

# PENGUJIAN KUAT TARIK DAN MODULUS ELASTISITAS TULANGAN BAJA (KAJIAN TERHADAP TULANGAN BAJA DENGAN SUDUT BENGKOK 45°, 90°, 135°)

Gatot Setya Budi<sup>1)</sup>

## Abstrak

Dalam beton bertulang komponen beton dan tulangan baja menjadi faktor utama, dalam praktek sering dijumpai tulangan baja bengkok atau tidak lurus lagi sehingga secara kekuatan akan mempengaruhi atau dalam bongkaran gedung seringkali didapat tulangan sisa bongkaran yang mungkin masih bisa dimanfaatkan dengan maksud untuk menghemat biaya tetapi persyaratan kekuatan juga harus dipenuhi. Dengan latar belakang hal tersebut diatas dilakukan penelitian tentang pengaruh bengkokan tulangan beton terhadap kuat tarik dan modulus elastisitas baja tulangan, tulangan dibengkok 45°, 90° dan 135° kemudian diluruskan kembali serta diuji juga kuat tarik dan modulus elastisitas tulangan sisa bongkaran. Dari hasil penelitian didapat tulangan yang dibengkok dan tulangan sisa bongkaran mempunyai kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan tulangan baru. Dari hasil perhitungan analitis dari data-data yang didapat dari pengujian tarik baja tulangan normal diperoleh  $P_{leleh} = 2812$  kg,  $P_{maks} = 4321$  kg,  $f_y = 3578$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 2100000$  kg/cm<sup>2</sup>; baja tulangan yang telah dibengkokkan dengan sudut bengkok 45°  $P_{leleh} = 1983$  kg,  $P_{maks} = 3064$  kg,  $f_y = 2523,82$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 2092719,74$  kg/cm<sup>2</sup>; baja tulangan yang telah dibengkokkan dengan sudut bengkok 90° memberikan  $P_{leleh} = 1779$  kg,  $P_{maks} = 2750$  kg,  $f_y = 2264,18$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 1931894,20$  kg/cm<sup>2</sup>; baja tulangan yang telah dibengkokkan dengan sudut bengkok 135°  $P_{leleh} = 1627$  kg,  $P_{maks} = 2514$  kg,  $f_y = 2070,72$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 1832495,57$  kg/cm<sup>2</sup>; dan baja tulangan sisa bekas bongkaran  $P_{leleh} = 1544$  kg,  $P_{maks} = 2279$  kg,  $f_y = 1965,09$  kg/cm<sup>2</sup>;  $E = 2051242,17$  kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata-kata kunci:** tulangan baja, tulangan sisa bongkaran, kuat tarik, modulus elastisitas

## 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya pembangunan di Indonesia dewasa ini terus menuntut pembangunan teknologi yang baik pula. Pembangunan fisik berupa prasarana transportasi, fasilitas gedung serta tempat tinggal yang semakin meningkat memacu kita untuk dapat menjawab segala tantangan yang akan timbul pada masa sekarang maupun masa yang akan datang.

Batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Dalam penelitian ini tulangan sisa bongkaran yang digunakan dapat diganti dengan menggunakan tulangan baru (belum pernah digunakan) yang masih lurus, kemudian dibengkokkan sebesar 45,9° dan 135° dan diluruskan kembali ke 0°.
2. Jumlah benda uji sesuai dengan yang disyaratkan.

1) Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

3. Pengujian kuat tarik baja dilakukan di Laboratorium Mesin Politeknik Negeri Pontianak.

Dengan adanya penelitian tentang kajian tulangan sisa untuk beton bertulang akan didapat suatu hubungan antara komponen struktur beton dengan tulangan baru dan balok beton dengan tulangan sisa (dengan sudut bengkok  $45,9^\circ$  dan  $135^\circ$ ), dan pada akhirnya akan dapat menekan biaya dikarenakan tidak perlu menggunakan tulangan baru.

## 2. LANDASAN TEORI

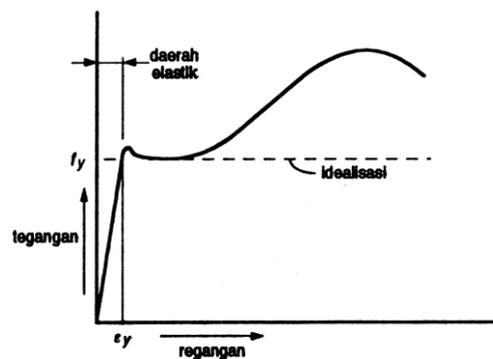
### 2.1 Baja Tulangan

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang akan timbul didalam sistem.

