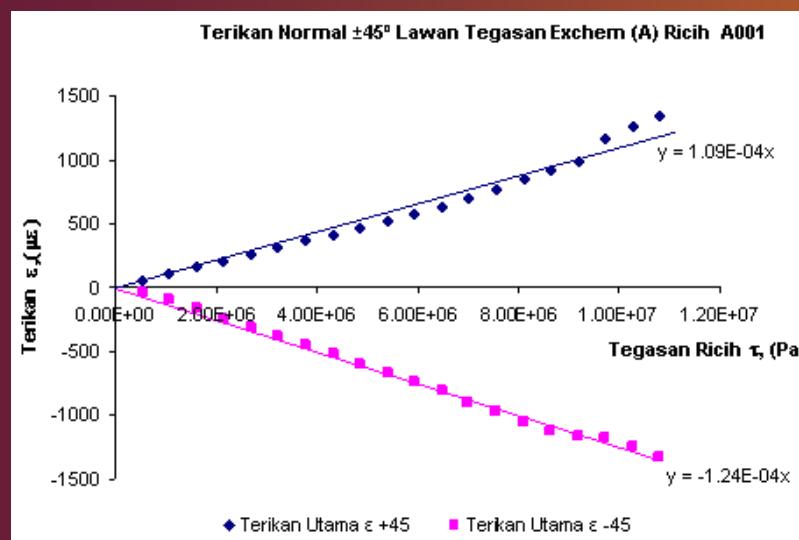
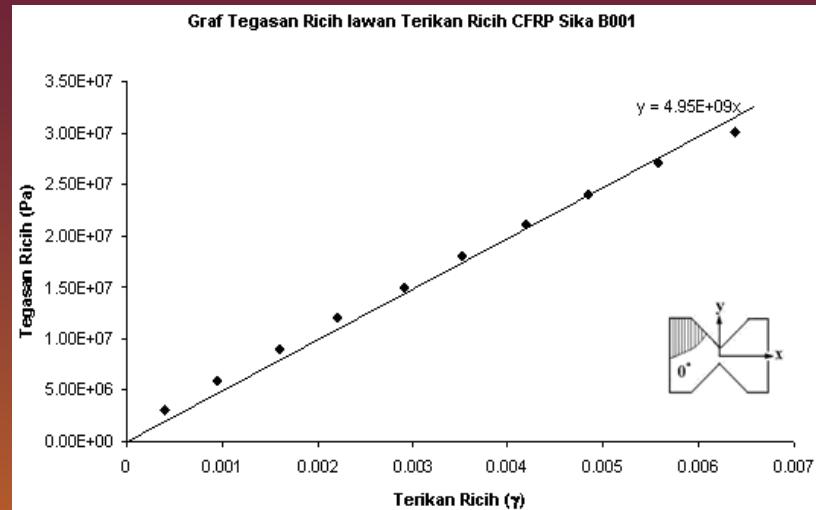


# DATA & KEPUTUSAN

## Exchem (A) A001



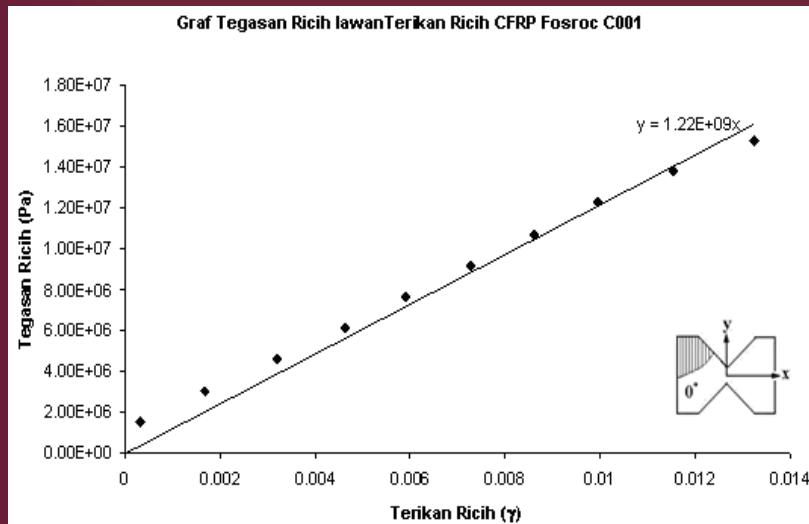
## Sika B001



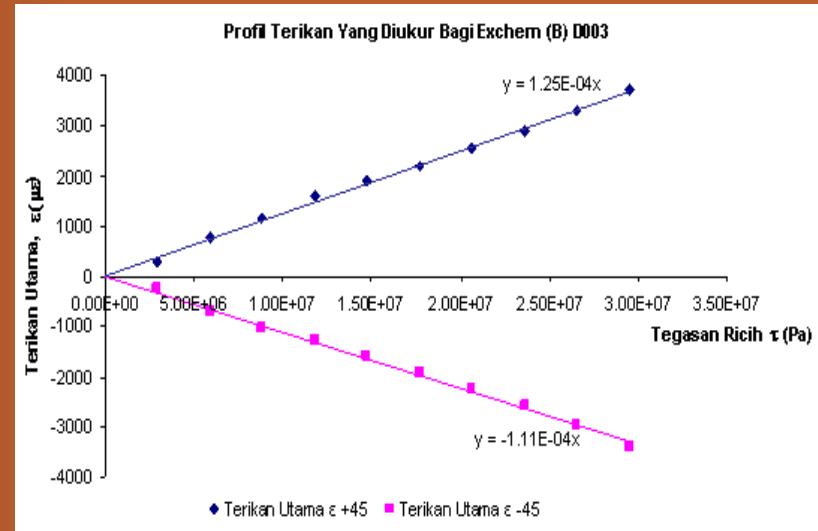
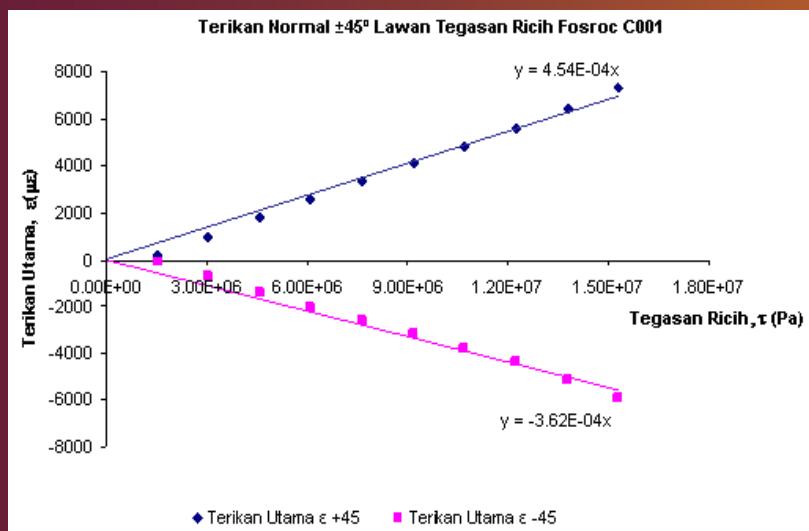
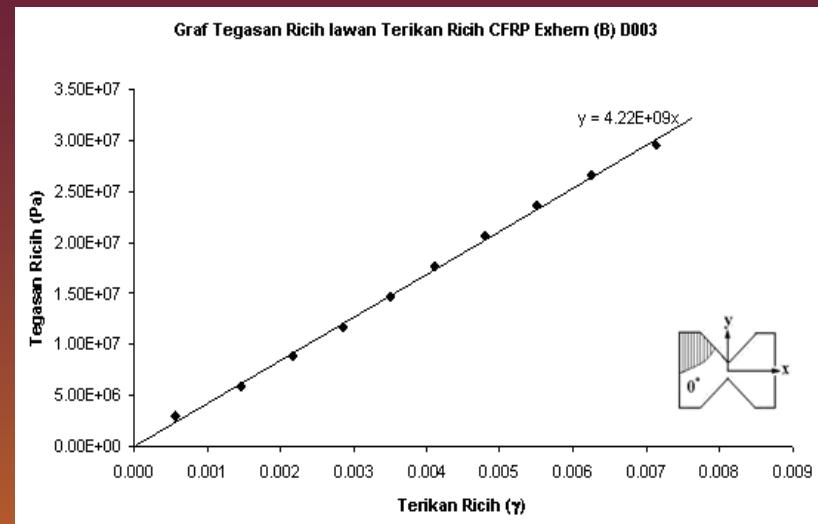


