

IV. STUDI EKSPERIMENTAL

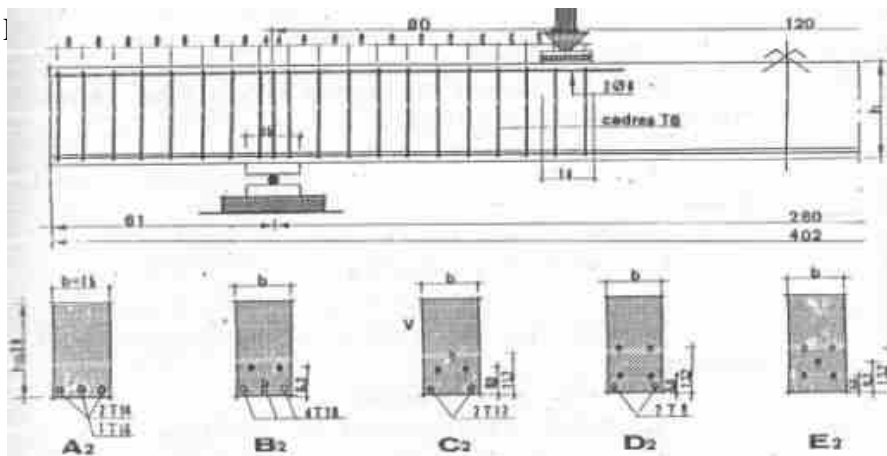
4.1 Data Percobaan

Adapun percobaan ini dilakukan terbatas pada balok berpenampang persegi (gambar 4.1). balok menerima beban lentur dengan skema pembebanan seperti gambar 4.2. presentase tulangan, prosentase pratekan untuk setiap balok dapat dilihat pada tabel 4.1. Prosentase Pratekan dan Data Tulangan Baja Lunak Untuk Masing-Masing

Tabel: 4.1. Prosentase Pratekan dan Data Tulangan Baja Lunak

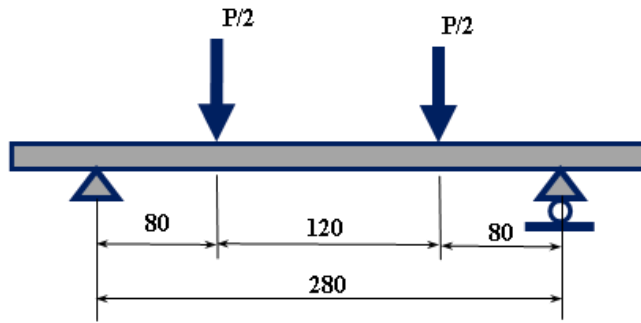
Tipe Balok	A	B	C	D	E
% Pratekan	0	40	60	80	100
$\omega_{total} = \frac{A_s + A_p}{b \cdot h} \cdot 100\%$	1,21	0,98	0,89	0,72	0,60
$\omega_s = \frac{A_s}{b \cdot h} \cdot 100\%$	1,21	0,74	0,54	0,24	0
$\omega_p = \frac{A_p}{b \cdot h} \cdot 100\%$	0	0,24	0,35	0,48	0,60

- A balok beton bertulang biasa ($\omega_p = 0$)
- B, C, D balok beton pratekan partial dengan prosentase pratekan berturut-turut 40%, 60% dan 80%



Gambar 4.1 Skema Penulangan Dan Penampang Setiap Tipe

* Adapun data lengkap tentang percobaan ini dapat dilihat pada kepustakaan no 9.



Gambar 4.2 Skema Dari Sistem Pembebanan Balok

4.2 Retak

4.2.1 Prediksi Teori

Untuk perhitungan ini menggunakan metode Code Mode CEB-FIB 78 [8].

$$W_k = 1,7 W_m \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana :

W_k = lebar retak karakteristik

W_m = lebar retak rata-rata

$$W_m = S_{rm} \cdot \epsilon_{sm} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana :

S_{rm} = jarak retak rata-rata

ϵ_{sm} = perpanjangan baja tulangan rata-rata

Adapun jarak retak rata-rata S_{rm} , perpanjangan baja rata-rata ϵ_{sm} dapat dihitung *) sebagai berikut :

$$S_{rm} = 2\left(c + \frac{s}{10}\right) + k_1 \cdot k_2 \frac{\phi}{\rho_r} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

$$\epsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right) \right] \leq 0,4 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