Agar dapat berlangsung lekatan erat antara baja tulangan dengan beton, selain BJTP (batang polos berpenampang bulat) juga digunakan BJTD (batang deformasian) yaitu batang tulangan baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, diberi sirip teratur dengan pola tertentu, atau batang tulangan yang dipilin pada proses produksinya. Pola permukaan yang dikasarkan atau pola sirip sangat beragam tergantung pada mesin giling atau cetak yang dimiliki oleh produsen, asal masih dalam batas-

batas spesifikasi teknik yang diperkenankan oleh standar.

Sifat fisik batang tulangan baja yang paling penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang ialah  $f_y$  (tegangan luluh) dan  $E_s$  (modulus elastisitas). Dari suatu diagram hubungan tegangan-regangan tipikal untuk batang baja tulangan diketahui bahwa tegangan luluh (titik luluh) baja ditentukan melalui prosedur pengujian standar sesuai SII 0136-84 dengan ketentuan bahwa tegangan luluh adalah tegangan baja pada saat mana meningkatnya tegangan tidak disertai lagi dengan peningkatan regangannya. Di dalam perencanaan atau analisis beton bertulang umumnya nilai tegangan luluh baja tulangan diketahui atau ditentukan pada awal analisis.



Gambar 1. Tegangan versus regangan batang tulangan baja

Modulus elastis baja tulangan ditentukan berdasarkan kemiringan awal kurva tegangan-regangan di daerah elatis dimana antara mutu baja yang satu

*Pengujian Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Tulangan Baja (Kajian Terhadap Tulangan Baja dengan Sudut Bengkok 45°, 90°, 135°)  
(Gatot Setya Budi)*

Tabel 1. Standar batang baja tulangan ASTM

Nomor Batang	Diameter nominal		Luas nominal		Berat nominal ( kg/m )
	( inch )	( mm )	( inch <sup>2</sup> )	( mm <sup>2</sup> )	
# 3	0,375	9,500	0,110	71,000	0,559
# 4	0,500	12,700	0,200	129,000	0,994
# 5	0,625	15,900	0,310	200,000	1,552
# 6	0,750	19,100	0,440	284,000	2,235
# 7	0,875	22,200	0,600	387,000	3,041
# 8	1,000	25,400	0,790	510,000	3,973
# 9	1,128	28,700	1,000	645,000	5,059
# 10	1,270	32,300	1,270	819,000	6,403
# 11	1,410	35,800	1,560	1006,000	7,906
# 14	1,693	43,000	2,250	1452,000	11,380
# 18	2,257	57,300	4,000	2581,000	20,240

dengan lainnya tidak banyak variasi. Ketentuan SK SNI T-15-1991-03 menetapkan bahwa nilai modulus elastis baja adalah 200.000 MPa.

ASTM menggolongkan batang tulangan baja dengan memberikan nomor, dari #3 s.d. #18 sesuai dengan spesifikasi diameter, luas penampang dan berat tiap satuan panjang seperti dalam Tabel 1.

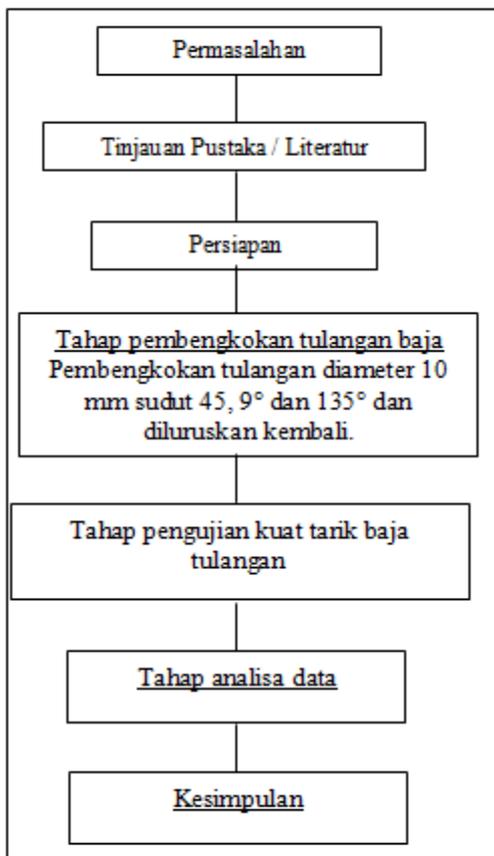
Tabel 2. Jenis dan kelas baja tulangan sesuai SII 0136-80