# DATA & KEPUTUSAN

## Fosroc C001



## Exchem (B) D003





# DATA & KEPUTUSAN

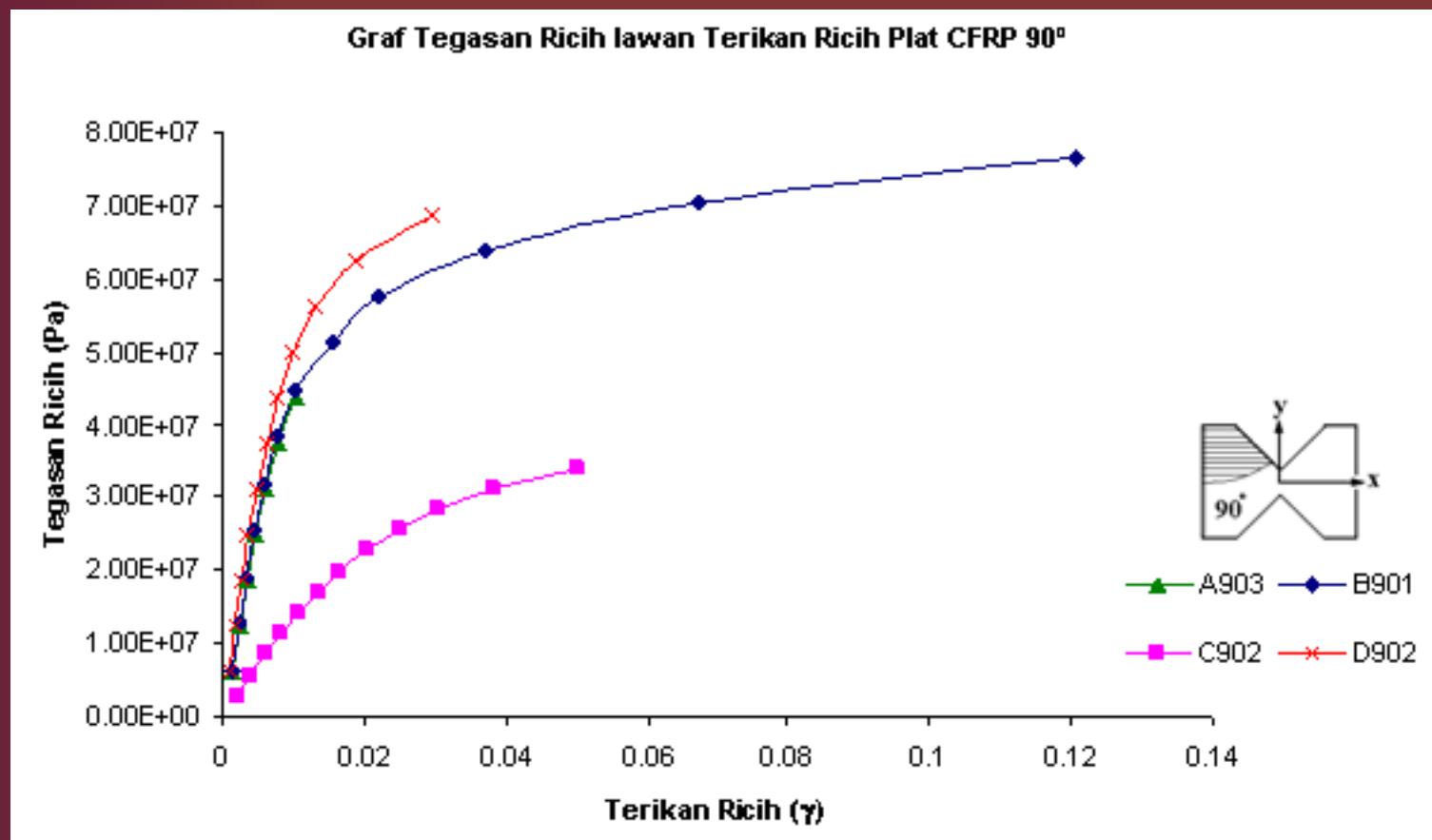
## Keputusan sampel berorientasikan 90°

Sampel	Kod Spesimen	Beban Alah Maksimum, P (kN)	Terikan yang Menghampiri Had Alah, $\epsilon$ ( $\mu\epsilon$ )		Tegasan Ricih pada Beban Alah, $\tau$ , (MPa)	Modulus Ricih, G, (GPa)	Terikan Ricih pada Beban Alah, $\gamma$ , ( $\mu\epsilon$ )
			45°	-45°			
Exchem (A)	A901	0.77	4815	-5735	47.38	5.22	25526
	A902	0.75	4715	-5637	44.32	5.45	24726
	A903	0.79	4804	-5724	49.13	5.21	23984
	Purata	0.77			46.94	5.29	
Sika	B901	1.29	60893	-59760	82.38	5.32	120653
	B902	1.34	65658	-60919	89.00	6.54	126577
	B903	1.25	55459	-55422	88.63	5.29	110917
	Purata	1.29			88.63	5.72	
Fosroc	C901	1.98	26381	-25590	57.63	1.34	51971
	C902	1.93	24300	-25891	54.71	1.37	50191
	C903	1.92	26113	-25158	55.78	1.41	5127
	Purata	1.94			56.04	1.37	
Exchem (B)	D901	1.16	11154	-11842	70.13	6.32	22996
	D902	1.14	13450	-16277	71.31	6.53	29727
	D903	1.24	14837	-15885	76.57	6.18	30722
	Purata	1.18			72.67	6.34	