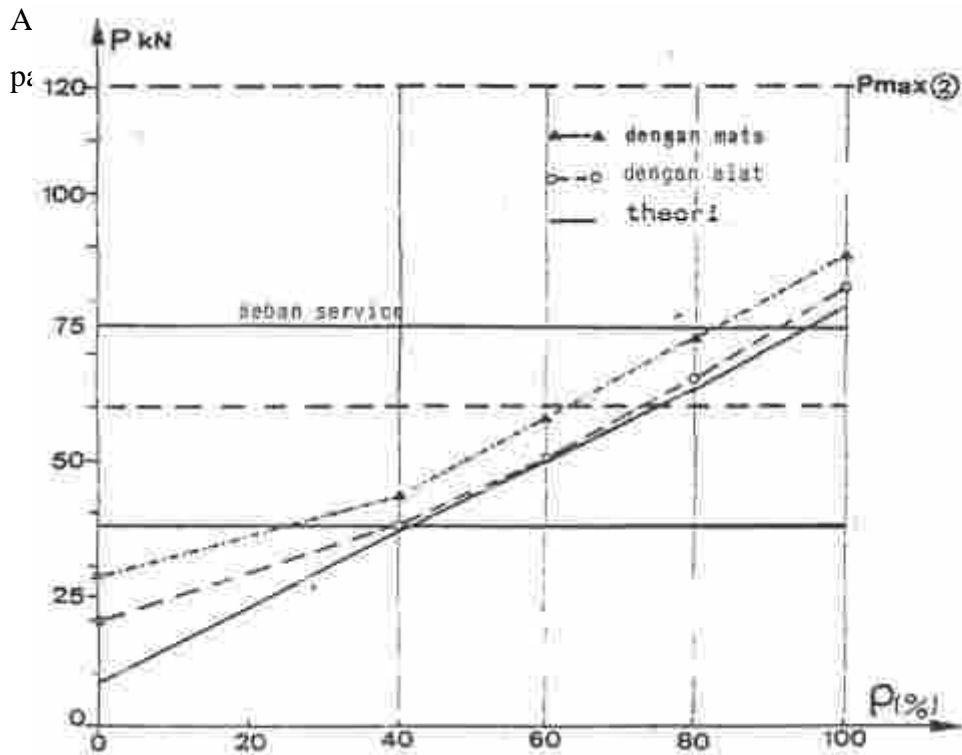
beban retak kemudian dapat ditetapkan [9].

4.2.2 Beban Retak :

Secara teoritis beban retak dapat dihitung, kondisi initial balok memegang peranan sangat penting.

*)perumusan lengkap dapat dilihat pada buku kepustakaan no 8.

Dengan memperhitungkan semua variabel yang berpengaruh (susut, *creep*, *relaxatie*) beban retak kemudian dapat ditetapkan [9].



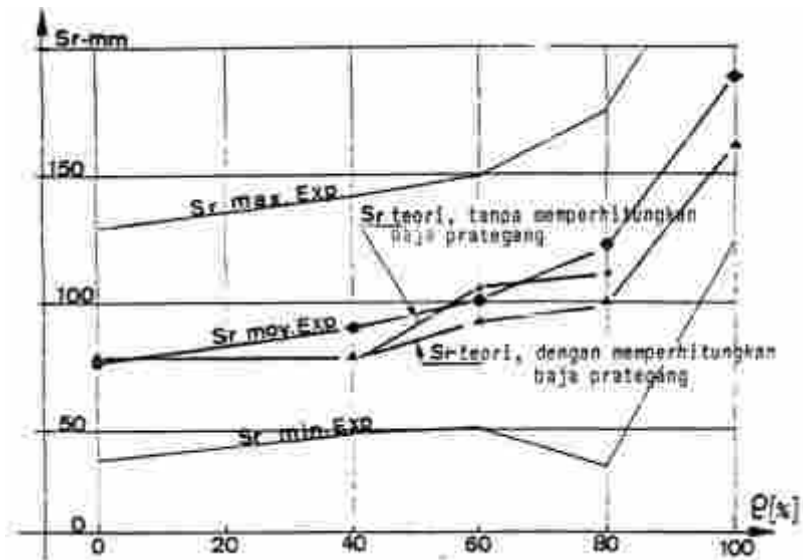
Gambar 4.3 Posisi Beban Retak Experimental Dibandingkan Prediksi Teoritis

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa hasil prediksi cukup memadai. Dengan penglihatan mata manusia tanpa alat bantu, ternyata retak terdeteksi cukup terlambat.