Jenis	Kelas	Simbol	Batas ulur minimum (N/mm <sup>2</sup> )	Kuat tarik minimum (N/mm <sup>2</sup> )
Polos	1	BJTP24	235 (24)	382 (39)
	2	BJTP30	294 (30)	480 (49)
Deform	1	BJTD24	235 (24)	382 (39)
	2	BJTD30	294 (30)	480 (40)
	3	BJTD35	345 (35)	490 (50)
	4	BJTD40	392 (40)	559 (57)
	5	BJTD50	490 (50)	610 (63)

Menurut SII 0136-80, dilakukan pengelompokan baja tulangan untuk beton bertulang yang berdasarkan dari jenis dan kelas dari baja tulangan tersebut yang mana dalam Tabel 2 menunjukkan batas ulur minimum dan kuat tarik minimum dari baja tulangan tersebut.

### 3. PELAKSANAAN PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram pelaksanaan penelitian

#### 3.1 Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini adalah UTM (*Universal Testing Machine*). Bahan yang digunakan adalah baja tulangan yang harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Baja tulangan dengan diameter 10 mm.
- Mempunyai tegangan leleh minimal 240 MPa.

#### 3.2 Prosedur Penelitian dan Pengujian

##### 3.2.1 Pengujian kuat tarik baja tulangan

Bentuk benda uji seperti pada Gambar 3. Kuat tarik baja tulangan didapat dari rumus sebagai berikut :

$$F = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan

$F$  : kuat tarik (MPa)

$P$  : gaya tarik (N)

$A$  : luas tampang (mm<sup>2</sup>).

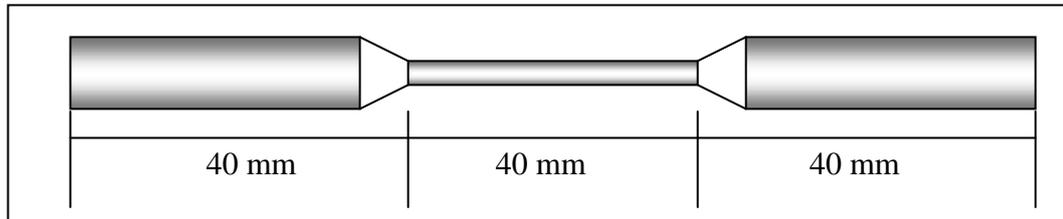
##### 3.2.2 Pengujian modulus elastisitas baja tulangan

Bentuk benda uji seperti pada Gambar 4. Modulus elastisitas baja tulangan didapat dari rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2)$$

dengan

*Pengujian Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Tulangan Baja (Kajian Terhadap Tulangan Baja dengan Sudut Bengkok 45°, 90°, 135°)  
(Gatot Setya Budi)*



Gambar 3. Benda uji kuat tarik dan modulus elastisitas baja tulangan

- $E$  : Modulus elastisitas (MPa)  
 $\sigma$  : Tegangan tarik/kuat tarik (MPa)  
 $\varepsilon$  : regangan.

menganalisis berapa regangan dan tegangan yang terjadi pada baja tulangan tersebut.

#### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Analisis Kuat Tarik Baja Tulangan

Baja tulangan yang dipakai yaitu :

- Baja tulangan normal dengan diameter tulangnya 10 mm.
- Baja tulangan dengan diameter tulangnya 10 mm yang telah dibengkokkan dengan sudut bengkok 45°, 90° dan 135°.
- Baja tulangan sisa bekas bongkaran dengan diameter tulangnya 10 mm.

Dalam pengujian kuat tarik baja tulangan ini yang dicari adalah harga  $f_y$  dan  $E$ .