# DATA & KEPUTUSAN

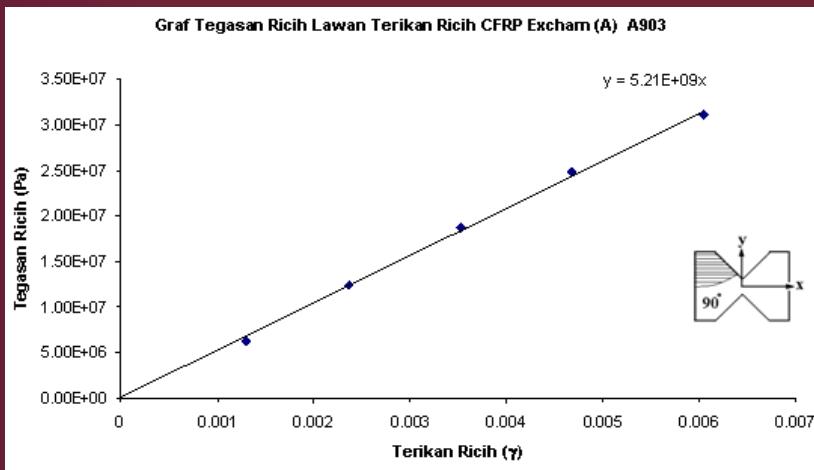
Hubungan tegasan-terikan ricih sampel berorientasikan 90°



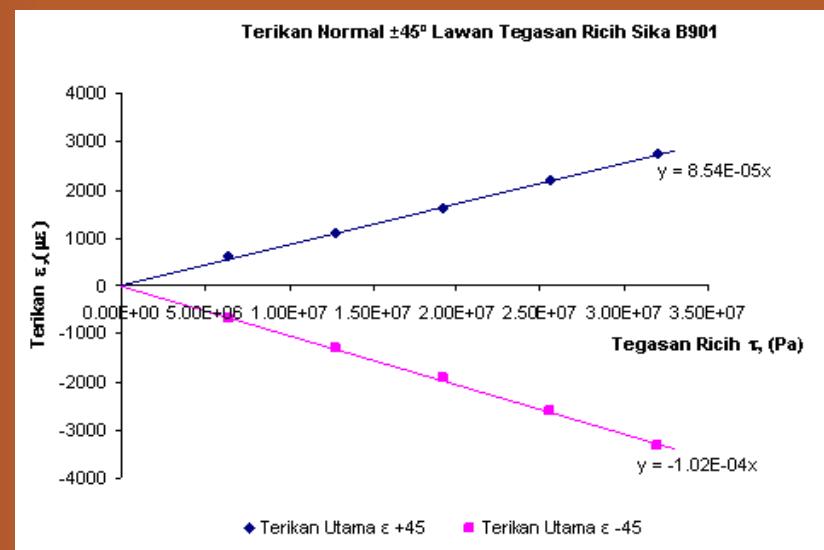
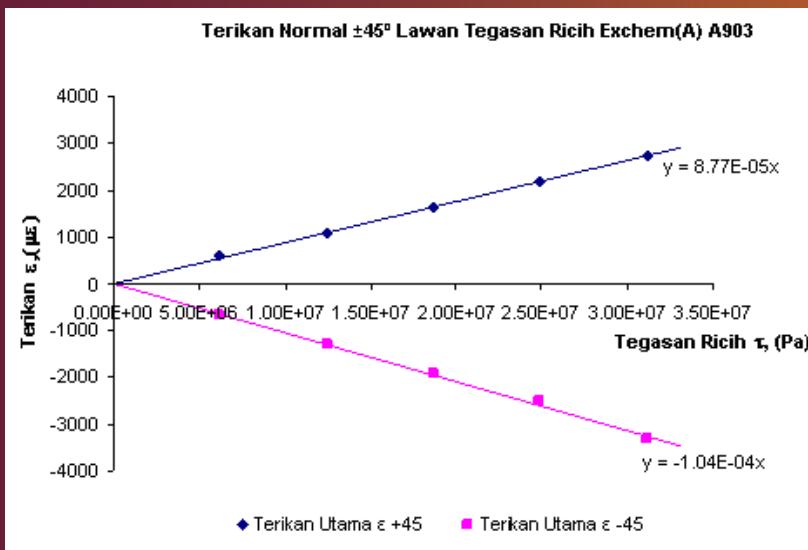
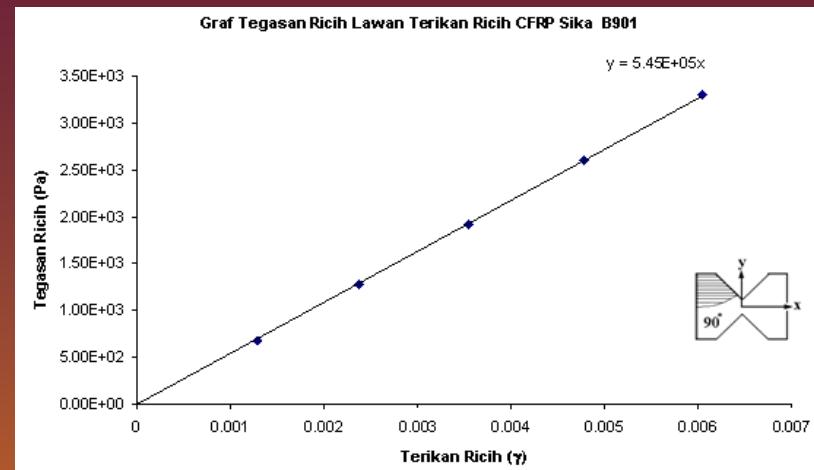