4.2.3 Jarak Retak :

Adapun jarak retak pada sebuah balok tidak selalu sama, ada jarak minimal dan maximal.

Gambar 4.4, menunjukkan perbandingan antara prediksi teoritis dengan experimental. Untuk teoritis dicoba dihitung atas dua konsiderasi, pertama dengan menganggap bahwa kehadiran baja prategang (untuk tipe B, C, D) memberi pengaruh dan kedua kehadirannya dianggap tidak punya adil.



Gambar 4.4 Perbandingan Jarak Retak Antara Prediksi

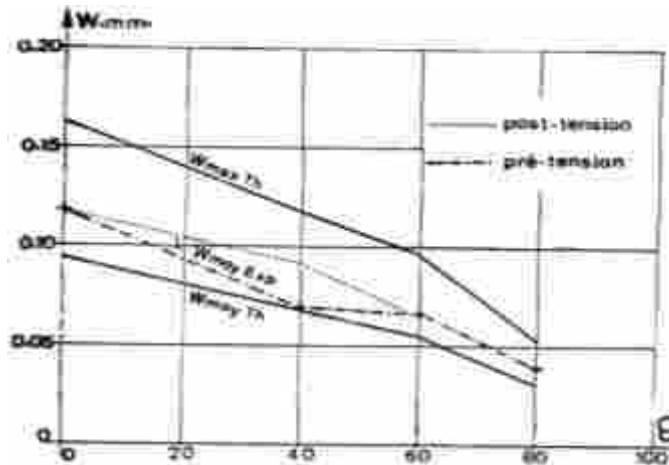
Terlihat bahwa hasil jarak retak maximal dan minimal mempunyai perbedaan yang sangat berarti. Namun secara rata-rata prediksi teoritis memberikan tafsiran yang memadai. Pada balok tipe A (beton bertulang) hasilnya paling memuaskan dibanding tipe balok yang lain.

4.2.4 Lebar Retak Pada Beban Kerja :

Perhitungan lebar retak pada beton pratekan partiil menjadi suatu hal yang harus dilakukan dengan hati-hati, mengingat adanya baja prategang yang sangat peka terhadap korosi.

Perumusan yang dianut oleh Code modele CEP-FIP 78 [8], ternyata dapat diterapkan pada penampang beton pratekan partiil dengan baik. Hal ini terlihat dari hasil perbandingan teoritis dengan experimen lebar retak tersebut seperti terlihat pada Gambar 4.5.

Hasil lebar retak maximal teoritis cukup memberi keamanan dibanding hasil percobaan.



Gambar 4.5 Perbandingan Lebar Retak Secara Teori dan Experimen Pada Beban Kerja

4.2.4 Kesimpulan :

Dari hasil yang diperoleh seperti disebutkan diatas maka untuk beban kerja balok beton pratekan partiil tidak menunjukkan sifat retak diluar perumusan yang dianut.

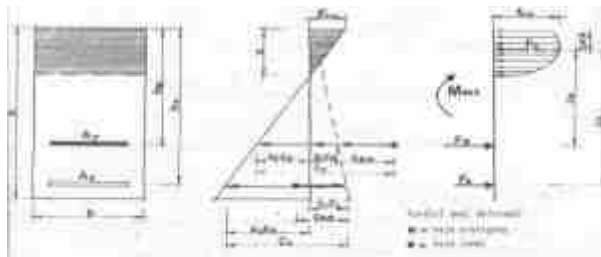
Jadi dengan demikian dari segi retak sampai dengan beban kerja tidak timbul masalah. Namun demikian dianjurkan bahwa penetapan kondisi initial balok harus dilakukan cukup teliti dengan memperhitungkan adanya variabel yang bisa berpengaruh.

4.3 Runtuh

4.3.1 Prediksi Teoritis :

Secara teoritis perhitungan memakai anggapan / hypothesa seperti halnya pada penampang beton bertulang atau beton pratekan total.

Keadaan tegangan pada saat menjelang runtuh dilukiskan seperti gambar 4.6.