##### 4.1.1 Analisis baja tulangan normal

Dari data hasil pengujian kuat tarik baja tulangan normal dengan diameter 10 mm di atas dan grafik tegangan regangan yang didapat dari pengujian kita akan

Dari hasil regangan dan tegangan baja tulangan yang telah didapat maka dapat ditentukan nilai  $E_s$  dari baja tulangan tersebut. Dari data di atas maka didapat nilai tegangan lelehnya sebesar (lihat Gambar 4):

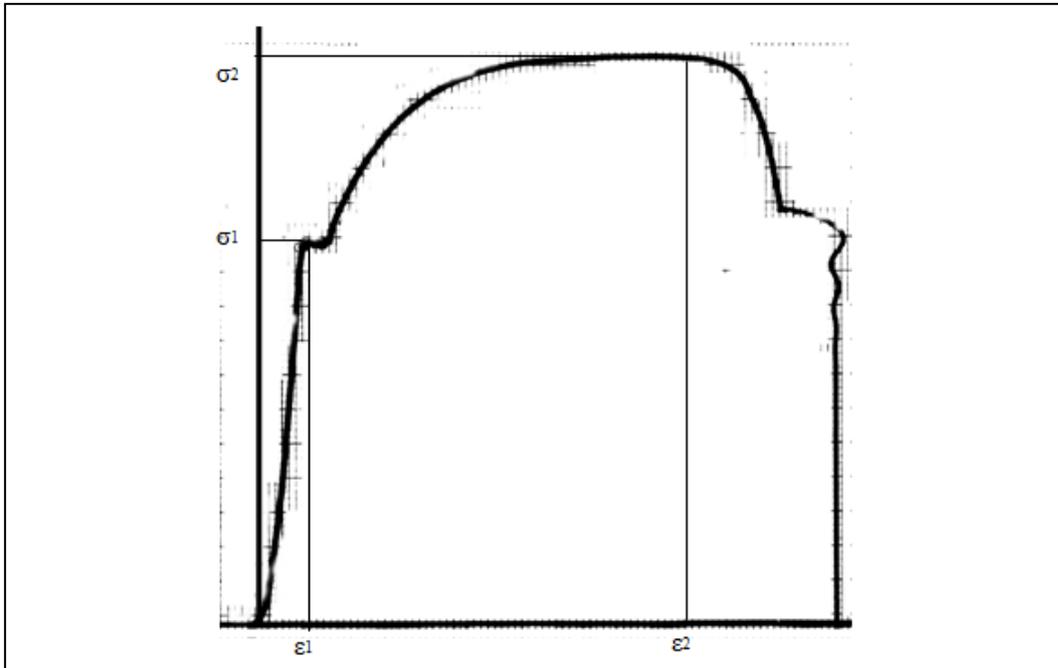
$$\sigma = \frac{Y_p}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{2812}{\frac{\pi}{4} \times 10^2} = 3578 \text{ kg/cm}^2$$

Nilai regangannya yaitu :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0,1704}{100} = 0,001704$$

Setelah didapat nilai tegangan dan regangan dari baja tulangan normal tersebut maka selanjutnya akan dicari nilai  $E_s$  sbb:

$$E_s = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{3578}{0,001704} = 2099765,26 \text{ MPa} \approx 2100000 \text{ MPa}$$



Gambar 4. Grafik tegangan regangan hasil pengujian tulangan normal

#### 4.1.2 Analisis

#### 4.1.3 Baja tulangan yang dibengkokkan 45°

Dari data hasil pengujian kuat tarik baja tulangan yang dibengkokkan dengan sudut bengkok 45° dengan diameter 10 mm maka dianalisis regangan dan tegangan yang terjadi pada baja tulangan tersebut. Dari hasil regangan dan tegangan baja tulangan yang telah didapat maka diperoleh nilai  $E_s$  dari baja tulangan tersebut.