# DATA & KEPUTUSAN

## Exchem (A) A903



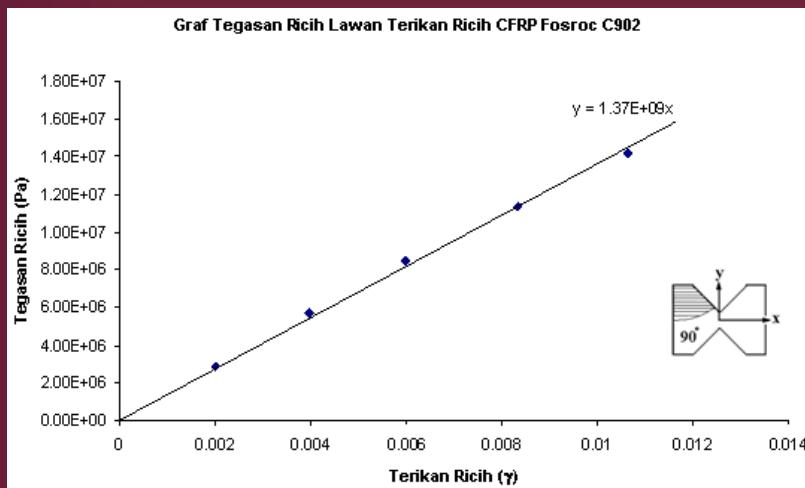
## Exchem (A) B901



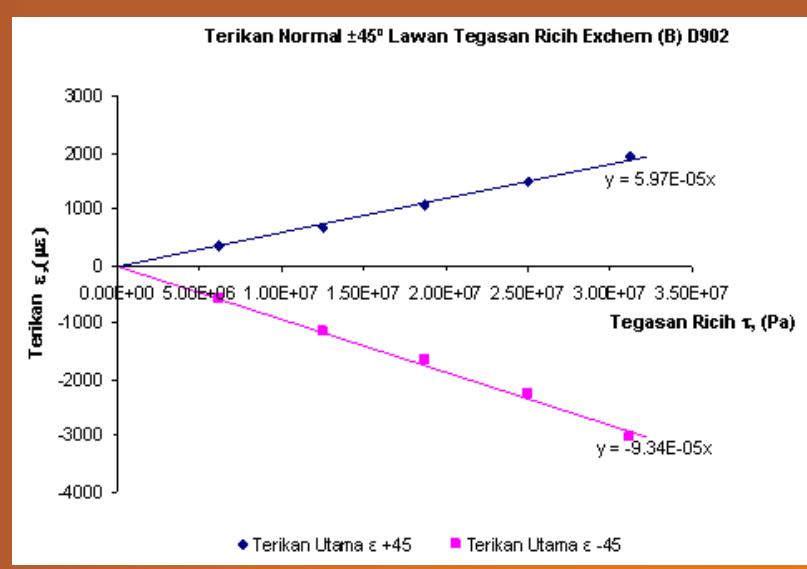
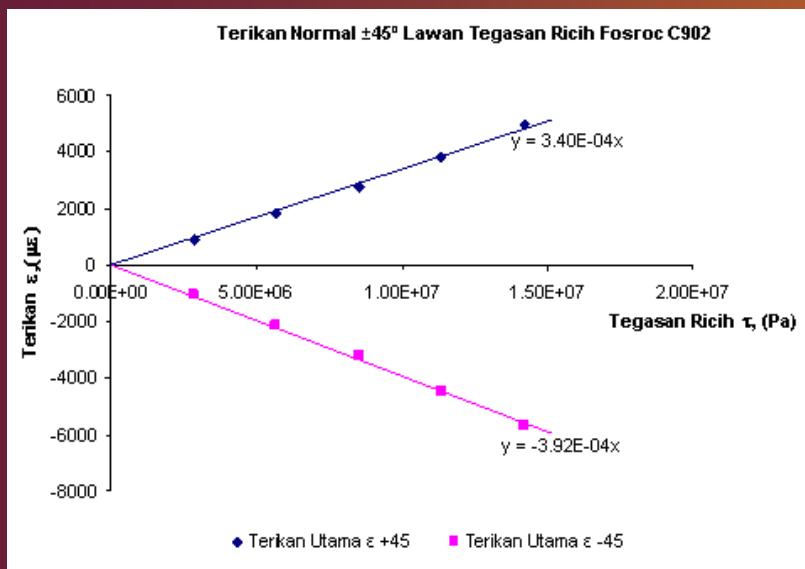
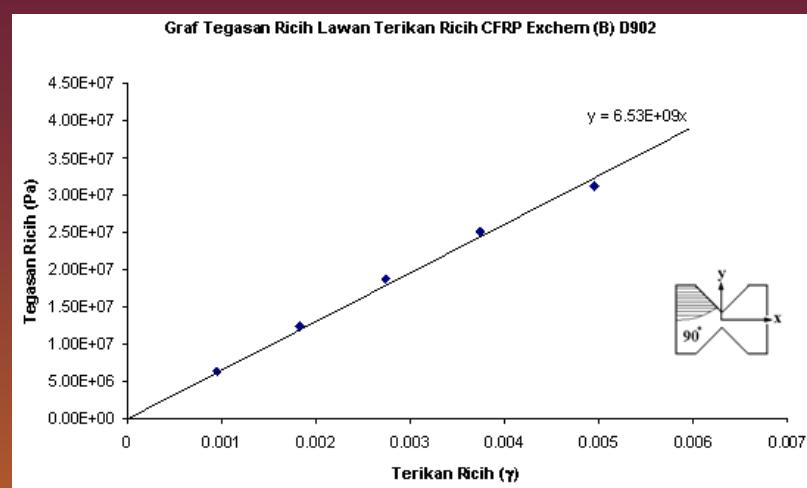


# DATA & KEPUTUSAN

## Fosroc C902



## Exchem (B) D902





# Cantoh Pengiraan

Spesimen : Sika (B001)

Daya yang dikenakan,  $P = 500 \text{ N}$

Tebal,  $h = 1.45 \text{ mm}$

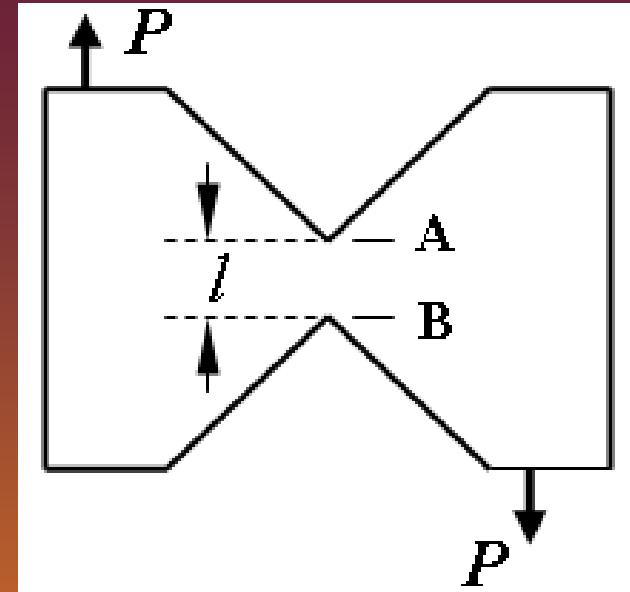
Panjang,  $l = 11.34 \text{ mm}$

Terikan Utama pada  $+45^\circ$ ,  $= 3468 \mu\epsilon$

Terikan Utama pada  $-45^\circ$ ,  $= -2913 \mu\epsilon$

Oleh itu,

- Luas kawasan *significant*,  $A = h \times l$   
 $A = 1.45 \text{ mm} \times 11.34 \text{ mm}$   
 $= 16.44 \text{ mm}^2$