Gambar 4.6 Keadaan Tegangan dan Deformasi Dari Suatu Penampang Balok elang Runtuh

Deformasi akhir dari baja tulangan didapat :

$$\varepsilon_p = \varepsilon_{p,0} + \Delta_1 \varepsilon_p + \Delta_2 \varepsilon_p \text{ (untuk baja prategang)} \quad \dots\dots\dots(4.5.a)$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{s,0} + \Delta_1 \varepsilon_s + \Delta_2 \varepsilon_s \text{ (untuk baja lunak)} \quad \dots\dots\dots(4.5.b)$$

dimana : $\varepsilon_{p,0}$ dan $\varepsilon_{s,0}$ adalah deformasi initial

$\Delta_1 \varepsilon_p$ dan $\Delta_1 \varepsilon_s$ adalah tambahan deformasi penampang saat dekompresi.

$\Delta_2 \varepsilon_p$ dan $\Delta_2 \varepsilon_s$ adalah deformasi yang terjadi sejak dekompresi.

Dengan syarat ;

$$M_{rt} = F_s \cdot E_s + F_p \cdot z_p \quad \dots\dots\dots(4.6)$$

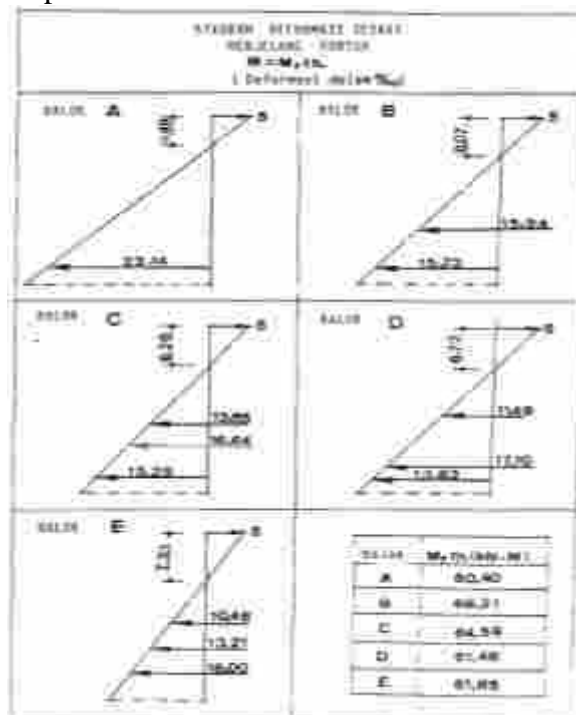
$$F_c = F_s + F_p \quad \dots\dots\dots(4.7)$$

Dimana : M_{rt} = momen runtuh

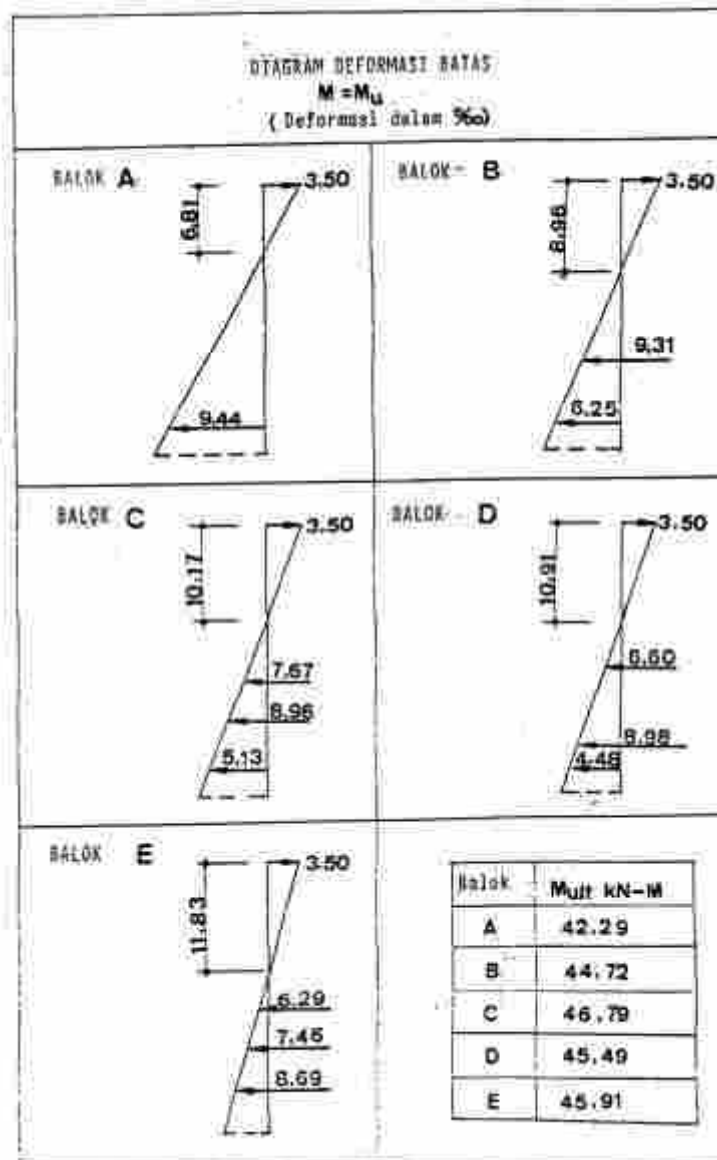
z_p dan z_s = lengan momen dalam untuk baja pratekan dan baja lunak.