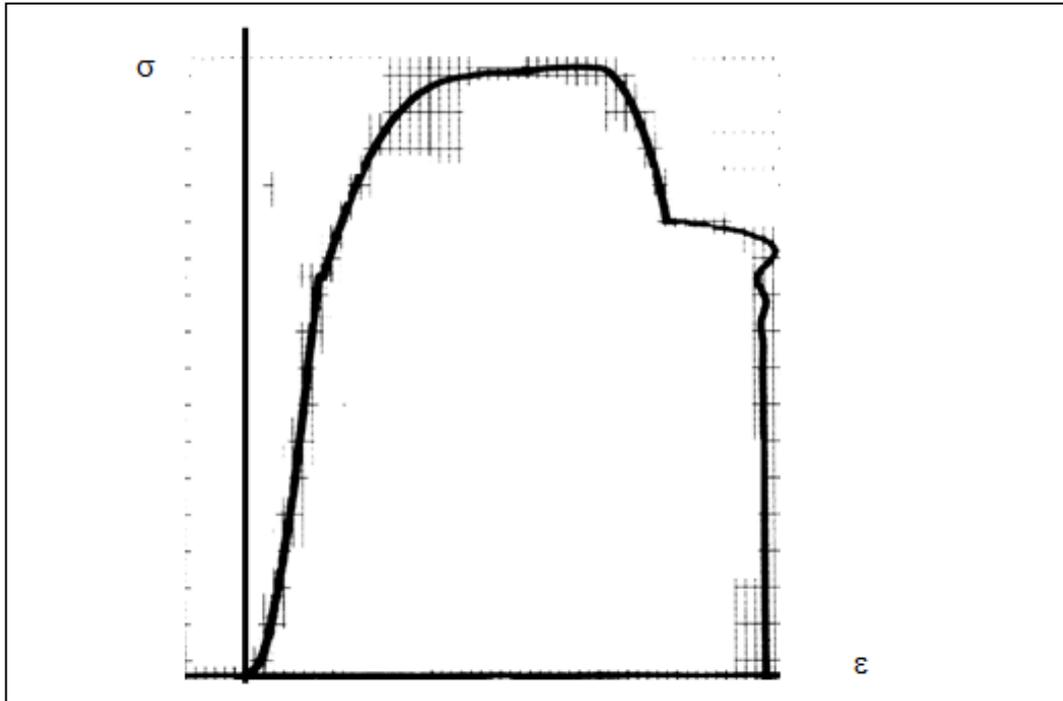
Dari data hasil pengujian maka didapat nilai tegangan lelehnya sebesar :

$$\sigma = \frac{Y_p}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{1983}{\frac{\pi}{4} \times 1^2} = 2523,82 \text{ kg/cm}^2$$

Nilai regangannya yaitu :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0,0603}{50} = 0,001206$$

Setelah didapat nilai tegangan dan regangan dari baja tulangan yang dibengkokkan dengan sudut bengkok 45° tersebut maka selanjutnya dicari nilai  $E_s$  dari baja tulangan tersebut yaitu sebagai berikut (lihat Gambar 5):



Gambar 5. Grafik tegangan regangan hasil pengujian tulangan yang dibengkokkan 45°

$$E_s = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{2523,82}{0,001206} = 2092719,74 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.1.4 Analisis baja tulangan yang dibengkokkan 90°

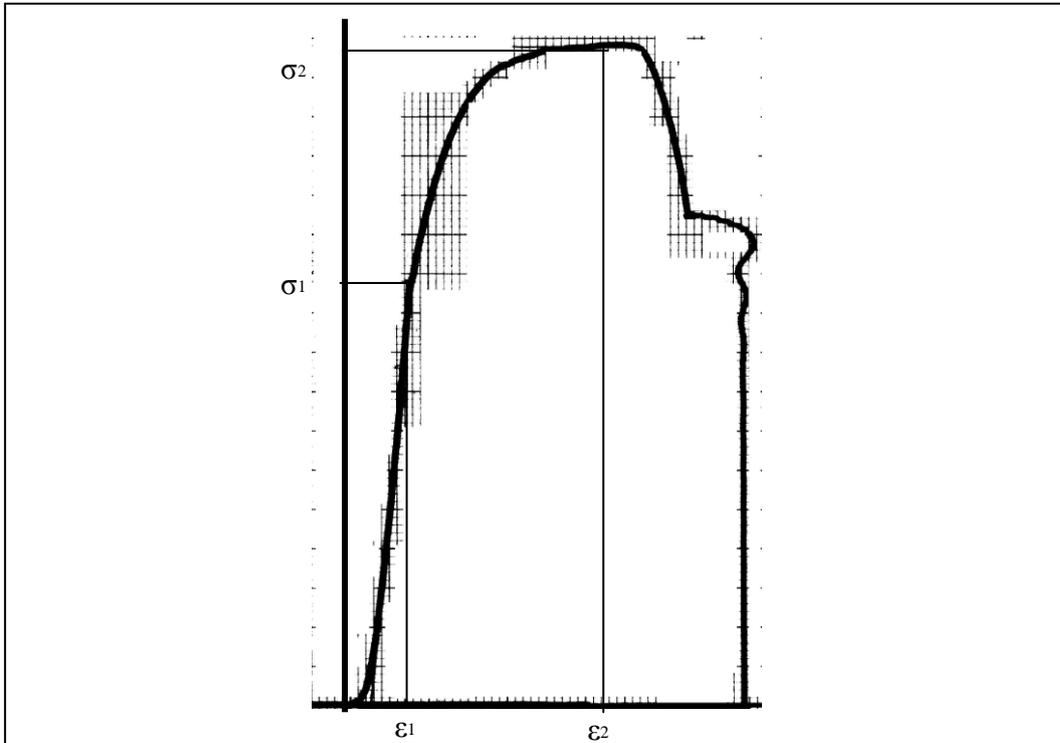
Dari hasil regangan dan tegangan baja tulangan yang telah didapat maka dapat ditentukan nilai  $E_s$  dari baja tulangan tersebut. Dari data hasil pengujian maka didapat nilai tegangan lelehnya sebesar :