- Maka, Tegasan ricih purata,  $\tau$

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{lh}$$

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{500}{1.64 \times 10^{-5}} \\ &= 30.09 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- Maka, Terikan ricih,  $\gamma$

$$\begin{aligned}\gamma &= \epsilon_{+45^\circ} - \epsilon_{-45^\circ} \\ &= 3468 - (-2913) \mu\epsilon \\ &= 6381 \mu\epsilon\end{aligned}$$



# Contoh Pengiraan

- Kesejajaran (*alignment*) elemen tegasan

$$\varepsilon_x = \frac{\varepsilon_{+45^\circ} + \varepsilon_{-45^\circ}}{2}$$

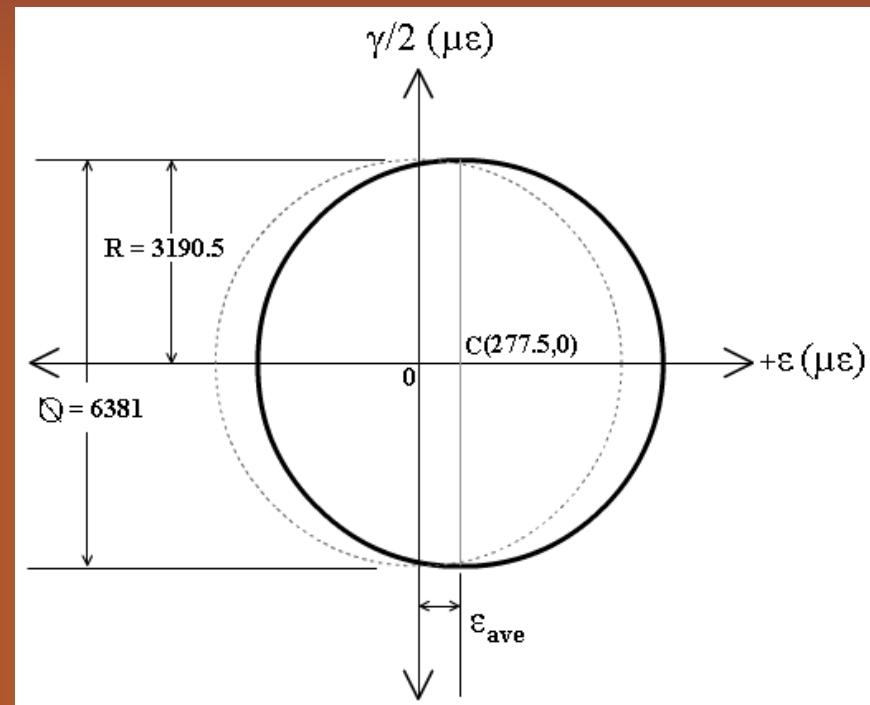
$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{3468 - 2913}{2} \\ &= 277.5 \mu\epsilon\end{aligned}$$

- Bulatan Mohr

$$\begin{aligned}\text{Titik tengah bulatan } C &= \varepsilon_x = \frac{\varepsilon_{+45^\circ} + \varepsilon_{-45^\circ}}{2} \\ &= 277.5 \mu\epsilon\end{aligned}$$

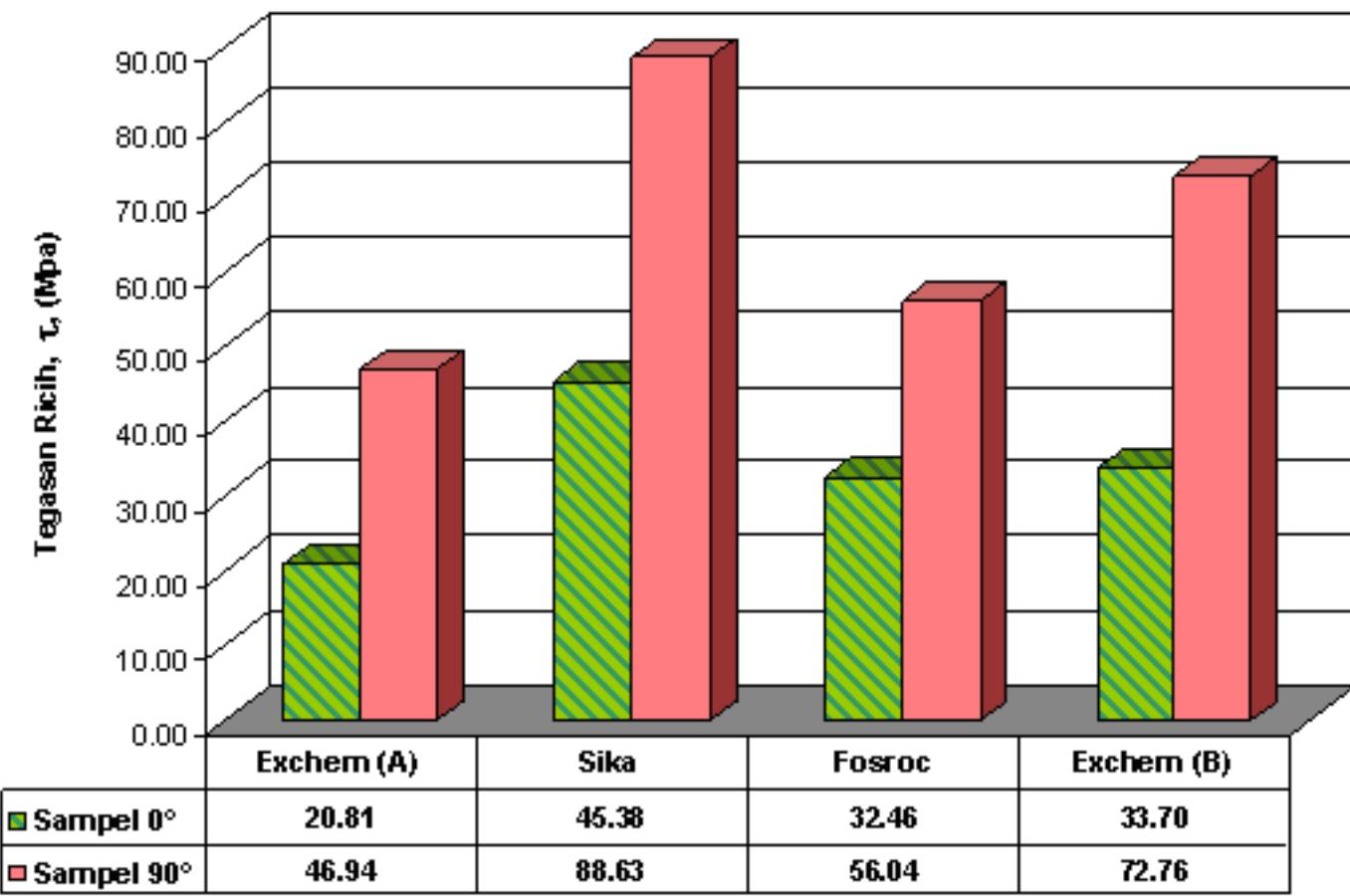
$$\begin{aligned}\text{Jejari bulatan, } R &= \frac{\gamma}{2} = \frac{6381}{2} \\ &= 3190.5\end{aligned}$$