Dengan data bahan yang dipakai harga momen runtuh teori (M_{rth}) dapat dijumpai pada tabel 4.2.

Sedang untuk momen batas (M_u) dihitung seperti dimuat pada bab III, dan hasilnya terlihat pada tabel 4.3



Gambar: 4.7 Diagram Deformasi Dalam Keadaan Sesaat Runtuh dan Harga Momen Runtuh Teori Masing-Masing Balok



Gambar: 4.8 Diagram Deformasi Dalam Keadaan Batas (*Ultimate*) dan Harga Momen Batas (M_u) Masing-Masing Balok

4.3.2 Momen Runtuh Experimental :

Harga-harga momen ni diberikan dalam tabel 4.4, yang sekaligus dibandingkan dengan momen runtuh teori (M_{rth}), momen batas (M_u) serta momen akibat beban-beban kerja (M_{serv}).

Tabel: 4.2. Harga-Harga Momen Untuk Semua Tipe Balok

Momen (kN-m)	Tipe Balok				
	A	B	C	D	E
M_{serv}	28,19	29,81	31,19	30,33	30,60
M_u	42,29	44,72	46,79	45,49	45,91
M_{rth}	60,40	66,21	64,59	61,48	61,85
$M_{r_{exp}}$	59,11	66,31	63,11	63,71	63,11