$$\sigma = \frac{Y_p}{\frac{\pi}{4}d^2} = \frac{1779}{\frac{\pi}{4} \times 1^2} = 2264,18 \text{ kg/cm}^2$$

Nilai regangannya yaitu :

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0,0586}{50} = 0,001172$$

Setelah didapat nilai tegangan dan regangan dari baja tulangan yang dibengkokkan dengan sudut bengkok 90° tersebut maka selanjutnya dicari nilai  $E_s$  dari baja tulangan tersebut yaitu sebagai berikut (lihat Gambar 6):



Gambar 6. Grafik tegangan regangan hasil pengujian tulangan yang dibengkokkan 90°

$$E_s = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{2264,18}{0,001172}$$

$$= 1931894,20 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.1.5 Analisis baja tulangan yang dibengkokkan 135°

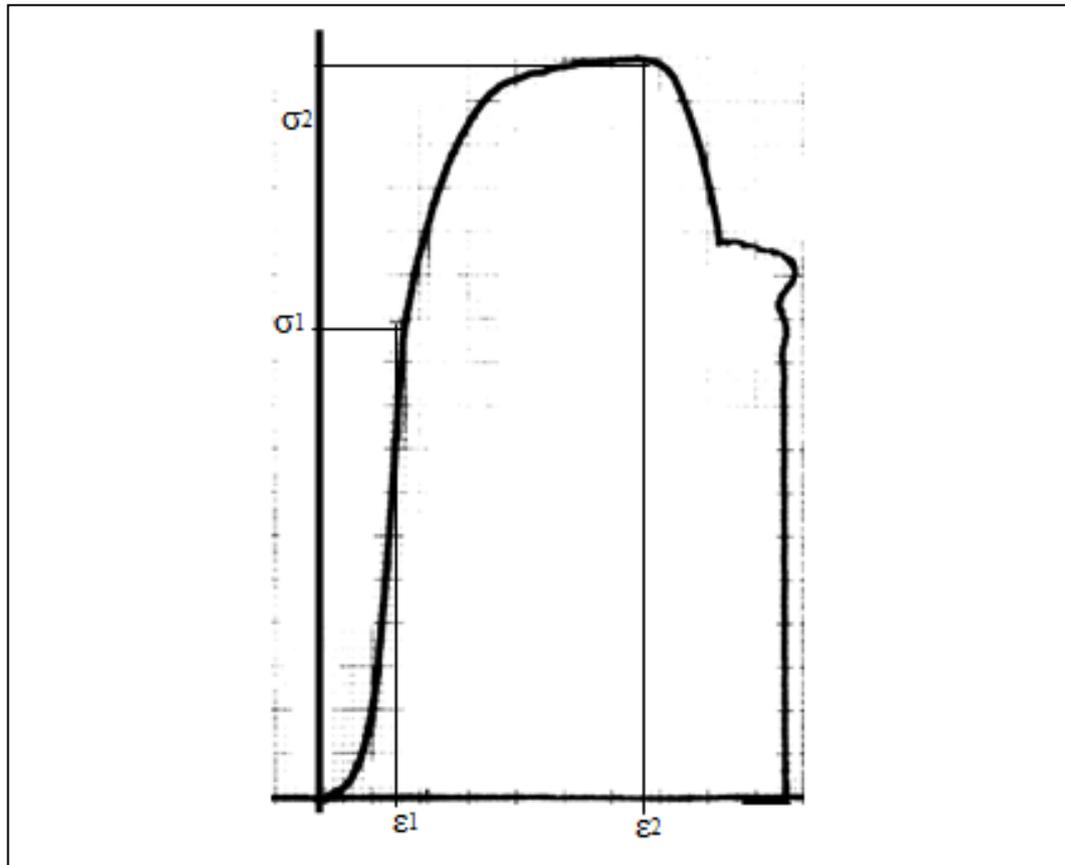
Dari data hasil pengujian kuat tarik baja tulangan yang dibengkokkan dengan sudut bengkok 135° dan grafik tegangan regangan maka dianalisis regangan dan tegangan yang terjadi pada baja tulangan tersebut.