Diameter bulatan,  $\phi = 2R = 6181 \mu\epsilon$





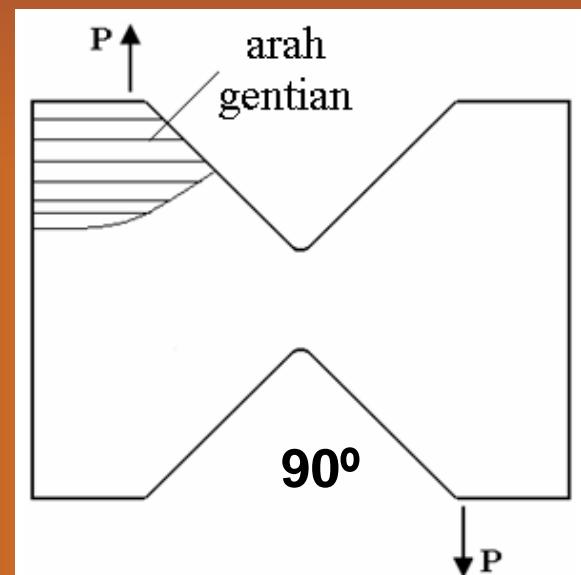
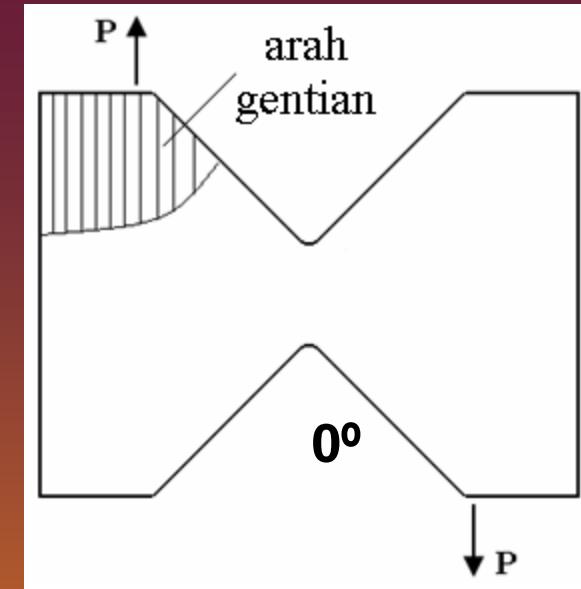
Graf Perbandingan Tegasan Ricih,  $\tau$  melawan Setiap Jenis Sampel