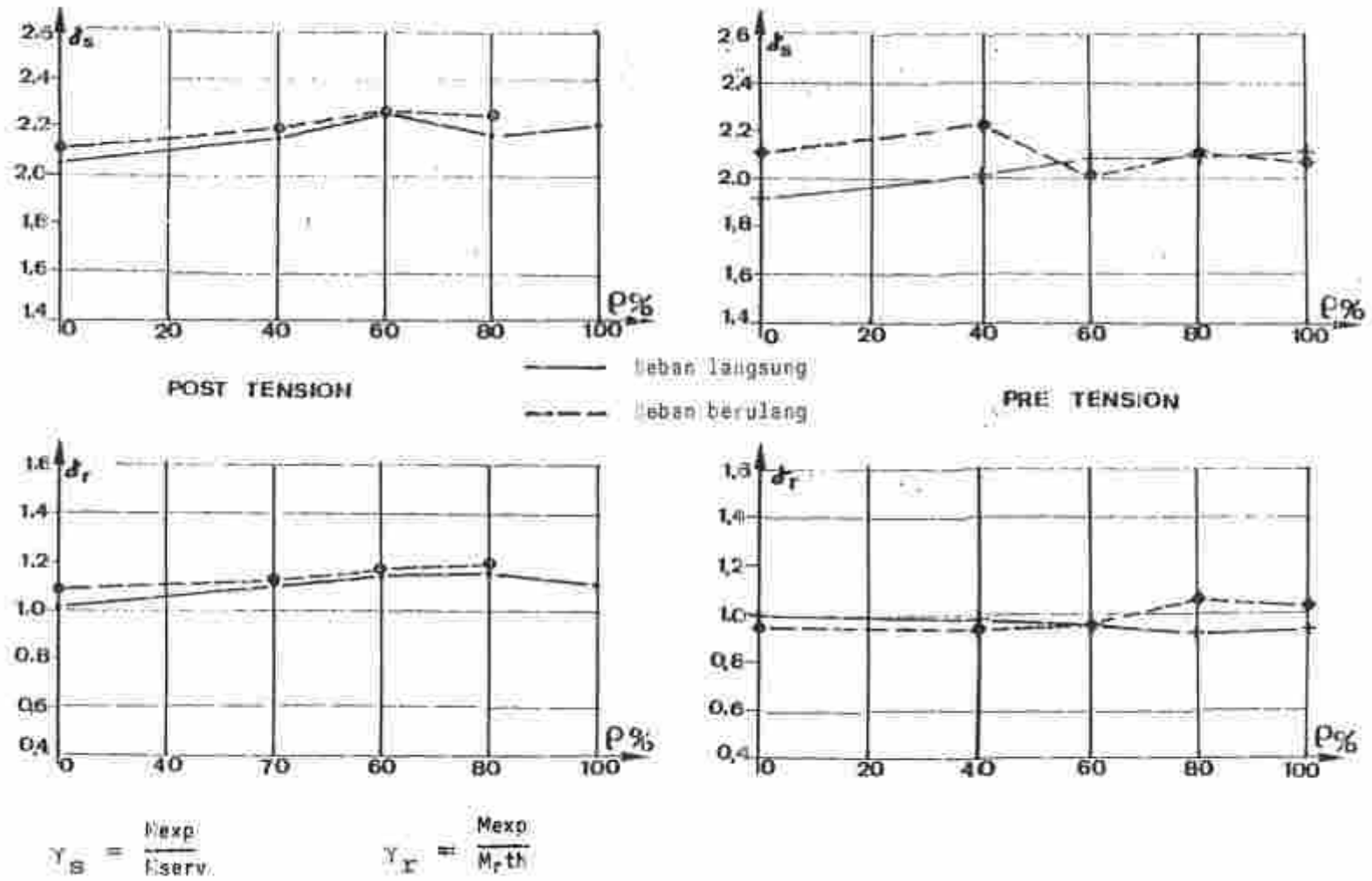
4.3.3 Pengaruh Beban Bertulang :

Untuk mendapatkan gambaran akibat adanya beban berulang * maka disini akan diberikan beberapa hasil percobaan ^{[10] [11] [12]}. Semua hasil tersebut dapat dilihat pada gambar 4.7.

$$\text{Dengan memakai angka keamanan } (\gamma) \gamma_s = \frac{M_{exp}}{M_{serv}} \text{ dan } \gamma_r = \frac{M_{exp}}{M_{rth}},$$

dapat dilihat bahwa secara keseluruhan percobaan (beban langsung maupun beban berulang) mempunyai keramanan terhadap beban kerja (M_{serv}) berkisar $\gamma_s = 2$. Harga ini menunjukkan bahwa keamanan struktur terhadap momen lentur mantap (peraturan menganut $\gamma_s = 1,5$ misal PBI

^{*)}Karakteristik beban berulang yang diterapkan pada percobaan ini adalah 2 siklus permenit dengan jumlah terbatas yaitu 1500 kali ($\pm 12,5$ jam pembebanan) dengan level beban (0,25 s/d 0,5) M_{rth} dan 600 kali pada level beban (0,375 s/d 0,75) M_{rth} .



Gambar 4.9 Perbandingan Angka-Angka Keamanan Pada Metode Posttension, Pretension Untuk Beban Langsung Dan Beban Berulang

Ditinjau terhadap keamanan atas beban runtuh (M_{rth}), ternyata γ_r untuk metode pretension ada yang berharga lebih kecil dari satu. Jadi beban berulang ini kiranya lebih peka pada metode pretension. Namun demikian secara global dapat disimpulkan tidak menimbulkan perubahan yang berarti.

4.3.4 Kesimpulan :

Dari hasil tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Prediksi perhitungan balok beton pratekan partiil ini dapat diterapkan sebagaimana halnya pada balok-balok beton bertulang atau pada beton pratekan total.
2. Keamanan terhadap beban kerja cukup mantap ($\gamma_s \geq 1,5$).
3. Akibat adanya beban berulang dengan catatan level beban tidak terlalu besar, keruntuhan balok pratekan partiil nampaknya tidak berubah.