Dari hasil regangan dan tegangan baja tulangan yang telah didapat maka diperoleh nilai  $E_s$  dari baja tulangan tersebut. Dari data hasil percobaan maka didapat nilai tegangan lelehnya sebesar :

$$\sigma = \frac{Y_p}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{1627}{\frac{\pi}{4} \times 10^2} = 2070,72 \text{ kg/cm}^2$$

Nilai regangannya yaitu :

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0,0567}{50} = 0,00113$$



Gambar 7. Grafik tegangan regangan hasil pengujian tulangan yang dibengkokkan 135°

Setelah didapat nilai tegangan dan regangan dari baja tulangan yang dibengkokkan dengan sudut bengkok 135° tersebut maka selanjutnya dicari nilai  $E_s$  dari baja tulangan tersebut yaitu sebagai berikut :

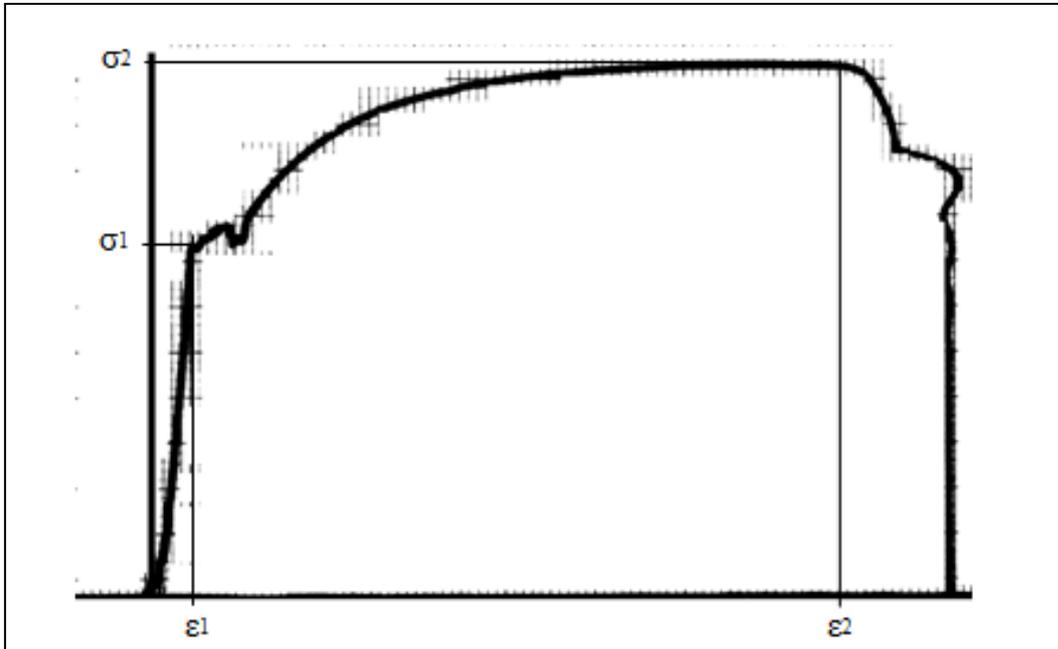
$$E_s = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{2070,72}{0,00113}$$

$$= 1832495,57 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.1.6 Analisis baja tulangan sisa bongkaran

Dari data hasil pengujian kuat tarik baja tulangan sisa bekas bongkaran dengan diameter 10 mm di atas maka dianalisis berapa regangan dan tegangan yang terjadi pada baja tulangan tersebut.