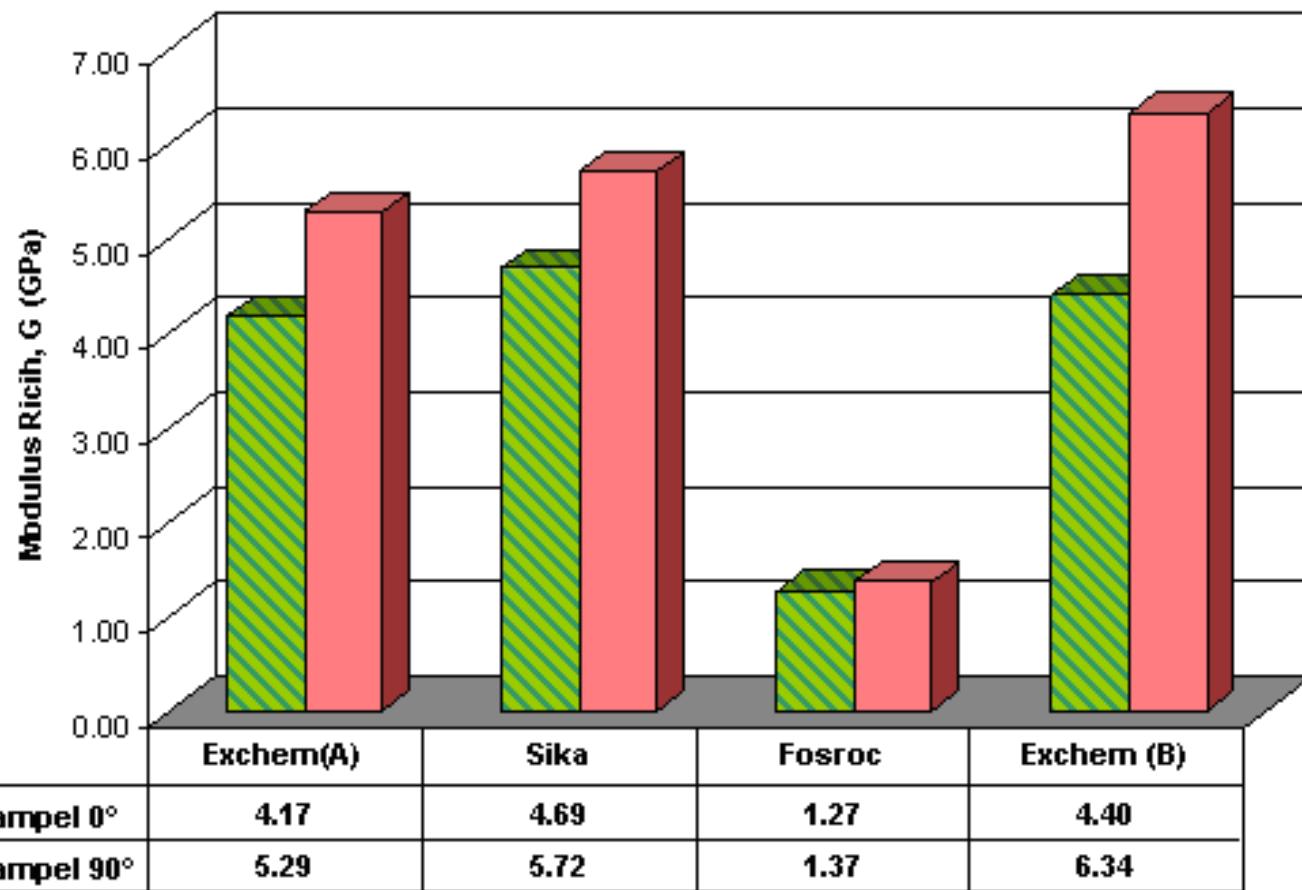
# PERBINCANGAN

- Sampel berorientasikan  $0^\circ$  mencatatakan,  $\tau, < \approx (50\%)$  daripada sampel berorientasikan  $90^\circ$
- ( $0^\circ$ ), kekuatan ricih bergantung sepenuhnya kepada kualiti ikatan bahan matrik dengan gentian
- ( $90^\circ$ ), kekuatan ricih bergantung kepada ikatan bahan matrik dengan gentian dan juga kekuatan gentian





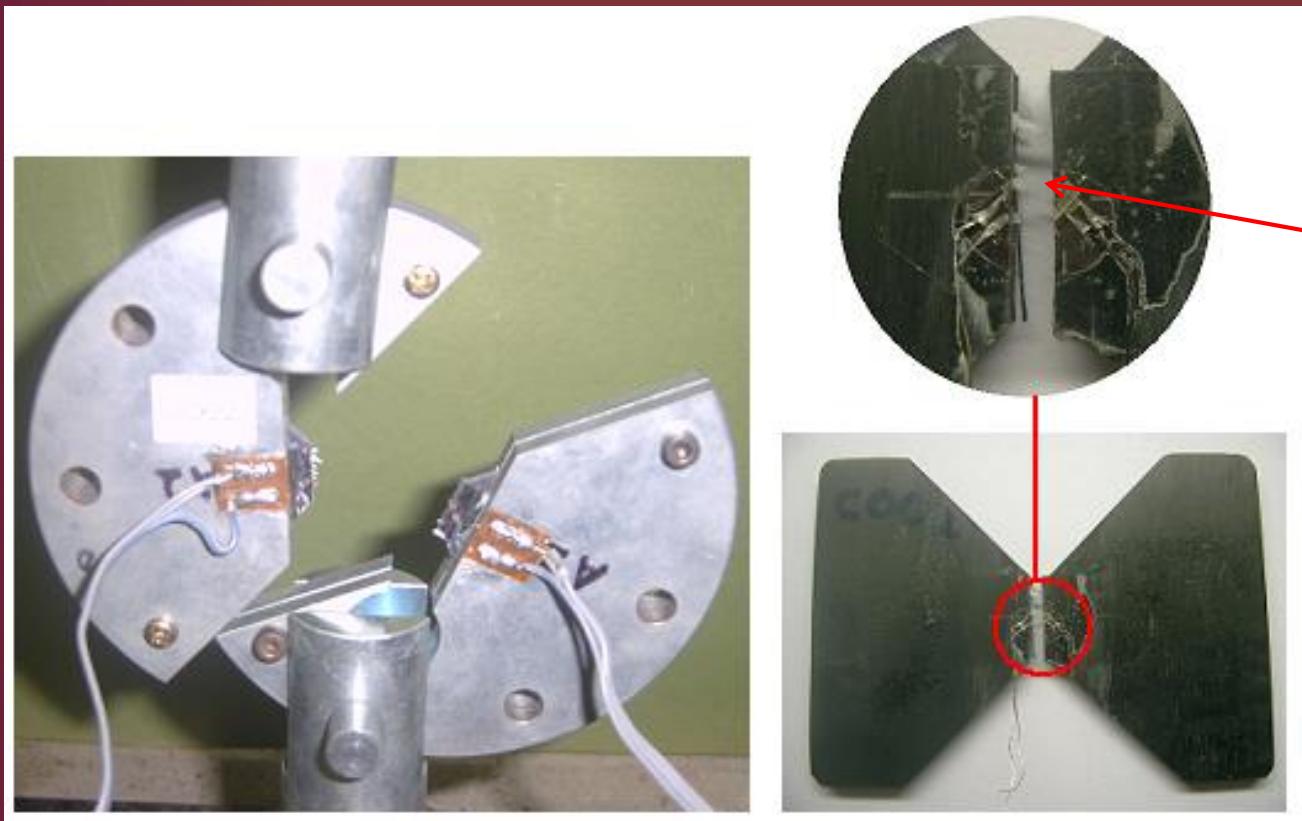
Graf Perbandingan Modulus Ricih, G melawan Sampel Ujian