Dari hasil regangan dan tegangan baja tulangan yang telah didapat maka didapat



Gambar 8. Grafik tegangan regangan hasil pengujian tulangan bekas

nilai  $E_s$  dari baja tulangan tersebut. Dari data hasil percobaan maka didapat nilai tegangan lelehnya sebesar :

$$\sigma = \frac{Y_p}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{1544}{\frac{\pi}{4} \times 10^2} = 1965,09 \text{ kg/cm}^2$$

Nilai regangannya yaitu :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0,0958}{100} = 0,000958$$

Setelah didapat nilai tegangan dan regangan dari baja tulangan normal tersebut maka selanjutnya dicari nilai  $E_s$

dari baja tulangan tersebut yaitu sebagai berikut :

$$E_s = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{1965,09}{0,000958} = 2051242,17 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.2 Hasil Kuat Uji Tarik dan Modulus Elastisitas Baja Tulangan

Dari hasil perhitungan analitis dari data-data yang didapat dari pengujian tarik baja tulangan normal, baja tulangan yang telah dibengkokkan dengan sudut bengkok 45°, 90° dan 135° dan baja

*Pengujian Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas Tulangan Baja (Kajian Terhadap Tulangan Baja dengan Sudut Bengkok 45°, 90°, 135°)  
(Gatot Setya Budi)*

Tabel 3. Hasil kuat uji tarik baja tulangan

	Tulangan Normal	Tulangan Sudut Bengkok 45 <sup>0</sup>	Tulangan Sudut Bengkok 90 <sup>0</sup>	Tulangan Sudut Bengkok 135 <sup>0</sup>	Tulangan Bekas
$P_{leleh}$ ( kg )	2812	1983	1779	1627	1544
$P_{maks}$ ( kg )	4321	3064	2750	2514	2279
Tegangan leleh ( $f_y$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	3578,00	2523,82	2264,18	2070,72	1965,09
Modulus Elastisitas ( $E_s$ ) kg/cm <sup>2</sup> )	2100000	2092719,74	1931894,20	1832495,57	2051242,17

tulangan sisa bekas bongkaran maka didapat nilai-nilai sebagai berikut:

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat dikemukakan kesimpulan sebagai berikut:

- a) Tulangan baja yang dibengkokkan kemudian diluruskan kembali dan tulangan baja sisa bongkaran menghasilkan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan pemakaian tulangan baru. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa tulangan yang telah mengalami proses pembengkokkan akan mengalami penurunan kekuatan tegangan lelehnya.
- b) Dari hasil perhitungan analitis dari data-data yang didapat dari pengujian tarik baja tulangan normal diperoleh  $P_{leleh} = 2812$  kg,  $P_{maks} = 4321$  kg,  $f_y = 3578$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 2100000$  kg/cm<sup>2</sup>, baja tulangan yang telah dibengkokkan dengan sudut

bengkok 45°  $P_{leleh} = 1983$  kg,  $P_{maks} = 3064$  kg,  $f_y = 2523,82$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 2092719,74$  kg/cm<sup>2</sup>, baja tulangan yang telah dibengkokkan dengan sudut bengkok 90°  $P_{leleh} = 1779$  kg,  $P_{maks} = 2750$  kg,  $f_y = 2264,18$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 1931894,20$  kg/cm<sup>2</sup> dan baja tulangan yang telah dibengkokkan dengan sudut bengkok 135°  $P_{leleh} = 1627$  kg,  $P_{maks} = 2514$  kg,  $f_y = 2070,72$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 1832495,57$  kg/cm<sup>2</sup> dan baja tulangan sisa bekas bongkaran  $P_{leleh} = 1544$  kg,  $P_{maks} = 2279$  kg,  $f_y = 1965,09$  kg/cm<sup>2</sup>,  $E = 2051242,17$  kg/cm<sup>2</sup>.

## Daftar Pustaka

- Yayasan Dana Normalisasi Indonesia. 1983. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI) 1983*. Bandung: DPMB Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Yayasan LPMB. 1991. *SK SNI T-15-1991-03 : Tata Cara Perhitungan*

JURNAL TEKNIK SIPIL UNTAN / VOLUME 11 NOMOR 1 – JUNI 2011

*Struktur Beton untuk Bangunan  
Gedung.* Bandung: LPMB  
Departemen Pekerjaan Umum RI.