# MOD KEGAGALAN

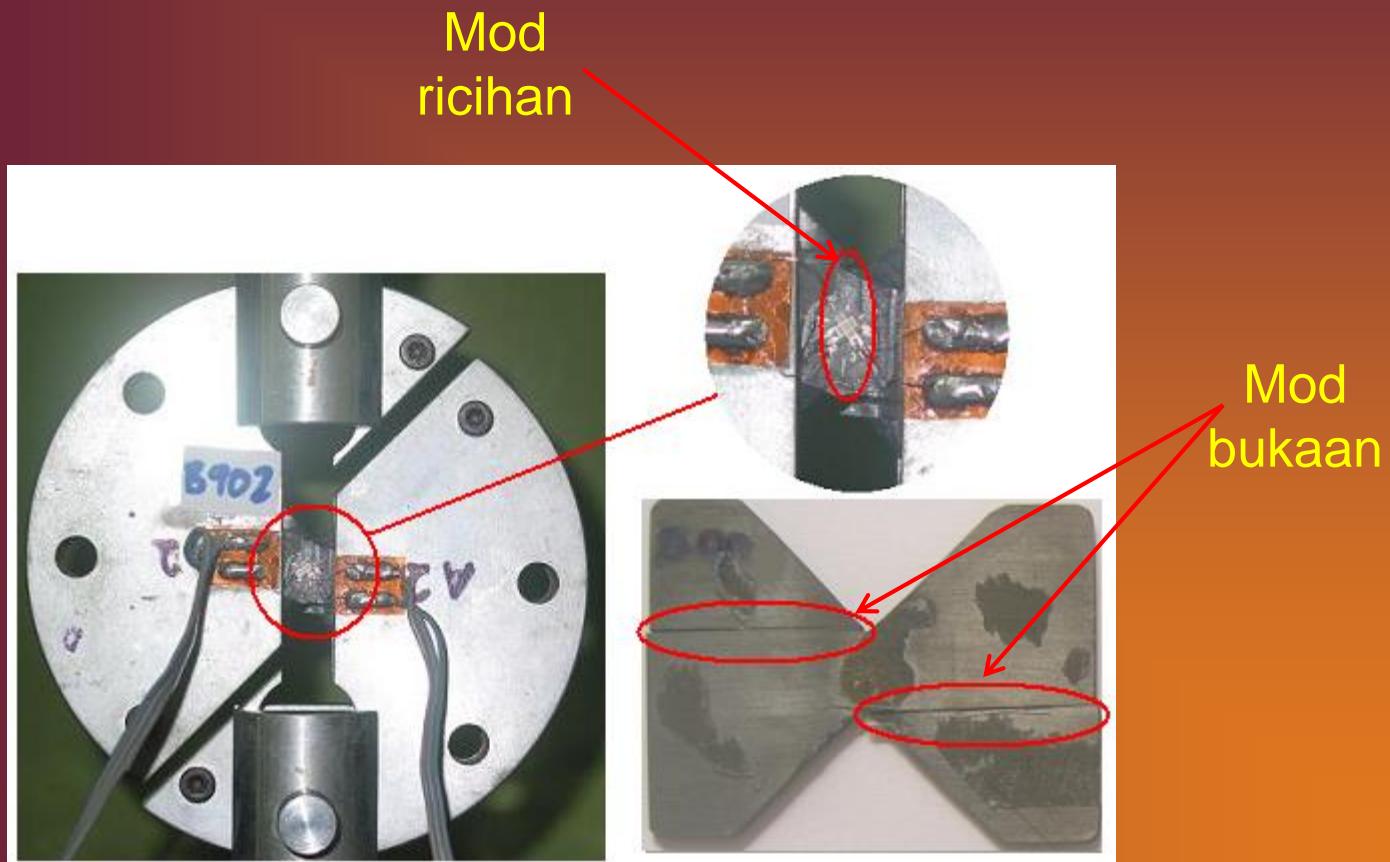
Keadaan patah (*fracture*) spesimen  $0^\circ$  bagi sampel C002



# MOD KEGAGALAN



Keadaan patah (*fracture*) spesimen 90° bagi sampel B902





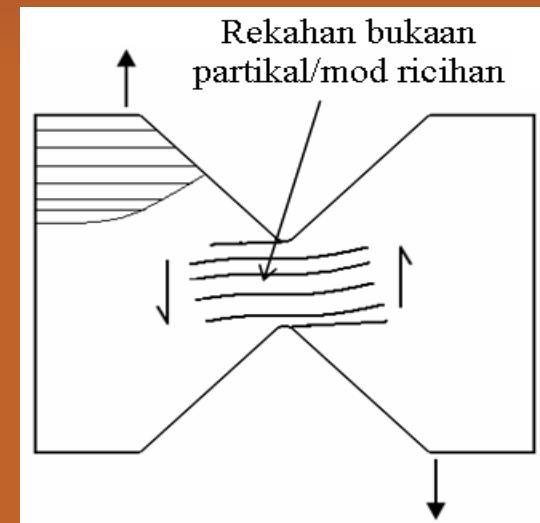
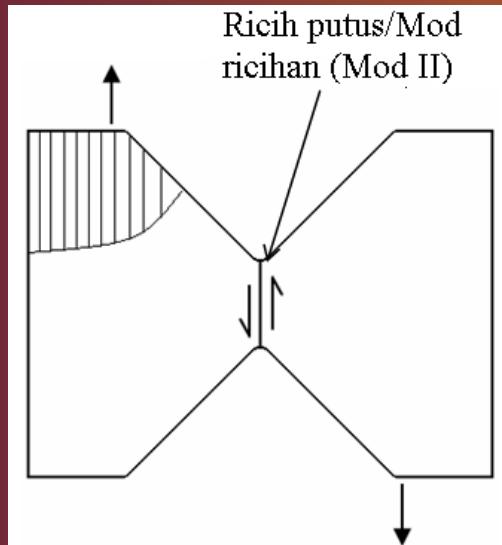
# KESIMPULAN

- sampel berorientasi gentian  $0^\circ$  mencatatkan nilai  $\tau$ , jauh lebih rendah berbanding dengan sampel  $90^\circ$  .
- CFRP Sika menunjukkan mempunyai kekuatan ricih yang lebih tinggi berbanding dengan sampel CFRP lain.
- penggunaan epoksi bahan matrik menghasilkan satu ikatan yang kuat di antara bahan gentian karbon.
- proses *pultrusion* dapat menghasilkan kekutan ricih yang lebih baik daripada proses *vacum bagging* tehadap sesuatu plat CFRP .



# KESIMPULAN

- Graf terikan utama,  $\epsilon_{+45^\circ}$  dan  $\epsilon_{-45^\circ}$  melawan tegasan ricih menunjukkan profil terikan utama bagi terikan adalah sentiasa simetri dengan terikan utama walaupun mencatat peratusan ralat yang boleh dianggap kecil.
- dua jenis mod kegagalan yang berlaku iaitu mod ricihan dan mod bukaan





# CADANGAN

- Menggunakan alat pemotong dan peralatan yang sesuai semasa proses penghasilan spesimen bentuk *butterfly* agar ukuran dimensi spesimen mempunyai ketepatan yang tinggi.
- Kajian hubungan ke atas sifat ricih dengan kaedah pembuatan. Ini penting dalam mengenalpasti adakah kesan proses pembuatan memainkan peranan penting dalam sifat ricih bahan polimer komposit.
- Kajian secara mikro mekanikal diperlukan lagi supaya dapat dikaji punca kegagalan sesuatu bahan dalam keadaan ricih dengan lebih mendalam.



# CADANGAN

- Analisis unsur tak terhingga (*FEA*) perlu dilakukan agar dapat merekabentuk geometri spesimen *butterfly* yang lebih baik terutamanya pada bahagian takuk (*significant*) supaya dapat mengetahui taburan tegasan yang terhasil dari daya rincih yang dikenakan.
- Pembangunan ke atas rig pengujian Arcan yang lebih mudah diubah-ubah (*flexible*) dan mempunyai tahap kejituuan kejuruteraan yang tinggi perlu dihasilkan. Ini bagi menjimatkan masa penyediaan tolok pengukuran dan instrumentasi yang lain. Rig ini turut perlu dilengkapi dengan beberapa alat intrumentasi mikro yang berupaya dalam membuat pengukuran ketidaksejajaran (*misalignment*).